

Kajian &
Aplikasi Praktis

BIOLOGI PERIKANAN

• Biologi Perikanan untuk Optimalisasi Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Berkelanjutan

Habitat & Plasma Nutfah Ikan Endemik dan Introduksi

Seksualitas Ikan & Tingkat Kematangan Gonad

Fekunditas, Pemijahan & Awal Daur Hidup

Kebiasaan Makanan & Cara Makan serta Ruaya

Persaingan & Pemangsa

Umur & Pertumbuhan

Andi Tamsil | M. Ghufan H. Kordi K.

Hasnidar Yasin | Thamrin Ali Ibrahim

Biologi Perikanan

Oleh:
Andi Tamsil
M. Ghufuran H. Kordi K.
Hasnidar Yasin
Thamrin Ali Ibrahim

Untuk guru kami:

Prof. Dr. Ir. M. Natsir Nessa, MS.

Pesan:

**“KALAU HIDUP PUN TIDAK DIANGGAP, BERARTI
KITA TIDAK PERNAH HIDUP PUN TIDAK APA-APA”
(M. GHUFRAN H. KORDI K.)**

**“JANGAN MENYALAHKAN TUHAN ATAS APA YANG
MENIMPA DIRI KITA, KARENA TUHAN TELAH MEMBERI
KITA OTAK DAN HATI”
(M. GHUFRAN H. KORDI K.)**

BIOLOGI PERIKANAN

Oleh: Andi Tamsil, M. Ghufan H. Kordi K., Hasnidar Yasin, & Thamrin Ali Ibrahim

Hak Cipta © 2019 pada Penulis

Editor : A. Ria Puji Utami
 Setting : Krisnawan
 Desain Cover : Ferryman Nugroho P.
 Korektor : Stevani

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

Diterbitkan oleh LILY PUBLISHER

Telp. (0274) 555432 ext. 144

Percetakan: ANDI OFFSET

Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881 (Hunting), Fax. (0274) 588282 Yogyakarta 55281

Tamsil, Andi.

BIOLOGI PERIKANAN/Andi Tamsil, M. Ghufan H. Kordi K.,
 Hasnidar Yasin, & Thamrin Ali Ibrahim;

– Ed. I. – Yogyakarta: LilyPublisher,

23 22 21 20 19

xxiv + 568 hlm. ; 17,5 x 24,5 cm.

5 4 3 2 1

ISBN: 978 – 623 – 7267 – 16 – 4

e-ISBN: 978 – 623 – 7267 – 15 – 7

I. Judul

1. Fish Culture

DDC'23 : 639.3

PRAKATA

Ikan dan sumber pangan dari perairan (laut dan air tawar) merupakan salah satu bahan pangan yang umumnya murah, sehingga dapat dijangkau oleh berbagai lapisan masyarakat. Sebagai contoh adalah harga ikan lemuru atau lamuru (*Sardinella*) yang dikenal sebagai *sardine*. Salah satu ikan laut populer yang diproduksi dari kegiatan penangkapan ini harganya antara Rp. 10.000-25.000/kg. Sedangkan harga ikan lele (*Clarias*), salah satu ikan air tawar yang diproduksi dari kegiatan budi daya perairan atau akuakultur ini antara Rp. 15.000-25.000/kg pada tahun 2018.

Harga ikan lemuru dan ikan lele di kisaran Rp. 10.000-25.000/kg masih lebih murah dibandingkan harga daging sapi. Harga daging sapi di berbagai pasar antara Rp. 70.000-100.000/kg. Harga ikan lemuru dan ikan lele di beberapa daerah masih lebih murah dari harga daging ayam. Di beberapa daerah di Indonesia harga daging ayam antara Rp. 20.000-25.000/kg. Harga daging ayam dan harga daging sapi biasanya melonjak naik jika pasokan ikan terbatas.

Harga ikan yang umumnya murah merupakan berkah bagi umat manusia. Pasalnya ikan adalah sumber pangan yang mengandung nutrisi atau gizi penting yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Mengonsumsi ikan adalah memberi asupan nutrisi atau “bahan bakar” bagi tubuh sehingga manusia dapat tumbuh, berkembang, dan beraktivitas.

Karena itu, berdasarkan kajian *United Nations Environment Programme* (UNEP), sekitar 2,6 miliar orang menggantungkan pemenuhan proteinnya pada konsumsi ikan (ikan dan nonikan). Setiap tahun lebih dari 180 juta ton ikan dikonsumsi oleh penduduk dunia. Itu berarti kebutuhan protein lebih dari 37 persen penduduk dunia berasal dari ikan, baik ikan laut maupun ikan air tawar.

Di masa yang akan datang, permintaan terhadap ikan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, sehingga upaya untuk meningkatkan produksi perikanan melalui penangkapan (*capture*) dan budi daya perairan atau akuakultur (*aquaculture*) terus dipacu. Agar kegiatan penangkapan dan akuakultur dapat berjalan efektif dan efisien maka dibutuhkan metode yang tepat. Dan metode yang tepat dapat ditemukan berdasarkan pengalaman dan kajian keilmuan.

Salah satu ilmu penting yang berhubungan erat dengan produksi perikanan adalah Biologi Perikanan. Biologi Perikanan adalah suatu kajian atau telaah mengenai ikan sejak ikan tersebut sejak hadir di alam, makan, tumbuh, beraktivitas, bereproduksi, dan akhirnya mengalami kematian, baik kematian secara alami atau dikarenakan faktor-faktor lain.

Tujuan mempelajari Biologi Perikanan adalah untuk memahami sumber daya perikanan serta pemanfaatannya secara optimum dan berkelanjutan. Karena itu, Biologi Perikanan merupakan mata kuliah penting bagi peminat ilmu perikanan, kelautan, akuakultur, dan biologi.

Untuk mendukung pembelajaran Biologi Perikanan, maka penulis berupaya menulis buku ini. Buku Biologi Perikanan dalam Bahasa Indonesia termasuk buku langka, apalagi yang beredar secara nasional dan dapat ditemukan di toko-toko buku. Padahal kajian atau riset sumber daya perikanan yang berhubungan dengan telaah Biologi Perikanan di Indonesia sudah sangat maju, seperti habitat, seksualitas ikan, tingkat kematangan gonad, fekunditas, pemijahan, kebiasaan makan dan cara makan, umur dan pertumbuhan, persaingan dan pemangsaan, serta ruaya.

Di antara sumbangan penting Biologi Perikanan adalah keberhasilan para ahli membenihkan beberapa ikan asli perairan Indonesia, baik ikan laut maupun ikan air tawar. Beberapa spesies ikan laut yang berhasil dibenihkan secara terkontrol antara lain bandeng (*Chanos chanos*), beronang (*Siganus canaliculatus*,

S. javus, *S. guttatus*, *S. vermiculatus*), kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*), kerapu lumpur (*Epinephelus suillus*, *E. coioides*), kerapu malabar (*E. malabaricus*), kerapu macan (*E. fuscoguttatus*), kerapu batik (*E. microdon*), kerapu kertang (*E. lanceolatus*), kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*, *P. maculatus*), kakap putih (*Lates calcalifer*), kakap mata kucing (*Psammoperca waigiensis*), kakap jenaha (*Lutjanus johnii*), kakap tambak (*L. argentimaculatus*), kakap merah (*L. sebae*), kobia (*Rachycentron canadum*), bawal bintang (*Trachinotus blochii*), napoleon (*Cheilinus undulatus*), tuna (*Thunnus*), kuwe macan atau pidana kuning (*Gnathanodon speciosus*), badut atau klon (*Amphiprion percula*, *A. ocellaris*), dan capungan (*Pterapogon kauderni*).

Sedangkan ikan-ikan air tawar spesies asli (*indigenous species*) yang telah dibenihkan secara terkontrol antara lain, gurami (*Osphronemus gouramy*), lele lokal (*Clarias batrachus*), lele keli (*C. meladerma*), patin jambal (*Pengasius djambal*), nilem (*Osteochillus hasselti*), tawes (*Barbodes gonionotus*), baung (*Hemibagrus nemurus*/*Mystus nemurus*), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), jelawat (*Leptobarbus hoevenii*), belida (*Chitala lomis*/*Notopterus chitala*, *N. notopterus*), semah (*Tor dourounensis*, *T. soro*, *T. tambroides*, *T. Tambara*), gabus (*Channa striata*), toman (*C. micropeltes*), betok (*Anabas testudineus*), tambakan (*Helostoma temminckii*), lalawak atau lawak (*Barbodes ballaroides*/*Puntius bramoides*), lampan atau mata merah (*B. schwanenfeldii*/*P. schwanenfeldii*), botia (*Botia macracanthus*/*Chromobotia macracanthus*), dan arowana (*Scleropages formosus*).

Karena itu, dalam penulisan buku Biologi Perikanan ini, sedapat mungkin penulis merujuk pada sumber-sumber pustaka yang merupakan hasil kajian para ahli di tanah air. Ini penting untuk memudahkan pembaca memperoleh data dan informasi mengenai ikan-ikan di perairan Indonesia, sekaligus dapat dijadikan rujukan untuk kajian lebih lanjut maupun untuk aplikasi praktis.

Dengan selesainya buku ini, penulis perlu mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi sehingga buku ini dapat diselesaikan. Buku ini dapat diakses dan dibaca oleh khalayak luas atas jasa Penerbit yang bersedia menerbitkan dan menyebarluaskan buku ini. Karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih.

Akhirnya, dengan diterbitkannya buku ini, sebagaimana kata pepatah, "tidak ada gading yang tak retak", karena itu, penulis mengharapkan masukan, koreksi, dan kritik dari pembaca. Penulis mengucapkan terima kasih atas setiap masukan, koreksi, dan kritik.

Gowa-Makassar-Ternate, 2018

Penulis,

**ANDI TAMSIL
M. GHUFRAN H. KORDI K.
HASNIDAR YASIN
THAMRIN ALI IBRAHIM**

DAFTAR ISI

PRAKATA	3
DAFTAR ISI	5
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR TABEL	10
BAB I. PENDAHULUAN	12
A. IKAN SEBAGAI BAHAN PANGAN	12
B. BIOLOGI PERIKANAN	15
BAB II. HUBUNGAN BIOLOGI PERIKANAN DAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERIKANAN	18
A. BIOLOGI PERIKANAN DAN PENANGKAPAN	19
B. BIOLOGI PERIKANAN DAN AKUAKULTUR	20
C. BIOLOGI PERIKANAN DAN KONSERVASI	22
D. BIOLOGI PERIKANAN DAN INTRODUKSI	24
BAB III. HABITAT IKAN	26
A. LAUT	32
1. Zona Pelagik	34
2. Zona Benthik	37
3. Estuaria	42
4. Ekosistem Mangrove	43
5. Ekosistem Lamun	45
6. Ekosistem Terumbu Karang	46
B. AIR TAWAR	48
1. Air Mengalir	49
2. Air Tergenang	53
3. Kawasan Karst	57
BAB IV. PLASMA NUTFAH IKAN ENDEMIK DAN INTRODUKSI	60
A. PLASMA NUTFAH IKAN ENDEMIK	60
B. INTRODUKSI, ANTARA EKONOMI DAN EKOLOGI	62
BAB V. SEKSUALITAS IKAN	69
A. HETEROSEKSUAL	69
B. MONOSEKSUAL	70
C. HERMAPRODIT	71
1. Hermaprodit Sinkroni	72
2. Hermaprodit Protogini	72
3. Hermaprodit Protandri	76
D. GONOKORISME	78
E. SIFAT SEKSUAL SEKUNDER DAN PRIMER	78
1. Dimorfisme Seksual	79
2. Dikromatisme Seksual	81
BAB VI. TINGKAT KEMATANGAN GONAD	83
A. UKURAN IKAN PERTAMA KALI MATANG GONAD	89
B. MUSIM DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD	93
C. MAKANAN DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD	96
D. HABITAT DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD	97
E. ANALISIS TINGKAT KEMATANGAN GONAD	98
BAB VII. FEKUNDITAS	106
A. MACAM-MACAM FEKUNDITAS	107
B. FEKUNDITAS DAN HABITAT	109

C. FEKUNDITAS DAN MAKANAN	110
D. FEKUNDITAS DAN PANJANG	110
E. FEKUNDITAS DAN BERAT	113
F. FEKUNDITAS DAN UMUR	114
G. FEKUNDITAS DAN BERAT GONAD	116
H. FEKUNDITAS DAN UKURAN TELUR	118
I. FEKUNDITAS DAN SINTASAN	119
J. FEKUNDITAS DAN STRAIN	119
K. FEKUNDITAS PEMIJAHAN BERGANDA	120
L. FEKUNDITAS POPULASI	120
BAB VIII. PEMIJAHAN	125
A. PEMIJAHAN ALAMI DAN BUATAN	126
B. TEMPAT EMBRIO DAN PEMIJAHAN	127
1. Ikan Ovipar	128
2. Ikan Vivipar	130
3. Ikan Ovovivipar	132
C. DAUR PEMIJAHAN	133
D. SISTEM PEMIJAHAN	135
E. POLA DAN HABITAT PEMIJAHAN	136
F. FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN PEMIJAHAN	140
G. TINGKAH LAKU PEMIJAHAN	142
BAB IX. AWAL DAUR HIDUP	146
A. TELUR IKAN DAN BAGIAN-BAGIANNYA	146
B. BENTUK DAN UKURAN TELUR IKAN	147
C. MACAM-MACAM TELUR IKAN	149
D. FAKTOR-FAKTOR GENETIS	153
E. PEMBUAHAN	158
F. Pengeraman	160
1. Stadia Cleavage	161
2. Stadia Morula	164
3. Stadia Blastula	165
4. Stadia Gastrula	165
5. Stadia Organogenesis	166
G. PENETASAN	168
H. LARVA	169
BAB X. KEBIASAAN MAKANAN DAN CARA MAKAN	177
A. KEBIASAAN MAKANAN	177
B. SPESIALISASI KEBIASAAN MAKANAN	182
C. KERAGAMAN DAN UKURAN MAKANAN	189
D. KEBIASAAN CARA MAKAN	191
E. KEBIASAAN WAKTU MAKAN	195
F. TEMPAT Mencari Makan	197
G. RANTAI MAKANAN DAN TINGKAT TROFIK	198
H. PERUBAHAN KEBIASAAN MAKAN	203
BAB XI. RUAYA	207
A. RUAYA PEMIJAHAN	210
B. RUAYA KE DAERAH PEMBESARAN DAN MAKANAN	215
C. RUAYA PENGUNGSIAN	217
D. IKAN PERUAYA JAUH	220
E. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI RUAYA	226

F. BANGUNAN DI JALUR RUAYA	232
BAB XII. PERSAINGAN DAN PEMANGSAAN	238
A. PERSAINGAN	239
B. PEMANGSAAN	242
C. HUBUNGAN MANGSA-PEMANGSA	246
BAB XIII. UMUR	247
A. PENENTUAN UMUR	248
1. Sisik	251
2. Operkulum	253
3. Sirip	253
4. Tulang Punggung	254
5. Otolit	254
6. Frekuensi Panjang	258
7. Pemberian Tanda	259
B. PENUAAN	259
BAB XIV. PERTUMBUHAN	261
A. FAKTOR YANG MEMENGARUHI PERTUMBUHAN	262
B. KURVA PERTUMBUHAN	264
C. EKSPRESI PERTUMBUHAN	265
D. PERTUMBUHAN ALOMETRIK DAN ISOMETRIK	267
E. HUBUNGAN PANJANG-BERAT	267
F. LAJU PERTUMBUHAN	270
G. FAKTOR KONDISI	271
H. BIOENERGETIKA	273
SENARAI PUSTAKA	278
LAMPIRAN	286
Lampiran 1. Ikan-ikan endemik di perairan Indonesia	286
Lampiran 2. Ikan-ikan hermaprodit	297
Lampiran 3. Tabel Von Bayer untuk memperkirakan jumlah telur ikan pada berbagai diameter dalam setiap quart	302
Lampiran 4. Tahap perkembangan larva dan uraian masing-masing tahap (disederhanakan dari Yi <i>et al.</i> , 2006)	304
TENTANG PENULIS	306

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ikan, sumber protein lebih dari 37 persen penduduk dunia.....	13
Gambar 2. Induk ikan, bagian dari kajian Biologi Perikanan.....	16
Gambar 3. Biologi Perikanan berguna merekomendasikan alat tangkap yang tepat.....	19
Gambar 4. Produksi benih dimulai dari studi Biologi Perikanan	21
Gambar 5. Ikan batak atau ihan (<i>Neolissochilus thienemanni</i>).....	23
Gambar 6. Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>), ikan introduksi yang menjadi komoditas akuakultur penting di Indonesia.....	24
Gambar 7. Bandeng (<i>Chanos chanos</i>), salah satu ikan <i>euryhaline</i>	29
Gambar 8. Organ labirin pada ikan betok.....	31
Gambar 9. Zonasi wilayah pesisir dan lautan secara horisontal dan vertikal	33
Gambar 10. Kembang lelak (<i>Rastrelliger kanagurta</i>), contoh ikan pelagis	34
Gambar 11. Golila (<i>Therapon</i> sp), contoh ikan di estuaria	43
Gambar 12. Ikan gelodok (<i>Periophthalmus vulgaris</i>) bertengger pada akar pohon bakau	44
Gambar 13. Beronang (<i>Siganus</i> sp), salah satu ikan penghuni padang lamun	45
Gambar 14. Gocilasar atau kakap merah (<i>Lutjanus decussatus</i>), salah satu ikan karang	47
Gambar 15. Jelawat (<i>Leptobarbus hoevenii</i>), salah satu ikan sungai	50
Gambar 16. Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>), salah satu ikan danau	55
Gambar 17. Beberapa spesies ikan endemik di Indonesia	61
Gambar 18. Bungo (<i>Glossogobius bungo</i> /G. <i>aureus</i>), ikan endemik yang terdesak oleh ikan introduksi.....	64
Gambar 19. Penampang melintang gonad hermaprodit sinkroni	72
Gambar 20. Ikan napoleon (<i>Cheilinus undulatus</i>), salah satu ikan yang tergolong hermaprodit protogini	72
Gambar 21. Penampang melintang gonad hermaprodit protandri	76
Gambar 22. Ikan badut atau klon (<i>Amphiprion ocellaris</i>) tergolong hermaprodit protandri	77
Gambar 23. Bawal air tawar lebih cepat matang gonad di perairan tropis	92
Gambar 24. Puncak musim pemijahan ikan layang (<i>Decapterus russelli</i>) di perairan Selat Malaka pada April dan Oktober	93
Gambar 25. Perkembangan ovarium dan testis ikan bungo (<i>Glossogobius Cf. aureus</i>) betina (A, B, dan C) dan jantan (D, E, dan F)	103
Gambar 26. Hubungan indeks kematangan gonad (IKG) dengan panjang ikan kerapu sunu (<i>Plectropous leopardus</i>) betina di perairan Sulawesi dan Maluku	114
Gambar 27. Tingkatan kematangan kelamin berdasarkan keadaan klasper; <i>not calcified</i> , NC (a), <i>not full calcified</i> , NFC (b), dan <i>full calcified</i> , FC (c) hiu <i>Chiloscyllium punctatum</i> (Fitriya <i>et al.</i> , 2017)	130
Gambar 28. Kakaban untuk media penempelan telur ikan	138
Gambar 29. Saran pemijahan betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>) dari asbes (Komaruddin, 2000)	138
Gambar 30. Telur ikan terbang	149
Gambar 31. Beberapa bentuk telur dan larva ikan yang baru menetas (Smith, 1977)	150
Gambar 32. Bagan klasifikasi telur ikan pelagis (Effendi, 1997)	151
Gambar 33. Bentuk-bentuk kromosom	155
Gambar 34. Diagram pembelahan mitosis dan meiosis (Campbell, 1999)	156
Gambar 35. Perkembangan telur ikan kerapu batik, <i>Epinephelus microdon</i> (Slamet & Tridjoko, 1997).....	161
Gambar 36. Perkembangan larva ikan kerapu batik, <i>Epinephelus microdon</i> (Slamet & Tridjoko, 1997)	170
Gambar 37. Perkembangan larva ikan kakap merah, <i>Lutjanus sebae</i> (Imanto & Melianawati, 2003)	170
Gambar 38. Beberapa larva dan telur ikan yang ditemukan di Teluk Tomini dan Laut Banda (Taufik <i>et al.</i> , 2005)	171
Gambar 39. Beberapa larva yang ditemukan di Teluk Tomini dan Laut Banda (Taufik <i>et al.</i> , 2005)	171
Gambar 40. Talas, tanaman darat yang disukai ikan gurami	184

Gambar 41. Ikan sumpit (<i>Toxotes</i> sp) menyumpit mangsa di daunan	191
Gambar 42. Belut (<i>Monopterus albus</i>), aktif makan pada malam hari.....	196
Gambar 43. Daerah <i>upwelling</i> di perairan laut Indonesia	200
Gambar 44. Di dalam perut ikan raja laut (<i>Latimeria menadoensis</i>) pun ditemukan plastik	205
Gambar 45. Sidat (<i>Anguilla marmorata</i>), ikan yang beruaya dari air tawar ke laut untuk memijah	210
Gambar 46. Anak-anak kakap jenaha (<i>Lutjanus johnii</i>) di hutan mangrove	216
Gambar 47. Pola pergerakan arus laut di dunia	221
Gambar 48. Bendungan, salah satu bentuk bangunan yang memblokir rute ruaya ikan	234
Gambar 49. Penghitungan panjang ikan pada umur tertentu	252
Gambar 50. Hubungan panjang-berat ikan kerapu sunu di berbagai perairan di Sulawesi dan Maluku	268

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data bandeng kawak di Gresik	12
Tabel 2. Distribusi jumlah spesies ikan berdasarkan ordo, famili, dan genera (Nelson, 2006).....	26
Tabel 3. Distribusi sumber daya air di bumi menurut perkiraan Sokolov (1967).....	28
Tabel 4. Distribusi sumber daya air di bumi menurut perkiraan Speindel & Agnew (1988).....	29
Tabel 5. Jenis ikan dan organ pernapasan udara	31
Tabel 6. Zona laut	33
Tabel 7. Famili dan spesies ikan yang hidup di estuaria (Whitten <i>et al.</i> , 1988).....	42
Tabel 8. Spesies ikan yang hidup di Sungai Opak-Oya, Yogyakarta.....	52
Tabel 9. Jenis-jenis ikan yang ditemukan di Danau Toba.....	56
Tabel 10. Komposisi jenis ikan penghuni perairan tawar di Sulawesi Selatan	57
Tabel 11. Jenis ikan penghuni gua di kawasan karst sekitar Yogyakarta	58
Tabel 12. Jenis ikan endemik di Kompleks Danau Malili (Omar, 2011)	61
Tabel 13. Spesies introduksi yang menjadi penghuni perairan umum Indonesia dan biota akuakultur air tawar penting	66
Tabel 14. Persentase ikan napoleon (<i>Cheilinus undulatus</i>) masing-masing tingkat kematangan gonad menurut golongan, ukuran panjang total, dan bobot tubuh	73
Tabel 15. Ukuran dan jenis kelamin kerapu sunu (<i>Plectropomus leopardus</i>) dari beberapa perairan Sulawesi dan Maluku	73
Tabel 16. Keadaan histologi ovari dan testis ikan endemik rainbow selebensis (<i>Telmatherina celebensis</i> Boulenger) dari masing-masing tingkat perkembangan	87
Tabel 17. Gambaran gonad ikan bentulu (<i>Barbichtys laevis</i>) jantan dari masing-masing tingkat kematangan gonad (Yani, 1994)	87
Tabel 18. Gambaran gonad ikan bentulu (<i>Barbichtys laevis</i>) betina dari masing-masing tingkat kematangan gonad (Yani, 1994)	88
Tabel 19. Komposisi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan layang (<i>Decapterus russelli</i>) setiap bulan di perairan Selat Malaka.....	94
Tabel 20. Komposisi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan banyar (<i>Rastrelliger kanagurta</i>) setiap bulan di perairan Selat Malaka	95
Tabel 21. Persentase sebaran diameter telur ikan selais (<i>Ompok hypophthalmus</i>) berdasarkan tingkat kematangan gonad.....	99
Tabel 22. Nilai GSI ikan belanak dewasa pada beberapa TKG	100
Tabel 23. Distribusi IKG berdasarkan TKG ikan bungo (<i>Glossogobius Cf. aureus</i>) betina dan jantan.....	100
Tabel 24. Distribusi IKG (%) ikan pirik (<i>Lagusia micracanthus</i>) jantan dan betina berdasarkan TKG yang tertangkap di Sungai Pattunuang, Maros	100
Tabel 25. Klasifikasi indeks gonad kerapu betina	101
Tabel 26. Klasifikasi perkembangan Gonad Hermaprodit Protogini	101
Tabel 27. Perbedaan TKG ikan bungo (<i>Glossogobius Cf. aureus</i>) betina dan jantan	102
Tabel 28. Perbedaan TKG ikan belanak (<i>Mugil dussumeiri</i>) betina dan jantan modifikasi dari Cassie.....	104
Tabel 29. Perbedaan TKG ikan selais (<i>Ompok hypophthalmus</i>) betina dan jantan	104
Tabel 30. Fekunditas ikan kakap merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>) dari Sape	111
Tabel 31. Fekunditas ikan kakap merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>) dari Kupang	112
Tabel 32. Fekunditas kerapu sunu (<i>Plectropomus leopardus</i>) dari perairan utara Manado dan Gorontalo	115
Tabel 33. Fekunditas ikan terbang (<i>Cypsilurus oligolepis</i>) menurut panjang, berat, berat gonad, dan tingkat kematangan gonad dari perairan Tual, Maluku Tenggara	117
Tabel 34. Fekunditas ikan terbang (<i>Cypsilurus spilopterus</i>) menurut panjang, berat, berat gonad dan tingkat kematangan gonad dari perairan Tual, Maluku Tenggara.....	117
Tabel 35. Fekunditas beberapa jenis ikan di berbagai tipe perairan	121

Tabel 36. Pengelompokan pola pemijahan ikan (Balon, 1984)	137
Tabel 37. Ukuran telur beberapa spesies ikan setelah pembuahan	148
Tabel 38. Ukuran <i>yolk granules</i> pada Teleostei (Ginzburg, 1972)	148
Tabel 39. Ukuran <i>oil drops</i> pada Teleostei (Ginzburg, 1972)	148
Tabel 40. Sifat telur pada berbagai jenis ikan (Ginzburg, 1972)	150
Tabel 41. Jumlah kromosom beberapa jenis ikan	154
Tabel 42. Tahap perkembangan embrio ikan karper rumput atau koan (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>) pada suhu 18-24 °C	162
Tabel 43. Perkembangan stadia embrio ikan lele (<i>Clarias</i> sp) pada suhu 28 °C	163
Tabel 44. Masa pengeraman beberapa spesies ikan	167
Tabel 45. Perbandingan antara diameter telur dengan panjang larva	170
Tabel 46. Frekuensi kehadiran (%) tiap jenis mangsa pada tuna sirip kuning, cakalang, dan tongkol di perairan Teluk Tomini.....	179
Tabel 47. Komposisi pakan alami dengan indeks bagian terbesar dalam lambung ikan lais <i>Cryptopterus</i> <i>limpok</i> dan <i>C. micronema</i> pada musim kemarau dan musim penghujan	181
Tabel 48. Makanan beberapa spesies beronang	184
Tabel 49. Jenis dan indeks bagian terbesar (IBT) makanan pada ikan bada (<i>Rasbora argyrotaenia</i>)	185
Tabel 50. Panjang nisbi tubuh dan kebiasaan makanan pada beberapa spesies ikan	186
Tabel 51. Kelompok makanan, jumlah dan frekuensi kejadian ikan kerapu sunu (<i>Plectropomus</i> <i>leopardus</i>) di Kepulauan Spermonde Sulawesi Selatan	187
Tabel 52. Indeks relatif penting jasad makanan yang terdapat dalam lambung ikan napoleon (<i>Cheilinus undulatus</i>)	188
Tabel 53. Produksi primer, trofik level, efisiensi energi, dan produksi ikan berdasarkan lingkungan	199
Tabel 54. Pendugaan potensi produksi perikanan di Laut Banda dan Laut Arafura berdasarkan data produktivitas primer	200
Tabel 55. Laju pertumbuhan harian dan konversi pakan pada beberapa ikan karnivora	201
Tabel 56. Kebutuhan protein pada beberapa ikan air tawar	203
Tabel 57. Pengelompokan ikan berdasarkan habitat yang dihuni (Reunsefell & Everhart, 1953)	208
Tabel 58. Musim nener bandeng (<i>Chanos chanos</i>) di perairan Indonesia	215
Tabel 59. Klasifikasi taksis dan perangsangnya	227
Tabel 60. Jenis-jenis ikan beruaya di Sungai Opak Oya	233
Tabel 61. Kondisi habitat mikro ikan di Sungai Batang Kandis, Padang, Sumatera Barat, berdasarkan Kriteria Kesesuaian Habitat (<i>Habitat Suitability Criteria</i> = HSC) (Salmah <i>et al.</i> , 2001)	235
Tabel 62. Jenis ikan di Sungai Komering sebelum dan sesudah dibangunnya Bendung Perjaya beserta fishway (Arpan & Kadri, 2011)	237
Tabel 63. Tipe-tipe interaksi di dalam ekosistem	238
Tabel 64. Pilihan juvenil ikan salmon berukuran 48 mm terhadap zooplankton copepoda	244
Tabel 65. Struktur umur tuna madidihang (<i>Thunnus albacares</i>) dari wilayah yang berbeda	258
Tabel 66. Deskripsi panjang dan bobot kerapu sunu (<i>Plectropomus leopardus</i>) dari beberapa perairan di Sulawesi dan Maluku	268
Tabel 67. Nilai koefisien regresi (b) hubungan panjang-bobot beberapa jenis ikan layang	269
Tabel 68. Estimasi parameter pertumbuhan ikan tuna madidihang (<i>Thunnus albacares</i>) berdasarkan data frekuensi panjang pada beberapa lokasi penelitian	271

BAB I. PENDAHULUAN

A. IKAN SEBAGAI BAHAN PANGAN

Ikan dan sumber pangan dari perairan (laut dan air tawar) merupakan salah satu bahan pangan yang umumnya murah, sehingga dapat dijangkau oleh berbagai lapisan masyarakat. Hanya ikan-ikan tertentu dan pada ukuran tertentu yang harganya sangat mahal, misalnya tuna sirip biru (*Thunnus maccoyi*) dan bandeng (*Chanos chanos*) berukuran besar. Pada lelang tahun baru di pasar ikan Tsukiji, Tokyo, Jepang 5 Januari 2016, seekor tuna sirip biru terjual dengan harga US\$ 117.000 atau Rp 1,62 milyar. Ikan seberat sekitar 200 kg yang ditangkap di perairan utara Jepang.

Tuna sirip biru atau tatihu—biasa juga disebut tuna abu-abu—adalah spesies tuna yang harganya paling mahal dari kelompok tuna dan cakalang. Ikan yang dalam perdagangan internasional dikenal dengan nama *southern bluefin tuna* disingkat SBT ini merupakan ikan termahal di dunia. Karena mahalnya harga SBT, maka banyak kalangan mengatakan bahwa satu ekor saja sudah bisa untuk membeli mobil baru. Di Jepang, harga sepotong SBT ukuran kecil dihargai senilai US\$ 50 atau sekitar Rp 500.000.

Sementara itu, di Gresik, Jawa Timur, terdapat tradisi tahunan yang terkait dengan budi daya bandeng. Kegiatan Pasar Raya dan Lelang Bandeng di Gresik merupakan tradisi sekaligus penggerak ekonomi. Pada Pasar Raya dan Lelang Bandeng masyarakat berbondong-bondong membeli bandeng dengan harga yang mahal untuk disajikan kepada tamu pada saat lebaran. Makin besar dan makin mahal bandeng tersebut, makin tinggi prestisenya.

Tabel 1. Data lelang bandeng kawak di Gresik

Tahun	Berat Bandeng (kg)	Harga (Rp)	Pemilik/petambak
2009	7,05	10 juta	Sirajul Munir (Tanjung Wedoro, Kec. Bungah)
	6,10	8,7 juta	Askur (Pangkahwetan, Kec. Ujungpangkah)
2010	8,20	6 juta	Askur
	6,00	5,5 juta	Sirajul Munir
2011	6,80	10 juta	Askur
	6,00	7 juta	Ali Huda (Mangare, Bungah)
	5,30	5 juta	Safari (Mangare, Bungah)
2012	7,30	20 juta	Ali Huda
	6,65	15 juta	Sirajul Munir
	6,10	10 juta	Askur

Sumber: Kiswara (2012)

Karena itu, Kabupaten Gresik dikenal sebagai produsen bandeng kawak atau bandeng yang berukuran > 5 kg/ekor. Masyarakat memelihara bandeng hingga mencapai ukuran > 5 kg/ekor dan kemudian dilelang pada Pasar Raya dan Lelang Bandeng. Bandeng ukuran 5 kg/ekor mencapai harga Rp 5 juta/ekor. Makin besar bandeng yang dilelang, maka harganya pun semakin mahal (Tabel 1). Kebiasaan memelihara bandeng hingga mencapai ukuran besar di Gresik sudah sangat lama, bahkan sejak jaman penjajahan Belanda tahun 1800-an. Tradisi membudidayakan bandeng kawak ini sekaligus menjadikan Gresik dikenal sebagai produsen induk bandeng (4 kg/ekor).

Salah satu ikan air tawar yang merupakan ikan dengan harga tinggi adalah arowana (*Scleropages formosus*). Arowana merupakan salah satu jenis ikan hias air tawar andalan Indonesia, karena memiliki harga yang cukup tinggi. Strain arowana yang disebut arowana merah (*Super Red*) atau *the star of Indonesia ornamental fish* mencapai harga Rp. 3 juta – 5 juta/ekor untuk ukuran 12-13 cm.

Hanya beberapa jenis ikan yang harganya sangat tinggi. Itu pun merupakan ikan yang sulit ditangkap, terancam punah dan dilindungi, atau dipelihara dalam waktu yang sangat lama. Umumnya ikan-ikan konsumsi populer, baik ikan laut maupun ikan air tawar merupakan ikan dengan harga murah sehingga dapat dijangkau oleh berbagai lapisan masyarakat.

Berdasarkan kajian *United Nations Environment Programme* (UNEP), sekitar 2,6 miliar orang menggantungkan pemenuhan proteinnya pada konsumsi ikan (ikan dan nonikan). Setiap tahun lebih dari 180 juta ton ikan dikonsumsi oleh penduduk dunia (FAO, 2009). Itu berarti kebutuhan protein lebih dari 37 persen penduduk dunia berasal dari ikan, baik ikan laut maupun ikan air tawar. Dari produksi perikanan dunia sebesar 145,1 juta ton pada tahun 2009, sebanyak 117,8 juta ton atau 81 % dikonsumsi, sisanya 27,3 atau 19 % untuk pakan, farmasi, kosmetik, dan sebagainya.

Food and Agricultural Organization (FAO) melaporkan bahwa permintaan atas ikan dan produk perikanan dunia diproyeksikan akan terus meningkat, dari sekitar 133 juta ton (2001) menjadi 148,5 juta ton (2010), dan meningkat lagi menjadi 183 juta ton (2015). Suplai ikan ini sebagian besar dihasilkan dari penangkapan di alam dan sisanya dari hasil akuakultur atau budi daya perairan.

Tahun 2009 produksi perikanan dunia mencapai 145,1 juta ton, yang terdiri dari perikanan tangkap 90 juta ton dan akuakultur 55,1 juta ton. Angka 90 juta ton perikanan tangkap merupakan potensi produksi lestari (*maximum sustainable yield/MSY*) per tahun. Tahun 2010 produksi perikanan dunia meningkat menjadi 148,5 juta ton, di mana perikanan tangkap mengalami penurunan menjadi 88,8 juta ton, sedangkan akuakultur meningkat menjadi 59,9 juta ton.



Gambar 1. Ikan, sumber protein lebih 37 persen penduduk dunia

Diperkirakan, perikanan tangkap stabil pada angka sekitar 93 juta ton/tahun. Pada tahun 2030 diperkirakan produksi perikanan tangkap dan akuakultur akan mendekati seimbang, 93 juta ton dan 83 juta ton. Artinya, laju pertumbuhan perikanan tangkap dunia semakin dikendalikan, sementara akuakultur dapat dipacu untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat.

Produksi perikanan tangkap tidak dapat ditingkatkan lagi di masa yang akan datang, karena sebagian besar ikan ekonomis telah ditangkap penuh (*full fishing*), bahkan telah mengarah pada tangkap lebih (*over fishing*). Karena itu, akuakultur dipacu untuk peningkatan produksi perikanan, sedangkan perikanan tangkap harus dikendalikan untuk pemulihan stok dan ekosistem.

Dari 441 spesies ikan di dunia, sekitar 32 % spesies berada pada lampu merah (sudah tangkap lebih atau nyaris punah), 3 % belum dieksploitasi, 12 % dieksploitasi sedang, dan 53 % dieksploitasi penuh. Artinya, tinggal 15 % ikan yang masih bisa dieksploitasi. Padahal pada tahun 1970-an masih sekitar 40 % dan yang mengalami tangkap lebih baru 10 % (Satria, 2012).

Walaupun sumber daya perikanan adalah sumber daya alam yang dapat pulih, namun bukan berarti tidak habis dan tidak punah. Banyak sekali fakta dan data riset membuktikan menurunnya sumber daya perikanan di berbagai daerah penangkapan (*fishing ground*). Bahkan tidak sedikit spesies yang telah punah dan terancam punah karena eksploitasi yang berlebihan, tidak selektif, dan penggunaan bahan dan alat tangkap yang merusak, serta ditambah rusaknya habitat (tempat hidup).

Rusaknya habitat karena invasi manusia mengancam sumber daya ikan. Ikan tidak hanya mengalami tekanan karena penangkapan, tetapi juga karena pencemaran, kekeringan, dan perubahan habitatnya. Penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (Ecoton) bekerjasama dengan Perum Jasa Tirta I Jawa Timur pada Juli-Agustus 2011 di Sungai Surabaya, ditemukan sebagian besar ikan berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya wilayah Karangpilang, dari 44 spesies ikan yang terjaring, 37 spesies diantaranya berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya, wilayah Gunung Sari, dari 64 spesies ikan yang tertangkap, sebanyak 42 ekor berjenis kelamin betina. Ikan-ikan itu antara lain bader putih, bader merah, keting, dan rengkik. Spesies-spesies ikan tersebut juga ditemukan di wilayah lain, seperti Kediri, Kertosono, Jombang, Mojokerto, Gresik, dan Sidoarjo. Di semua wilayah tersebut, dari total 410 ikan yang terjaring, sebanyak 337 ekor berjenis kelamin betina.

Menurut Riska Darmawati, dari penelitian, tampak ketidakseimbangan populasi ikan jantan dan betina. Perbandingan yang ditemukan adalah 1 : 26 untuk ikan jantan dan betina. Jenis ikan yang ditemukan itu adalah ikan yang tahan terhadap pencemaran. Ikan jendil yang biasanya memakan serangga, dalam penelitian ditemukan sudah bisa memakan kotoran manusia dan sampah plastik.

Sementara menurut Prigi Arisandi, Direktur Ecoton, dalam penelitian tersebut hanya ditemukan 30 jenis ikan di Sungai Brantas, padahal penelitian tahun 1997 yang dilakukan oleh Universitas Brawijaya (UNIBRAW) Malang masih menemukan 50 jenis ikan (Irawati, 2011). Artinya selama sekitar 14 tahun sebanyak 20 jenis ikan mengalami kepunahan di Sungai Surabaya.

Penelitian lain yang dilakukan di Hutan Harapan, Jambi ditemukan spesies ikan air tawar yang bermutasi. Kerusakan lingkungan yang berkepanjangan ditambah dengan tingginya intensitas penyetruman dan peracunan ikan menyebabkan ikan bermutasi sehingga ancaman kepunahan pun sulit dihindari. Peneliti Biologi dari Universitas Jambi, Tedjo Sukmono mendapati mutasi titik telah terjadi pada ikan kepyur (*Puntius lateristriga*), sebarau (*Hampala macrolepidota*), aropadi (*Osteochilus microcephalus*), dan gabus (*Channa striata*). Satu jenis lainnya, seluang (*Striuntius sp harapan*) bahkan diduga sudah mengalami mutasi gen.

Temua ikan-ikan bermutasi ini sungguh tak terduga ditengah proses penelitian Tedjo Sukmono dan tim Restorasi Ekosistem selaku pengelola Hutan Harapan sepanjang 2012-2014. Tim bermaksud mendata dan menginventarisasi keragaman satwa air di kawasan restorasi itu, antara lain di Sungai Kapas, Sungai Kandang, dan Sungai Lalan, serta Danau Tiung Luput, Danau Kamp, Danau 41, Danau Rohani, dan Danau Klompang.

Dalam prosesnya Tedjo Sukmono dan timnya mendapati sampel-sampel ikan yang tampilannya di luar kebiasaan spesies aslinya. Misalnya, gabus-gabus dewasa di Danau 41 ditemukan dalam kondisi insang busuk, tetapi masih bisa hidup atas bantuan alat pernapasan lain berupa labirin. Pada temuan ikan seluang di Danau Tiung Luput dan Sungai Kandang, Tedjo Sukmono memeriksa terjadinya perubahan fisik: ikan tidak berkumis dan garis membujur pada badannya tampak terputus pada urutan yang kedua. Kondisi ini berbeda dibanding ikan seluang yang selama ini dikenal, yaitu memiliki empat hingga lima garis membujur pada sisi badan serta kumis kecil pada mulut (Tambunan, 2015).

Menurut Tedjo Sukmono, perubahan-perubahan tersebut sebagai bentuk adaptasi ikan atas lingkungan yang terus berubah dan kian tak mendukung. Adaptasi dalam jangka panjang akan melibatkan susunan basa nukleotida. Perubahan susunan basa 2 hingga 6 persen ditemukan pada lima spesies ikan tersebut, dan jika terus berlangsung dan semakin besar perubahannya akan menuju proses spesiasi. Pada akhirnya proses tersebut menghasilkan spesies berbeda atau subspecies.

Pada kasus di Harapan, menurut Tedjo Sukmono bahwa mutasi spesies sudah melewati fase adaptasi awal yang melibatkan perubahan mekanisme fisiologi. Ikan juga telah mengalami perubahan morfologi yang memerlukan ekspresi gen berbeda. Itu berlanjut dengan perubahan susunan komposisi nukleotida dan perubahan penerjemahan pada asam amino dan protein. Perubahan inilah yang dikenal sebagai mutasi titik, yang menjadi dasar munculnya variasi baru dalam spesies.

Kondisi tersebut mempercepat menurunnya stok ikan hingga kepunahan spesies. Contoh spesies ikan yang terancam punah, di antaranya tuna sirip biru, napoleon (*Cheilinus undulatus*), dan ikan batak (*Neolissochilus, Tor*). Ikan-ikan tersebut mengalami ancaman kepunahan karena penangkapan yang intensif dan kerusakan habitat. Agar ikan-ikan tersebut tidak mengalami kepunahan, stoknya di alam dapat dipulihkan, sekaligus produksinya dapat ditingkatkan, maka selain konservasi atau pelestarian, langkah strategis lainnya adalah akuakultur.

Dalam upaya memulihkan stok ikan, konservasi, dan akuakultur, maka salah satu ilmu atau telaah penting yang diperlukan adalah Biologi Perikanan. Biologi Perikanan merupakan cabang dari Biologi dan merupakan ilmu terapan yang memfokuskan kajian pada keadaan biologi ikan dan dinamika dari populasi.

B. BIOLOGI PERIKANAN

Biologi Perikanan adalah salah satu cabang dari Biologi yang fokus pada ikan sejak ikan tersebut menetas, kemudian mulai makan, tumbuh, beraktivitas, bereproduksi, dan akhirnya mengalami kematian, baik kematian secara alami maupun faktor-faktor lain. Ikan yang dimaksud dalam Biologi Perikanan adalah hewan/binatang vertebrata berdarah dingin, yang pergerakan dan keseimbangan tubuhnya terutama menggunakan sirip dan umumnya bernapas dengan insang serta hidup dalam lingkungan air. Dalam klasifikasi taksonomik, ikan disatukan dalam kelas Pisces (Rahardjo *et al.*, 2011).

Biologi Perikanan merupakan ilmu yang mengkhususkan kajian, telaah, atau studi pada struktur organisme ikan (morfologi), struktur tubuh ikan (anatomi), faktor kimia dan fisika pada ikan (fisiologi), dan proses serta kebiasaan hidupnya. Karena itu, Biologi Perikanan merupakan ilmu dasar untuk mendalami dinamika populasi ikan, pengembangan spesies untuk dikelola menjadi ikan akuakultur, dan upaya konservasi spesies ikan yang terancam mengalami kepunahan.

Ruang lingkup kajian Biologi Perikanan meliputi beberapa aspek sebagai berikut (Yudasmaru, 2014):

- (1) Kecepatan pertumbuhan dan waktu capai ukuran rata-rata dari berbagai jenis ikan.
- (2) Fekunditas (jumlah telur yang dihasilkan), pola reproduksi, tingkat kematangan gonad, dan nisbah kelamin.
- (3) Kecepatan survival dan mortalitas pada tahap-tahap daur hidup.
- (4) Populasi serta faktor-faktor yang memengaruhi populasi tersebut.
- (5) Pengaruh penangkapan ikan terhadap jumlah populasi, reproduksi, pertumbuhan dan distribusi ukuran.
- (6) Tingkah laku ikan dalam 24 jam atau dari musim ke musim.
- (7) Interaksi-interaksi terhadap spesies lain dan bagaimana spesies lain memengaruhi spesies yang paling disenangi.

Karena itu, tujuan mempelajari Biologi Perikanan adalah agar dapat memahami sumber daya perikanan serta pemanfaatannya secara optimum dan berkelanjutan. Aplikasi Biologi Perikanan adalah sebagai alat pengelola sumber daya perikanan, di mana pengelolaan perikanan itu berhubungan dengan sumber daya dan masyarakat. Hasil akhirnya adalah optimalisasi pemanfaatan sumber daya perikanan secara berkelanjutan, sedangkan bagi masyarakat dan pemerintah adalah kesejahteraan, ketersediaan sumber protein yang dapat dijangkau, dan devisa.

Pada perikanan tangkap, Biologi Perikanan berguna mengkaji jumlah populasi, reproduksi, pertumbuhan, dan distribusi ukuran. Kajian ini berguna untuk menentukan jumlah ikan yang ditangkap, ukuran, dan musim penangkapan. Biologi Perikanan juga memberi informasi untuk penggunaan alat dan bahan penangkapan dalam kegiatan penangkapan, jumlah masing-masing alat, modifikasi alat tangkap, besar mata jaring dan efisiensi alat serta waktu yang digunakan dalam penangkapan ikan. Dengan demikian Biologi Perikanan menyangkut statistik penangkapan, komposisi spesies, kondisi ukuran dan tangkapan per satuan upaya berbagai macam alat penangkapan. Hasil tangkapan per satuan upaya sering juga dapat merupakan alat pengukur perubahan populasi atau upaya lebih lanjut lagi pengukuran jumlah per satuan upaya diperlukan dalam tiap-tiap pencacahan atau evaluasi ekonomi suatu perikanan (Effendie, 1997).

Pada akuakultur, Biologi Perikanan berguna untuk mengkaji seksualitas ikan, tingkat kematangan gonad, fekunditas, pemijahan, awal daur hidup, pertumbuhan, kebiasaan makan dan cara makan. Biologi Perikanan menelaah faktor-faktor tersebut untuk menentukan spesies yang dapat direkomendasikan sebagai ikan budi daya, produksi induk, produksi benih, produksi pakan untuk benih dan pakan untuk ikan dewasa, dan teknik pemeliharaan.

Sedangkan untuk konservasi, Biologi Perikanan berguna untuk menelaah seksualitas ikan, tingkat kematangan gonad, fekunditas, pemijahan, awal daur hidup, pertumbuhan, kebiasaan makan dan cara makan, ruaya, pertumbuhan ikan, persaingan dan pemangsaan, serta umur ikan. Telaah tersebut berguna untuk menentukan reservat atau daerah perlindungan, musim penangkapan, ukuran ikan yang ditangkap, alat tangkap yang sesuai, hingga rekomendasi untuk kebijakan perlindungan secara hukum.



Gambar 2. Induk ikan, bagian dari kajian Biologi Perikanan

Dengan demikian, Biologi Perikanan diperlukan untuk melengkapi arahan dalam pengelolaan sumber daya perikanan. Rekomendasi ahli Biologi Perikanan diperlukan untuk pengambilan kebijakan yang berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya perikanan dan konservasi. Itu berarti, rekomendasi ahli Biologi Perikanan dapat digunakan oleh pengambil kebijakan di berbagai tingkatan.

Ruang lingkup Biologi Perikanan meliputi 2 cabang kajian yang saling terkait. Cabang pertama adalah kajian mengenai *Natural History*, yaitu tentang keadaan biologi ikan dalam suatu perairan yang meliputi daur hidup ikan, seperti: (a) induk ikan; (b) keadaan induk pada waktu akan memijah; (c) bagaimana keadaan memijahnya; (d) bagaimana keturunan yang dihasilkan; dan (e) pertumbuhan dan cara makannya sampai mati. Cabang kedua adalah kajian mengenai *Dinamika* dari populasi, yaitu: bagaimana kecepatan dan hasil reproduksi serta pengaruhnya terhadap populasi, kecepatan pertumbuhan, sebab-sebab dan kecepatan kematian, serta pengaruhnya terhadap populasi. Dengan demikian dalam mempelajari Biologi Perikanan akan dipelajari hal-hal berikut: (a) seksualitas ikan; (b) tingkat kematangan gonad (TKG); (c) fekunditas; (d) ruaya; (e) pemijahan; (f) awal daur hidup ikan; (g) pertumbuhan ikan; (h) kebiasaan makan dan cara makan; (i) persaingan dan pemangsaan; dan (j) umur ikan (Effendie, 1978; Yudasmara, 2014).

Pada buku Biologi Perikanan ini akan dibahas *Natural History* dan *Dinamika* populasinya. Dari kedua cabang kajian ini akan diketahui potensi sumber daya perikanan di suatu perairan sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan. Kedua kajian ini juga akan merekomendasikan spesies yang dapat dikembangkan sebagai ikan akuakultur, termasuk sistem dan teknologi akuakultur yang diterapkan.

Di samping itu, untuk memperkaya data dan informasi, serta memperkuat kajian Biologi Perikanan khususnya aplikasi praktis dalam akuakultur, maka penulis juga menyajikan beberapa informasi terkait, walaupun bukan informasi utama, seperti habitat ikan, plasma nuftah, dan introduksi. Habitat ikan penting disajikan karena berhubungan dengan lingkungan hidup di mana ikan menempati dan beraktivitas. Plasma nuftah berhubungan dengan kekayaan sumber daya perikanan dan sumber daya alam yang perlu diketahui dan dikembangkan. Introduksi, baik sengaja maupun tidak sengaja, berdampak pada fauna asli, termasuk ikan asli. Karena itu, introduksi perlu disajikan untuk menjadi informasi pendamping dalam kajian Biologi Perikanan.[]

BAB II. HUBUNGAN BIOLOGI PERIKANAN DAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERIKANAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia (*the largest archipelagic country in the world*) dengan jumlah pulau sebanyak 17.499 pulau besar dan kecil (sebelumnya disebut 17.508 pulau). Garis pantai Indonesia sepanjang 95.181 km, yang merupakan terpanjang keempat di dunia setelah Kanada (265.523 km), Amerika Serikat (133.312 km), dan Federasi Rusia (110.310 km). Sedangkan luas lautan Indonesia mencapai 5,8 juta km yang merupakan 75 % dari total luas wilayah Indonesia. Karena itu, Indonesia dikenal dan disebut sebagai negara kepulauan atau nusantara, dan negara maritim atau negara bahari.

Selain lautan, di darat terdapat perairan umum atau air tawar (*freshwater*) yang cukup luas sekitar 60 juta hektar (ha), yang meliputi danau, sungai, rawa-rawa, waduk/bendungan, sawah dan genangan air lainnya. Luas wilayah perairan umum ini terus bertambah dengan dibangunnya sejumlah waduk di masa yang akan datang.

Luas perairan tersebut menyimpan sumber daya perikanan yang besar. Diperkirakan sumber daya perikanan yang dapat ditangkap mencapai 13,5 juta ton/tahun, yang terdiri dari 12,5 juta ton perikanan laut dan 1 juta ton/tahun perikanan perairan umum. Tahun 2016 produksi perikanan tangkap mencapai 6,1 juta ton. Itu berarti masih terdapat 7,4 juta ton ikan yang belum ditangkap. Dengan produksi sebesar 6,1 juta maka tingkat eksploitasi sumber daya perikanan baru mencapai 45 %. Namun berdasarkan tanggung jawab komitmen internasional mengenai perikanan yang dibuat FAO dalam CCRF (*Code of Conduct for Responsible Fisheries*), hanya sekitar 80 % ikan yang boleh ditangkap. Itu berarti jumlah ikan yang boleh ditangkap mencapai 10,8 juta ton/tahun. Karena ikan yang ditangkap telah mencapai 6,1 juta ton, maka hanya tersisa ruang 4,7 juta ton penambahan produksi penangkapan ikan laut sepanjang tahun.

Walaupun masih tersedia sumber daya ikan yang dapat ditangkap, namun sebagian besar daerah penangkapan (*fishing ground*) telah mengalami padat tangkap (*full fishing*) dan tangkap lebih (*over fishing*), bahkan beberapa spesies ikan penting terancam mengalami kepunahan spesies (*species extinction*).

Karena itu, diperlukan pengelolaan sumber daya perikanan tangkap yang optimal dan lestari. Daerah penangkapan yang telah mencapai padat tangkap atau tangkap lebih perlu dipulihkan sumber dayanya, sedangkan daerah penangkapan yang masih cukup tersedia sumber dayanya perlu peningkatan produksi.

Di sisi lain, diperlukan strategi untuk pengembangan akuakultur untuk menyeimbangkan penangkapan dan akuakultur. Potensi produksi akuakultur di Indonesia mencapai 57,7 juta ton, yang terdiri dari 47 juta ton marikultur atau budi daya laut, 5 juta ton budi daya tambak, dan 5,7 juta ton budi daya air tawar. Tahun 2016 produksi akuakultur mencapai 26 juta ton atau baru mencapai 45 % dari potensi produksi.

Dengan demikian potensi produksi perikanan Indonesia mencapai 71,3 juta ton/tahun, yang terdiri dari 13,6 juta ton perikanan tangkap dan 57,7 juta ton berasal dari akuakultur. Diperlukan kebijakan yang tepat untuk memanfaatkan potensi yang besar tersebut sehingga menjadikan bangsa dan rakyat Indonesia sebagai produsen perikanan penting dunia, sekaligus meningkatkan kesejahteraan bagi rakyat dan devisa bagi negara.

Pengelolaan perikanan, baik perikanan tangkap maupun akuakultur harus mengacu pada standar-standar pengelolaan perikanan berkelanjutan. Sebagai salah satu ilmu dasar dalam dinamika populasi, Biologi Perikanan sangat berguna dalam pengelolaan perikanan berkelanjutan. Penelitian-penelitian dalam Biologi Perikanan dapat memberikan rekomendasi untuk pengelolaan perikanan yang tepat, baik penangkapan, akuakultur, maupun konservasi.

A. BIOLOGI PERIKANAN DAN PENANGKAPAN

Kajian mengenai populasi ikan, reproduksi, pertumbuhan, dan distribusi ukuran merupakan bagian dari Biologi Perikanan yang sangat berguna bagi perikanan tangkap. Kajian tersebut berguna untuk menentukan jumlah ikan yang ditangkap, ukuran ikan, dan musim penangkapan. Jika perkiraan dapat dilakukan secara tepat, maka tingkat penangkapan optimum dapat dilakukan, sehingga potensi lestari sumber daya ikan dapat terjaga.

Sebaliknya jika perkiraan tidak dapat dilakukan secara tepat, kemungkinan sumber daya ikan tidak dapat dimanfaatkan secara optimum, sehingga menjadi sumber daya yang ada akan menjadi mubazzir atau sia-sisa, atau sebaliknya tingkat pemanfaatannya berlebihan sehingga mengancam sumber daya ikan. Jika tidak dimanfaatkan atau tidak ditangkap, maka sumber daya akan mengalami kematian secara alami. Ini mudah terjadi pada ikan-ikan pelagis kecil dan bersifat musiman, seperti layang (*Decapterus*), selar (*Selar*, *Selaroides*), lemuru (*Sardinella longiceps*), tembang (*S. fimbriata*), teri (*Stolephorus*), terubuk (*Clupea toli*, *C. macrura*), dan kacang-kacang (*Hemiramphus commersoni*).

Ikan terubuk di perairan Kepulauan Riau, yaitu Pulau Bengkalis, Panipahan, Bintan Timur, Indragiri, dan Tanjung Medang, hingga tahun 1970-an merupakan ikan penting yang dieksploitasi secara besar-besaran. Namun sejak awal tahun 1980-an ikan terubuk semakin sulit ditemukan karena penangkapan yang berlebihan. Demikian pula ikan teri atau puri di Pulau Ambon dan sekitarnya, yang saat ini produksinya terus merosot karena penangkapan yang berlebihan.

Ikan pelagis kecil seperti terubuk dan teri merupakan ikan yang bersifat musiman. Hardenberg yang banyak mempelajari biologi ikan teri di Indonesia menduga bahwa jenis tertentu seperti *Stolephorus pseudoheterolobus* beruaya (migrasi) secara periodik. Ini didasarkan pada pengamatan di Perairan Bangka sampai Riau. Di Kepulauan Lingga yang terletak di sebelah utara Bangka, teri ditangkap pada bulan Februari hingga Agustus dengan puncak penangkapan pada Juli-Agustus. Lebih ke utara lagi di Kepulauan Riau, teri ini baru bisa ditangkap pada bulan April hingga Oktober, jadi munculnya dua bulan lebih lambat dan habisnya pun dua bulan lebih lambat dari di Kepulauan Lingga. Jadi tampaknya ada kemungkinan migrasi menuju ke utara (Nontji, 1987).



Gambar 3. Biologi Perikanan berguna merekomendasikan alat tangkap yang tepat

Hardenberg juga telah menyusun hipotesis mengenai ruaya ikan layang di Laut Jawa, yang kemudian diperkuat oleh Burhanuddin dkk. Pada Musim Timur bulan Juni sampai September terdapat banyak ikan layang di Laut Jawa. Layang yang datang ini adalah layang timur yang terdiri dari dua populasi, yakni yang datang dari Selat Makassar dan yang datang dari Laut Flores. Arah gerakan ruaya ini sejalan dengan gerakan arus utama yang berkembang di Laut Jawa pada musim tersebut. Pada saat itu air dengan salinitas tinggi mengalir dari Laut Flores masuk ke Laut Jawa dan keluar melalui Selat Karimata dan Selat Sunda.

Sebaliknya terjadi pada Musim Barat bulan Januari hingga Maret. Pada musim ini terdapat dua populasi yang masuk ke Laut Jawa yakni layang barat dan layang utara. Populasi layang barat datang dari

Samudera Hindia, tetapi sebarannya terbatas hanya sampai ke Selat Sunda dan sekitarnya. Sementara itu populasi layang utara yang berasal dari Laut Cina Selatan masuk, sebagian menuju ke Selat Sunda dan sebagian lagi ke timur sampai ke Pulau Bawean, Pulau Masalembu, dan sebagian lagi membelok ke arah selatan sampai ke Selat Bali. Pola ruaya ini sejalan pula dengan pola arus yang berkembang saat itu (Nontji, 1987).

Itu pula sebabnya puncak produksi ikan layang di Laut Jawa terjadi dua kali dalam setahun masing-masing jatuh pada bulan Januari-Maret (akhir Musim Barat) dan pada bulan Juli-September (Musim Timur). Puncak-puncak musim ini dapat maju atau mundur waktunya sesuai dengan perubahan musim. Di luar waktu itu layang tidak tertangkap.

Ikan pelagis kecil yang juga beruaya sehingga hanya muncul pada musim tertentu adalah ikan lemuru. Setiap tahun pada permulaan musim hujan yakni bulan September-Oktober lemuru mulai muncul di Selat Bali. Jumlah ikan lemuru semakin banyak dan mencapai puncaknya pada bulan Desember-Januari. Setelah Maret ikan lemuru ini kemudian lenyap seakan-akan hilang. Diduga ikan lemuru beruaya ke perairan yang lebih dalam.

Jika potensi dan musim ikan-ikan pelagis kecil tersebut tidak dapat diperkirakan, maka upaya penangkapannya tidak optimum. Jumlah ikan yang ditangkap bisa berlebihan atau malah sangat sedikit (*under exploited*), sehingga jumlah ikan yang tidak tertangkap dan akan mati sia-sia cukup besar.

Biologi Perikanan juga memberi informasi untuk penggunaan alat dan bahan penangkapan dalam kegiatan penangkapan, jumlah masing-masing alat, modifikasi alat tangkap, besar mata jaring dan efisiensi alat serta waktu yang digunakan dalam penangkapan ikan. Informasi mengenai alat tangkap penting agar penangkapan lebih efektif dan efisien, tetapi selektif. Ikan-ikan yang berukuran kecil dapat meloloskan diri dari alat tangkap sehingga dapat melanjutkan kehidupannya, sedangkan ikan-ikan yang matang gonad atau siap memijah tidak dapat terjaring karena ukuran tubuhnya lebih besar dari mata jaring.

Melalui studi intensif, Biologi Perikanan dapat memberi rekomendasi bagi penangkapan ikan yang optimum dan lestari. Jumlah dan ukuran ikan yang ditangkap sesuai dengan potensi lestari, tentu jumlah nelayan dan alat tangkap dapat ditambah atau dikurangi sesuai dengan ketersediaan sumber daya ikan pada musimnya.

B. BIOLOGI PERIKANAN DAN AKUAKULTUR

Pada akuakultur, Biologi Perikanan berguna untuk mengkaji seksualitas ikan, tingkat kematangan gonad, fekunditas, pemijahan, awal daur hidup, pertumbuhan, kebiasaan makan dan cara makan. Kajian tersebut berguna untuk merekomendasikan ikan-ikan yang dapat dijadikan ikan kultur. Ikan-ikan yang dipilih harus memenuhi syarat-syarat teknis biologis sekaligus ekonomis, misalnya dapat dipelihara di wadah sempit, dapat dibiakkan secara terkontrol, dan dapat dipelihara dengan pakan buatan.

Proses untuk memperoleh ikan yang dapat dibudidayakan tidak mudah dan dibutuhkan waktu yang cukup panjang. Dimulai dari domestikasi untuk mengadaptasikan ikan pada lingkungan buatan, terkontrol, dan sempit. Domestikasi merupakan suatu perubahan di mana semua kegiatan organisme untuk memenuhi kebutuhan hidupnya disuplai oleh manusia sebagai domestikator dari sumber lain secara terarah dan terkontrol (Odum, 1971). Dalam proses domestikasi, organisme tersebut diharuskan/dipaksakan mampu berada dalam kondisi buatan dan biasanya termasuk adaptasi genetik seperti dapat bertahan hidup pada kepadatan yang tinggi, tahan terhadap penanganan dan makanan buatan. Manfaat domestikasi adalah di samping menambah keragaman komoditas budi daya yang berasal dari jenis ikan asli, juga meningkatkan produksi ikan melalui budi daya.

Beberapa ikan laut dan ikan air tawar telah berhasil didomestikasi dan telah menjadi komoditas budi daya penting di Indonesia. Para peneliti perikanan, termasuk ahli Biologi Perikanan berhasil membenihkan ikan-ikan laut konsumsi bernilai ekonomi tinggi di antaranya bandeng (*Chanos chanos*), beronang (*Siganus canaliculatus*, *S. Javus*, *S. guttatus*, *S. vermiculatus*), kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*), kerapu lumpur (*Epinephelus suillus*, *E. coioides*), kerapu malabar (*E. malabaricus*), kerapu macan (*E. fuscoguttatus*), kerapu batik (*E. microdon*), kerapu kertang (*E. lanceolatus*), kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*, *P. maculatus*), kakap putih (*Lates calcalifer*), kakap mata kucing (*Psammoperca waigiensis*), kakap jenaha (*Lutjanus johnii*), kakap tambak (*L. argentimaculatus*), kakap merah (*L. sebae*), kobia (*Rachycentron canadum*), bawal bintang (*Trachinotus blochii*), napoleon (*Cheilinus undulatus*), tuna (*Thunnus*), dan kuwe macan atau pidana kuning (*Gnathanodon speciosus*).

Demikian juga terhadap ikan-ikan perairan umum atau air tawar yang merupakan spesies asli (*indigenous species*) di antaranya gurami (*Osphronemus gouramy*), lele lokal (*Clarias batrachus*), lele keli (*C. meladerma*), patin jambal (*Pengasius djambal*), nilem (*Osteochillus hasselti*), tawes (*Barbodes gonionotus*), baung (*Hemibagrus nemurus*/*Mystus nemurus*), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), jelawat (*Leptobarbus hoevenii*), belida (*Chitala lomis*/*Notopterus chitala*, *N. notopterus*), semah (*Tor dourounensis*, *T. soro*, *T. tambroides*, *T. Tambara*), gabus (*Channa striata*), toman (*C. micropeltes*), betok (*Anabas testudineus*), tambakan (*Helostoma temminckii*), lalawak atau lawak (*Barbodes ballaroides*/*Puntius bramoides*), lampan atau mata merah (*B. schwanenfeldii*/*P. schwanenfeldii*), botia (*Botia macracanthus*/*Chromobotia macracanthus*), dan arowana (*Scleropages formosus*).

Beberapa spesies ikan laut sulit dibenihkan secara terkontrol. Dibutuhkan riset yang panjang hingga berhasil membenihkan ikan-ikan tersebut, seperti ikan bandeng, kakap putih, kakap merah, kerapu, napoleon, dan tuna. Para ahli Biologi Perikanan mengetahui bahwa sebagian ikan laut mengalami perubahan kelamin atau bersifat hermaphrodit (*hermaphrodite*), yaitu mengubah kelamin dari jantan menjadi betina atau sebaliknya.



Gambar 4. Produksi benih dimulai dari studi Biologi Perikanan (Foto: Zainur Rahman)

Pengetahuan mengenai hermaphrodit memungkinkan para ahli menyediakan calon induk sesuai dengan siklus perubahan kelamin, karena pada ukuran dan umur tertentu, ikan mengubah kelaminnya. Perubahan kelamin sangat dipengaruhi oleh ukuran, umur dan jenisnya. Misalnya pada kerapu lumpur (*Epinephelus suillus*/*E. tauvina*) transisi dari betina ke jantan terjadi setelah ikan mencapai ukuran panjang badan 660-7200 mm. Teste mulai mulai matang pada ukuran 740 mm atau berat 11 kg. Transformasi dari betina ke jantan ini memerlukan waktu yang cukup lama dan dalam kondisi alami. Akan tetapi peralihan kelamin ini dapat dipercepat dengan penggunaan *methyltestosteron* secara oral (Sofyan, 1992). Pada kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) transisi dari betina ke jantan terjadi setelah mencapai umur 2,0-2,5 tahun. Pada umur 1,5-2,5 tahun, biasanya ikan masih berkelamin betina. Adapun ikan-ikan yang berumur 2,5 tahun ke atas berkelamin jantan (Kordi, 2001).

Salah satu ikan laut yang tidak mengubah kelamin tapi sulit dibenihkan adalah bandeng (*Chanos chanos*). Sebelumnya sebagian ahli tidak yakin akan berhasil membenihkan bandeng secara terkontrol. Itu karena sangat sulit memperoleh bandeng berukuran besar di alam, apalagi yang matang gonad. Namun studi intensif puluhan tahun berhasil membenihkan bandeng secara terkontrol. Teknologi pembenihan bandeng mulai dikembangkan oleh peneliti di Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut (BBRPBL) Gondol Bali pada pertengahan tahun 1980-an. Para peneliti melakukan pembenihan bandeng secara buatan dengan menggunakan hormon *17-alpha-methyltestosterone* secara implantasi (susuk) atau kawin suntik.

Tahun 2017 Indonesia juga telah berhasil membenihkan ikan tuna (*Thunnus albacares*, *T. maccoyi*) menyusul Jepang dan Panama. Awal tahun 1990-an, Jepang mengumumkan telah berhasil membudidayakan tuna secara penuh, termasuk melakukan pembenihan secara massal di hatchri. Tahun 2002, Jepang benar-benar membudidayakan tuna secara penuh setelah melakukan penelitian “berdarah-darah” selama 32 tahun dengan ratusan kali percobaan.

Indonesia tergolong baru dalam merintis usaha budi daya tuna, terutama pembenihan terkontrol. Tahun 2001 para ahli perikanan dari Indonesia dan Jepang bekerjasama meneliti pembudidayaan ikan tuna jenis sirip biru (*T. maccoyi*) dan tuna sirip kuning (*T. albacares*) di BBRPBL Gondol Bali. Saat ini para ahli perikanan di BBRPBL Gondol-Bali telah berhasil membenihkan tuna sirip biru (*T. maccoyi*) dan tuna sirip kuning (*T. albacares*). Bahkan pembenihan tuna sirip kuning terkontrol di BBRPBL Gondol-Bali adalah pertama kali di dunia.

Setelah percobaan bertahun-tahun, maka pemijahan tuna sirip kuning (*T. albacares*) di keramba jaring apung (KJA) terjadi pada 21 Januari 2015 telah menghasilkan benih di hatchri. Tahun 2017 Indonesia sudah mampu memproduksi benih tuna sirip kuning di hatchri secara penuh. Artinya, teknologi pembenihan tuna telah dikuasai oleh para ahli, sebagaimana teknologi pembenihan kerapu, kakap putih, kakap merah, bandeng, beronang, bawal bintang, dan ikan-ikan lainnya.

Indonesia membutuhkan waktu sekitar 17 tahun (2001-2017) untuk menghasilkan teknologi pembenihan tuna. Upaya Indonesia membudidayakan tuna secara penuh (domestikasi, pembenihan terkontrol, dan pembesaran) merupakan yang ketiga di dunia, setelah Jepang dan Panama. Negara-negara lain hanya menangkap benih di alam lalu membesarkannya.

Biologi Perikanan merupakan ilmu yang berperan penting dalam pembenihan ikan-ikan tersebut. Biologi Perikanan menelaah untuk menentukan spesies yang dapat dijadikan sebagai ikan budi daya, produksi induk, produksi benih, produksi pakan untuk benih dan pakan untuk ikan dewasa, dan teknik pemeliharaan. Tentu untuk menjadikan satu spesies ikan menjadi ikan budi daya diperlukan studi intensif yang membutuhkan tenaga, waktu, dan biaya yang tidak sedikit.

C. BIOLOGI PERIKANAN DAN KONSERVASI

Biologi Perikanan merupakan ilmu yang sangat penting untuk konservasi atau perlindungan sumber daya perikanan, baik terhadap spesies maupun wilayah. Biologi Perikanan berguna untuk menelaah seksualitas ikan, tingkat kematangan gonad, fekunditas, pemijahan, awal daur hidup, pertumbuhan, kebiasaan makan dan cara makan, ruaya, pertumbuhan ikan, persaingan dan pemangsaan, serta umur ikan. Telaah tersebut berguna untuk menentukan reservat atau daerah perlindungan, musim penangkapan, ukuran ikan yang ditangkap, alat tangkap yang sesuai, hingga rekomendasi untuk kebijakan perlindungan secara hukum.

Beberapa spesies ikan yang dilindungi adalah ikan-ikan yang terancam punah karena penangkapan yang intensif, kerusakan habitat, di samping itu ikan-ikan tersebut tergolong lambat dalam bereproduksi. Ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) tergolong hermaphrodit protogini (*protogynous hermaphrodite*), yakni ikan mengalami perubahan kelamin dari betina menjadi jantan. Ikan napoleon yang berukuran panjang 56 cm

(bobot 3,8 kg) hingga 64 cm (bobot 5,5 kg) berkelamin betina, sedangkan ikan yang berukuran 91 cm (bobot > 14 kg) semuanya berkelamin jantan (Slamet *et al.*, 1998). Artinya, pada suatu waktu di suatu perairan jumlah ikan berkelamin jantan hanya sedikit atau bahkan habis karena penangkapan yang intensif dan tidak selektif.



Gambar 5. Ikan batak atau ihan (*Neolissochilus thienemanni*) (Foto: Retta Herlinda Simanjuntak)

Ikan arowana (*Scleropages formosus*), walaupun merupakan ikan air tawar berukuran tubuh besar, namun arowana bukanlah ikan yang menghasilkan banyak telur (*prolific*). Itulah salah satu alasan sehingga ikan ini digolongkan sebagai ikan langka. Rata-rata telur yang dihasilkan oleh induk betina antara 20-55 butir per tahun dengan diameter telur antara 1,5-1,8 cm.

Ikan-ikan dalam genera *Neolissochilus* dan *Tor* atau ikan mahseer, selain merupakan ikan endemik yang penyebarannya terbatas, juga tergolong ikan yang pertumbuhannya lambat. Mahseer adalah nama internasional yang diberikan pada ikan air tawar dari famili *Cyprinidae* yang termasuk dalam genus *Tor*, *Neolissochilus*, dan *Naziritor*. Di Indonesia ikan mahseer hanya terdapat di Paparan Sunda (Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Bali) yang termasuk dalam genera *Neolissochilus* dan *Tor*.

Ikan mahseer spesies *Neolissochilus thienemanni* yang dikenal sebagai ikan batak atau ihan merupakan endemik Danau Toba dan sungai-sungai di daerah Tapanuli dan Simalungun yang bermuara ke Danau Toba. Namun, saat ini ihan sudah sangat sulit ditemukan di Danau Toba dan sungai-sungai yang bermuara ke Danau Toba. Demikian juga spesies *Neolissochilus longipinnis* dan *Neolissochilus sumatranus* merupakan ikan endemik di sungai dan danau di Sumatera. Ikan mahseer spesies *Neolissochilus sumatranus* dilindungi oleh masyarakat adat di Hulu Sungai Aek Sirambe dan daerah hilirnya Desa Bonan Dolok, Kecamatan Balige. Pelestarian ikan ini dikelola langsung oleh masyarakat Marga Siagian (Primack *et al.*, 1998).

Menurut Kartamihardja (1985) ikan mahseer mulai dewasa atau siap memijah pada ukuran 20-25 cm. Pada spesies *Tor douronensis* perkembangan gonad mulai terlihat pada ikan ukuran lebih dari 20 cm. Sedangkan ikan betina dan jantan yang matang kelamin mempunyai ukuran lebih dari 40 cm. Ikan betina dewasa dengan ukuran panjang 64,8 cm mempunyai telur 14.433 butir (Rupawan *et al.*, 1999). Ikan mahseer spesies *Tor soro*, *T. douronensis* mencapai dewasa pada umur sekitar 1 tahun dan berat sekitar 1 kg. Di alam, ikan mahseer memijah sepanjang tahun, terutama di musim hujan. Pemijahan terjadi di perairan jernih yang dasarnya berpasir atau berbatu.

Di samping itu, ikan mahseer khususnya spesies *Tor soro* dan *T. douronensis*—dua spesies yang telah dibudidayakan—merupakan ikan yang pertumbuhannya lambat. Untuk mencapai ukuran 60 g/ekor, dibutuhkan waktu pemeliharaan sekitar 6 bulan. Sedangkan untuk menghasilkan ikan mahseer ukuran konsumsi (500 g/ekor) butuh waktu pemeliharaan sekitar 12 bulan dari penebaran benih berukuran 10 g/ekor.

Dalam Daftar Merah Jenis Terancam Punah yang diterbitkan oleh IUCN tahun 1990 tercantum 29 spesies ikan dari Indonesia. Dalam daftar tersebut tercantum semua spesies dalam genera *Neolissochilus* dan *Tor* (Kottelat *et al.*, 1993). Penyebaran yang terbatas, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk matang gonad, serta pertumbuhan yang lambat merupakan faktor alami yang menyebabkan ikan-ikan dalam genera tersebut mudah mengalami kepunahan. Sementara itu, penangkapan yang intensif dan kerusakan habitat adalah faktor non alamiah yang mempercepat kepunahan.

Studi Biologi Perikanan memberi informasi mengenai berbagai aspek, terutama reproduksi ikan-ikan yang terancam punah sehingga perlu diambil tindakan untuk mencegah kepunahan lebih lanjut. Konservasi terhadap ikan-ikan yang terancam punah dapat dilakukan melalui perlindungan spesies, reservat atau daerah perlindungan, dan restocking.

Bila pembenihan secara massal telah berhasil dilakukan maka perlu penebaran kembali (restocking) di perairan. Restocking (*restocking*) adalah penebaran kembali biota ke suatu perairan untuk peningkatan stok (*stock enhancement*) maupun pelestarian biota tersebut. Stok biota di suatu perairan cenderung semakin berkurang karena tingginya laju penangkapan dan kematian dibandingkan dengan laju perkembangbiakan dan pertumbuhan. Laju penangkapan meningkat disebabkan oleh tuntutan pemenuhan kebutuhan manusia yang meningkat sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk. Laju kematian biota di alam juga meningkat sejalan dengan semakin memburuknya kualitas lingkungan, termasuk rusaknya habitat hidup biota di alam akibat praktik-praktik penangkapan yang destruktif, seperti penggunaan bahan peledak, racun, setrum listrik, pembongkaran batu karang, dan sebagainya.

D. BIOLOGI PERIKANAN DAN INTRODUKSI

Biologi Perikanan adalah ilmu penting bila dilakukan introduksi spesies tertentu. Introduksi biota air untuk kepentingan akuakultur telah memberikan hasil secara ekonomi, namun sangat sedikit perhatian terhadap dampak ekologis yang ditimbulkan oleh introduksi tersebut. Introduksi merupakan salah satu faktor penyebab menurunnya populasi ikan-ikan asli di beberapa perairan umum.

Introduksi bertujuan memperkaya spesies budi daya, terutama spesies unggul dan dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Ikan-ikan introduksi yang berkembang dengan baik di perairan umum Indonesia dan menjadi ikan bernilai ekonomi penting di antaranya, ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), mujair (*O. mossambicus*), lele dumbo (*Clarias gariepinus*), patin siam atau jambal jambal siam (*Pangasius sutchi*/*P. hypophthalmus*), sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), bawal air tawar (*Colossoma macropomum*), mola (*Hypophthalmichthys molitrix* dan *H. nobilis*), dan karper rumput (*Ctenopharingodon idellus*).



Gambar 6. Nila (*Oreochromis niloticus*), ikan introduksi yang menjadi komoditas akuakultur penting di Indonesia

Ikan nila, mujair, lele dumbo, dan sepat siam tergolong ikan yang mudah beradaptasi di perairan umum dan mudah memijah secara alami, sehingga menjadi ikan penting di perairan umum. Keempat ikan tersebut telah menjadi ikan tangkapan di perairan umum, bahkan di beberapa perairan telah menjadi ikan

tangkapan utama. Di sisi lain, ikan-ikan asli semakin sulit diperoleh karena terdesak oleh ikan-ikan introduksi tersebut. Beberapa spesies asli terancam punah dan punah karena tekanan ikan-ikan introduksi. Pasalnya selain berkembang dengan cepat, ikan introduksi juga membawa penyakit baru ke dalam perairan.

Studi Biologi Perikanan mengenai ikan-ikan introduksi menyebutkan bahwa introduksi berdampak negatif terhadap ikan-ikan asli. Whitten (1987) menyebutkan bahwa beberapa jenis ikan asli dari Danau Lindu dan Poso di Sulawesi Tengah diduga musnah sebagai dampak introduksi ikan gabus (*Channa striata*), ikan mujair (*Oreochromis mossambica*), dan ikan nila (*O. nilotica*). Mekanisme terjadinya penurunan populasi ikan-ikan endemik di Danau Poso yang dikenal sebagai ikan buntingi dan bungo barangkali karena adanya penyakit dan parasit. Hampir setiap spesimen ikan asli yang ditangkap dari danau tersebut selalu terdapat parasit yang menempel pada sirip-siripnya, leher atau mata, dan juga banyak ikan yang luka-luka di tubuhnya ditumbuhi jamur (Kottelat, 1990). Sementara penelitian Tamsil (2000) megemukakan bahwa ikan bungo (*Glossogobius bungo*/*G. aureus*) di Danau Tempe, Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu ikan ekonomis penting dan endemik telah terdesak oleh beberapa jenis ikan introduksi seperti ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), dan ikan tawes (*Barbodes gonionotus*/*Puntius javanicus*).

Karena beberapa ikan introduksi berkembang biak dengan mudah dan cepat, maka introduksi harus mempertimbangkan pula faktor biologi dan ekologi, tidak semata-mata pertimbangan ekonomi. Apalagi ikan-ikan asli di perairan umum merupakan ikan penting dan bernilai ekonomi tinggi, sehingga jika dikembangkan sebagai ikan kultur akan menjadi komoditas penting.

Introduksi harus didasarkan pada rekomendasi ilmiah. Kajian-kajian Biologi Perikanan sangat bermanfaat dalam memberi rekomendasi dan kebijakan perlu tidaknya dilakukan introduksi ikan tertentu ke suatu perairan. Jika hasil kajian merekomendasikan dilakukan introduksi, maka harus dibuat kebijakan yang ketat mengenai pengawasan dan evaluasi untuk mencegah dan mengendalikan dampak negatif.

Sebagai ilmu yang fokus pada *Natural History* dan *Dinamika Populasi*, maka Biologi Perikanan dapat memberi informasi yang detail terhadap perkembangan ikan-ikan introduksi. Kemampuan ikan-ikan introduksi dalam beradaptasi di lingkungan baru, kebiasaan makan dan cara makan di lingkungan baru, dan bereproduksi menjadi telaah Biologi Perikanan, yang akan memberi informasi untuk kebijakan lanjutan.[]

BAB III. HABITAT IKAN

Jumlah spesies atau jenis ikan merupakan yang terbanyak jika dibandingkan dengan jumlah spesies hewan vertebrata lainnya. Persentase spesies hewan dari lima kelas vertebrata sebagai berikut: Pisces 20.000 spesies (48,1 %), Aves 8.600 spesies (20,7 %), Reptilia 6.000 spesies (14,4 %), Mamalia 4.500 spesies (10,8 %) dan Amphibia 2.500 spesies (6,0 %) (Lagler *et al.*, 1977). Menurut Lagler *et al.* (1977) jumlah spesies ikan yang telah diberi nama diperkirakan antara 15.000-17.000 spesies, dari sekitar 40.000 spesies yang ada.

Seiring dengan perkembangan, jumlah spesies ikan terus bertambah. Menurut Nelson (2006) dalam Omar (2012) bahwa saat ini terdapat 27.977 spesies ikan yang termasuk dalam 62 ordo dan 515 famili (Tabel 2). Di antara 515 famili tersebut terdapat 9 famili yang memiliki jumlah spesies lebih dari 400, dengan jumlah total seluruhnya mencapai 9.302 spesies atau sekitar 33 % dari seluruh spesies ikan. Sekitar 66 % dari spesies tersebut (6.106 spesies) merupakan spesies air tawar. Kesembilan famili tersebut adalah Cyprinidae, Gobiidae, Cichlidae, Characidae, Loricariidae, Balitoridae, Serranidae, Labridae, dan Scorpaenidae. Lebih lanjut pada klasifikasi yang terakhir terdapat 64 famili yang hanya memiliki satu spesies (monotypic), 33 famili yang memiliki dua spesies, dan 67 famili yang memiliki 100 spesies atau lebih, bahkan tiga famili di antaranya memiliki lebih dari 1.000 spesies. Sebanyak 151 famili memiliki hanya satu genus dan jumlah spesies secara keseluruhan 587. Astroblepidae hanya memiliki 1 genus dan 54 spesies.

Tabel 2. Distribusi jumlah spesies ikan berdasarkan ordo, famili, dan genera (Nelson, 2006)

No	Ordo	Famili	Genera	Spesies	Spesies air tawar
1	Acipenseriformes	2	6	27	14
2	Albuliformes	3	8	30	0
3	Amiiformes	1	1	1	1
4	Anguilliformes	15	141	791	6
5	Argentiniformes	6	57	202	0
6	Ateleopodiformes	1	4	12	0
7	Atheriniformes	6	48	312	210
8	Aulopiformes	15	44	236	0
9	Batrachoidiformes	1	22	78	6
10	Beloniformes	5	36	227	98
11	Beryciformes	7	29	144	0
12	Carcharhiniformes	8	49	224	1
13	Ceratodontiformes	3	3	6	6
14	Characiformes	18	270	1.674	1.674
15	Chimaeriformes	3	6	33	0
16	Clupeiformes	5	84	364	79
17	Coelacanthiformes	1	1	2	0
18	Cypriniformes	6	321	3.268	3.268
19	Cyprinodontiformes	10	109	1.013	996
20	Echinorhiniformes	1	1	2	0
21	Elopiformes	2	2	8	0
22	Esociformes	2	4	10	10
23	Gadiformes	9	75	555	1
24	Gasterosteiformes	11	71	278	21
25	Gonorynchiformes	4	7	37	31
26	Gymnotiformes	5	30	134	134
27	Heterodontiformes	1	1	8	0
28	Hexanchiformes	2	4	5	0
29	Hiodontiformes	1	1	2	2
30	Lamniformes	7	10	15	0
31	Lampriformes	7	12	21	0
32	Lepisosteiformes	1	2	7	6
33	Lophiiformes	18	66	313	0

34	Mugiliformes	1	17	72	1
35	Myctophiformes	2	35	246	0
36	Myliobatiformes	10	27	183	23
37	Myxiniformes	1	7	70	0
38	Ophidiiformes	5	100	385	5
39	Orectolobiformes	7	14	32	0
40	Osmeriformes	3	22	88	82
41	Osteoglossiformes	4	28	218	218
42	Perciformes	160	1.539	10.033	2.040
43	Percopsiformes	3	7	9	9
44	Petromyzontiformes	3	10	38	29
45	Pleuronectiformes	14	134	678	10
46	Polymixiiformes	1	1	10	0
47	Polypteriformes	1	2	16	16
48	Pristiformes	1	2	7	0
49	Pristiophoriformes	1	2	5	0
50	Rajiformes	4	32	285	0
51	Saccopharyngiformes	4	5	28	0
52	Salmoniformes	1	11	66	45
53	Scorpaeniformes	26	279	1.477	60
54	Siluriformes	35	446	2.867	2.740
55	Squaliformes	6	24	97	0
56	Squatiniiformes	1	1	15	0
57	Stephanoberyciformes	9	28	75	0
58	Stomiiformes	5	53	391	0
59	Synbranchiiformes	3	15	99	96
60	Tetraodontiformes	9	101	357	14
61	Torpediniformes	2	11	59	0
62	Zeiformes	6	16	32	0
Jumlah		515	4.494	27.977	11.952

Sumber: Omar (2012)

Sementara jumlah spesies ikan yang mendiami perairan Indonesia diperkirakan lebih dari 6.000 spesies (Omar, 2012). Menurut Alamsjah (1974) berdasarkan hasil penelitian Wallace (dalam karya taksonomi Pieter Bleker (10 Juli 1819 – 24 Januari 1878) yang dibukukan oleh Max Weber dan L. F. De Beaufort, serta hasil penelitian zoogeografi Molengraaff dan Max Weber, daerah distribusi ikan-ikan di Indonesia dapat dibedakan sebagai berikut:

(a) Ikan-ikan daerah Paparan Sunda (*Sundaplat, Sunda Shelf*).

Paparan Sunda merupakan bagian dari Benua Asia pada jaman dahulu. Hal ini menyebabkan ikan-ikan yang terdapat di Sumatera, Jawa, Bali, dan Kalimantan sangat mirip dengan ikan-ikan yang berasal dari daerah-daerah di daratan Asia bagian tenggara. Ikan air tawar yang terdapat di rawa-rawa, sungai-sungai, dan danau-danau, di pulau-pulau tersebut, kira-kira sebanyak 500 spesies. Pada umumnya perairan di pulau-pulau tersebut dihuni oleh jenis-jenis ikan karnivor dan omnivor, serta hanya sedikit sekali ikan herbivor.

Contoh ikan-ikan yang menghuni daerah perairan dataran rendah adalah: lais (*Kryptopterus* spp), gabus (*Channa* spp), jambal (*Wallago* sp), patin (*Pangasius* spp) dan belida (*Notopterus* spp). Perairan sungai dataran rendah antara lain dihuni oleh: nilam (*Osteochillus* spp), jelawat (*Leptobarbus* spp), dan hampal (*Hampala* spp). Sebaliknya, ikan-ikan penghuni daerah rawa-rawa antara lain: sepat (*Trichogaster* spp), tambakan (*Helostoma* spp), dan betok (*Anabas* spp). Ikan-ikan yang mendiami sungai-sungai dan danau-danau di daerah dataran tinggi (ketinggian di atas 500 m) antara lain adalah ikan arengan (*Labeo* spp) dan ikan sangkareng (*Labeobarbus* spp), namun ikan-ikan ini tidak suka hidup bersama dengan jenis-jenis ikan lainnya.

(b) Ikan-ikan daerah Wallacea.

Daerah Wallacea meliputi daerah Nusa Tenggara dan Sulawesi. Spesies ikan air tawar tidak terlalu banyak dan juga tidak terdapat ikan-ikan herbivor dan ikan-ikan pemakan epifit (famili Cyprinidae), demikian juga ikan-ikan karnivor dari famili Siluridae. Daerah ini didominasi oleh jenis sidat (*Anguilla* spp), jenis betok (*Anabas* spp), dan dua jenis beloso (famili Eleotridae).

(c) Ikan-ikan daerah Paparan Sahul (*Sahulplat*, *Sahul Shelf*).

Spesies ikan belum banyak diketahui karena belum begitu banyak penelitian yang dilakukan di daerah ini. Spesies ikan yang diketahui di daerah ini berdasarkan hasil penelitian Hardenberg pada tahun 1950, dan hanya terbatas pada daerah pesisir Papua, sebagian besar termasuk dalam famili Gobiidae dan Siluridae.

Walaupun berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut di atas diketahui bahwa ketiga daerah tersebut masing-masing mempunyai penghuni yang khas, akan tetapi pemasukan ikan dari satu daerah ke daerah yang lain dapat saja terjadi. Hal ini terjadi karena adanya campur tangan manusia atau faktor distribusi lainnya (Omar, 2012).

Ikan dapat hidup pada berbagai bentuk perairan. Kehadiran suatu populasi ikan di suatu tempat dan penyebaran (distribusi) spesies ikan tersebut di muka bumi ini, selalu berkaitan dengan masalah habitat dan sumber dayanya. Keberhasilan populasi tersebut untuk dapat hidup dan bertahan pada habitat tertentu, tidak terlepas dari penyesuaian atau adaptasi yang dimiliki anggota populasi tersebut. Perairan merupakan habitat bagi ikan dalam proses pembentukan struktur tubuh ikan, proses pernapasan, pergerakan, makan, reproduksi, ruaya, dan sebagainya (Burhanuddin, 2008).

Tabel 3. Distribusi sumber daya air di bumi menurut perkiraan Sokolov (1967)

Lokasi	Luas permukaan (km ²)	Volume air (km ³)	Jeluk air (m)	Persentase air total (%)
Samudera (Lautan)	361.300.000	1.338.000.000	3.700	96,5
Air bawah permukaan (gravitasi dan kapiler)	134.800.000	23.400.000	174	1,7
Air bawah permukaan, tawar terus-menerus	134.800.000	10.530.000	78	0,76
Lengas tanah	82.000.000	16.500	0,2	0,001
Glester dan penutupan salju permanen	16.227.500	24.064.500	1.463	1,74
• Antarktika	13.980.000	21.600.000	1.546	1,56
• Greenland	1.802.400	2.340.000	1.298	0,17
• Kepulauan Arctic	226.100	83.500	369	0,006
• Pegunungan	224.000	40.600	181	0,003
Es tanah dalam permafrost	21.000.000	300.000	14	1,74
Air danau	2.058.700	176.400	85,7	0,013
• Tawar	1.236.400	91.000	73,6	0,013
• Asin	822.300	85.400	103,8	0,007
Air rawa	2.682.600	11.470	4,28	0,0008
Saluran sungai	148.800.000	2.120	0,014	0,0002
Air biologis	510.000.000	1.120	0,002	0,0001
Air atmosfer	510.000.000	12.900	0,025	0,001
Cadangan air keseluruhan	510.000.000	1.385.984.610	2.718	100
Cadangan air tawar	148.000.000	35.029.210	235	2,53

Sumber: Sokolov (1976) dalam Seyhan (1990)

Keterangan : ditambah air bawah permukaan di Antarktika yang diperkirakan 2 juta km kubik, termasuk sekitar 1 juta km kubik air tawar

Sebagaimana diketahui bahwa 70 % permukaan bumi ditutupi oleh air, di mana air laut atau laut merupakan jumlah terbesar, yaitu lebih dari 95 persen. A. A. Sokolov (1976) memperkirakan cadangan air keseluruhan di bumi sebanyak 1,385 milyar km³ (kubik) (Tabel 3), di mana sebanyak 96,5 persen atau 1,338 milyar merupakan air laut, dan sisanya sebanyak 3,5 persen atau 479 juta km³ adalah air sungai, danau, air rawa, air es, air di bawah permukaan tanah, air di atmosfer, dan lain-lain. Ahli lain, yaitu Speindel & Agnew (1988) memperkirakan volume air di bumi sebesar 1,420 milyar km³, di mana sebanyak 1,350 atau

95,1 persen merupakan air laut (Tabel 4). Sedangkan Strahler (1975) menyebutkan bahwa sebanyak 97,2 persen air di permukaan bumi merupakan air laut, sisanya sebanyak 2,8 persen terdiri dari air sungai, danau, air bawah, dan lain-lain.

Tabel 4. Distribusi sumber daya air di bumi menurut perkiraan Speindel & Agnew (1988)

Lokasi	Volume (x 1000 km ³)
Volume air total di bumi	1.420.240
Air asin (95,1 %)	1.350.103
• Lautan lepas	1.350.000
• Laut yang terlingkupi daratan (misal : Caspia)	103
Air segar (4,9 %)	70.137
• Air tanah	48.000
• Tudung es atau glistier	22.000
• Uap air tanah	49,7
• Air pada tanaman dan binatang	7,1
Air segar pada permukaan bumi (0,01 %)	
• Danau	67,1
• Atmosfer	12,1
• Sungai-sungai	147

Sumber: Speindel dan Agnew (1988)

Di berbagai perairan itulah ikan-ikan hidup dan menyesuaikan diri. Ikan dapat hidup di danau tertinggi di dunia dari permukaan laut, yaitu Danau Titicaca, Amerika Selatan (3.812 m) dan pada kedalaman 7.000 m di bawah permukaan laut. Ikan juga dapat ditemui pada gua yang sangat gelap seperti ditemukan di Tibet, China dan India hingga pada daerah yang berarus kuat (Burhanuddin, 2008).

Ikan *Abyssobrotula galathea* ditemukan di Puerto Rico Trench di kedalaman 8.372 m, sedangkan *Triplophysa stoliczkai* dapat di ketinggian 5.200 m di Gunung Himalaya. Ikan *Cyprinodon* spp di Nevada (*Cyprinodon nevadensis shoshone*, *Cyprinodon nevadensis pectoralis*, *Cyprinodon nevadensis calidae*, *Cyprinodon nevadensis mionectes*, *Cyprinodon nevadensis nevadensis*, dan *Cyprinodon nevadensis amargosae* dapat hidup pada suhu melebihi 44,6 °C. Ikan *Lucifuga* spp (*Lucifuga dentata*, *Lucifuga subterranea*, *Lucifuga teresinarum*) di Kuba dan Bahama yang ditemukan di gua-gua karst mampu hidup mulai dari perairan tawar hingga pada perairan dengan kisaran salinitas yang tinggi. Ikan *Thermichthys hollisi* ditemukan hidup di daerah sekitar *hydrothermal vent* di Galapagos Rift (Omar, 2012).

Tahun 1997, Mark Erdmann, ahli Konservasi Kelautan dari University of California Berkeley menemukan ikan Coelacanth (Latimeriidae) di perairan Manado, Sulawesi Utara. Penemuan ini menggemparkan peneliti bidang taksonomi dunia karena kelompok ikan yang muncul dalam kehidupan sejak 400 juta ini ditemukan dalam bentuk fosil dan tidak ditemukan lagi sejak akhir masa Cretaceous atau sekitar 60 juta tahun yang lalu. Sebelumnya para ahli menduga bahwa ikan *coelacanth* (*Latimeria chalumnae*) yang merupakan fosil hidup ini hanya ada di perairan di Afrika Selatan, Mozambik, Madagaskar, dan di Kepulauan Comoro.



Gambar 7. Bandeng (*Chanos chanos*), salah satu ikan euryhaline

Coelacanth diketahui berkerabat dengan ikan paru (*lungfish*), salah satu nenek moyang vertebrata darat di bumi. Coelacanth merupakan ikan besar (1-2 meter), dengan sirip-sirip yang membulat dan sisik-sisik yang khas (*cosmoid*) yang relatif tipis, dan umumnya hanya ditemukan pada ikan-ikan purba yang telah punah. Sirip bagian pinggang (*pectoral fins*) dan bagian bawah (*anal fin*)-nya tumbuh pada tangkai yang berdaging yang ditunjang oleh tulang belulang. Sirip ekor (*tail fin*)-nya terbagi atas tiga lembar, dan bagian tengah sirip ekor tersebut merupakan lanjutan notokordia. Coelacanth juga memiliki organ panca indra sinyal elektrik yang disebut organ *roseteral* pada bagian muka tengkoraknya. Organ ini tampaknya berguna untuk mendeteksi pakan dan mangsa seperti cumi-cumi, sotong, dan hiu-hiu kecil. Coelacanth juga memiliki reproduksi tidak lazim pada kelas ikan pada umumnya, yaitu melahirkan anak (Indrawan *et al.*, 2007).

Coelacanth di Perairan Manado hidup di perairan Pulau Manado Tua, di utara pesisir Sulawesi Utara. Karena ukurannya yang besar, masyarakat di sekitar Manado Tua mengenal ikan ini sebagai Raja Laut. Ikan Coelacanth di Perairan Manado kemudian diberi nama ilmiah *Latimeria menadoensis*. Berdasarkan tes DNA, populasi Coelacanth di Sulawesi Utara berbeda dengan spesies yang ada di Afrika. Dengan demikian, kedua spesies *Latimeria* ini merupakan sisa dari kelompok yang pada jaman purba di bumi sangat beragam spesiesnya, dan hampir seluruhnya punah pada akhir masa Cretaceous, lebih dari 60 juta tahun lampau (Indrawan *et al.*, 2007).

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan mujair (*Oreochromis mossambicus*) adalah ikan air tawar yang bersifat *euryhaline* atau toleran terhadap kisaran salinitas yang luas. Nila dapat hidup pada kisaran salinitas antara 0-35 ppt (*part per thousand*). Namun, salinitas yang memungkinkan nila tumbuh optimal adalah 0-30 ppt. Pada salinitas 31-35 ppt nila masih hidup, tetapi pertumbuhannya lambat.

Sedangkan kakap putih (*Lates calcalifer*) dan bandeng (*Chanos chanos*) adalah ikan laut yang bersifat *euryhaline*. Kakap putih dapat hidup pada perairan laut bersalinitas hingga 35 ppt, namun ikan ini juga dapat masuk ke sungai air tawar, sehingga dapat dipelihara di kolam air tawar. Pernah dilaporkan, bahwa kakap putih ditemukan di Sungai Bengawan Solo sampai sejauh 200 km dari pantai (Nontji, 1987). Di sungai Kattiong, Langnga, Pinrang, Sulawesi Selatan, pernah dijala seekor kakap putih berukuran panjang 107 cm dan berat 40 kg.

Bandeng adalah ikan laut petualang yang hidup di berbagai kisaran salinitas antara 0-140 ppt. Karena itu bandeng juga dapat dipelihara di air tawar. Di Indonesia, upaya pengendalian fitoplankton di danau/waduk telah dilakukan di Waduk Jatiluhur, Cirata, dan Saguling dengan menebar ikan bandeng. Di Waduk Jatiluhur, penebaran bandeng tahun 2009 telah menampakkan hasil. Selain produksi perikanan tangkap di Waduk Jatiluhur mengalami peningkatan dengan tertangkapnya ikan bandeng, kualitas air di waduk pun mengalami perbaikan. Salah satu indikatornya, kandungan oksigen terlarut. Pada tahun 2007, kandungan oksigen terlarut sebesar 2,84 mg/l menjadi 3,56 mg/l pada akhir tahun 2009.

Beberapa ikan mampu bernapas dengan mengambil oksigen langsung di udara. Ikan-ikan ini hidup di perairan dataran rendah seperti rawa dan muara sungai, yang umumnya bersuhu tinggi, air relatif tergenang, dan mengandung bahan organik. Miskinnya oksigen di perairan tersebut diakibatkan dari adanya penguraian bahan organik oleh bakteri yang menggunakan banyak oksigen di satu sisi dan rendahnya kelarutan oleh karena tingginya suhu di sisi lain, di samping kurang terjadi pengadukan sebab airnya relatif diam tak bergerak. Salah satu upaya untuk mengatasi kondisi ini ikan menggunakan organ pernapasan udara. Beberapa jenis organ bersifat fakultatif, hanya sebagai tambahan bilamana diperlukan. Jenis lain bersifat keharusan, sehingga bila tidak ada akses ke permukaan air dapat membahayakan ikan. Organ tersebut dapat berupa arboresen yang terdapat pada bagian rongga bukokfaring dan branchi, dinding lambung atau usus, dan gelembung renang. Selain itu, ada pula organ khusus dalam respirasi tersebut seperti paru-paru, divertikula tekak atau insang, dan insang tambahan. Pengelompokan organ

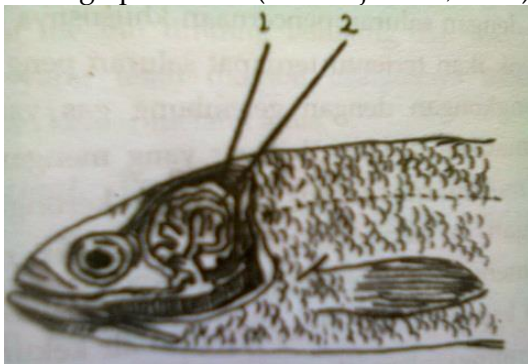
pernapasan udara biasanya dikaitkan dengan bagian dari saluran pencernaan, yaitu organ brankial, tekak, kerongkongan, dan organ intestinal. Selain itu, pernapasan udara dapat dilakukan melalui kulit (Rahardjo *et al.*, 2011). Tabel 5 disajikan jenis ikan yang mempunyai organ pernapasan udara.

Tabel 5. Jenis ikan dan organ pernapasan udara

Ikan	Organ pernapasan	Habitat
<i>Neoceratodus</i>	Paru-paru	Sungai
<i>Protopterus</i>	Paru-paru	sungai
<i>Polypterus</i>	Kantung udara	Air tawar
<i>Arapaima</i>	Gelembung gas	Air tawar
<i>Notopterus</i>	Gelembung gas	Air tawar
<i>Anguilla</i>	Kulit	Sungai, estuari
<i>Pangasius</i>	Gelembung gas	Air tawar
<i>Clarias</i>	Arboresen	Rawa
<i>Saccobranchus</i>	Kantung udara suprabrankial	Rawa
<i>Synbranchus</i>	Ruang suprabrankial	Rawa
<i>Monopterus</i>	Ruang suprabrankial	Rawa
<i>Periophthalmus</i>	Kulit	Estuari
<i>Anabas</i>	Labirin	Rawa
<i>Trichogster</i>	Labirin	Air tawar
<i>Osphronemus</i>	Labirin	Air tawar

Sumber: Helfman *et al.*, (1997) dalam Rahardjo *et al.* (2011)

Karena mampu mengambil oksigen langsung dari udara, ikan-ikan tersebut dapat bertahan hidup di darat tanpa air atau di dalam lumpur. Ikan betok (*Anabas testudineus*) dapat hidup di darat tanpa air lebih dari 12 jam. Ketika musim kemarau, betok mengubur diri di dalam lumpur yang masih mengandung air sekitar 2 bulan. Betok adalah ikan air tawar yang memiliki alat pernapasan tambahan yang disebut labirin (*labyrinth*). Organ ini berbentuk seperti bunga mawar yang terletak di belakang rongga insang. Lubang ke labirin terletak pada celah insang pertama. Udara yang ditelan melalui mulut masuk ke tekak dan melalui lubang ini sampai ke labirin. Di sini oksigen yang terkandung dalam udara masuk secara difusi, dan selanjutnya udara yang telah diambil oksigennya dikeluarkan secara langsung melalui rongga insang dan lubang operkulum (Rahardjo *et al.*, 2011).



Gambar 8. Organ labirin pada ikan betok (Rahardjo *et al.*, 2011)

Keterangan : 1 = rongga supra brankial; 2 = organ labirin

Ikan berparu-paru di Afrika yang hidup di sungai-sungai kecil yang pada musim kemarau menjadi kering untuk waktu yang cukup lama, ikan-ikan masuk ke dalam lumpur dan kulitnya mengeluarkan semacam lendir yang jika bercampur dengan lumpur menjadi padat merupakan sebuah kokon yang keras. Jika hujan sudah mulai turun, kokon akan hancur oleh genangan air dan ikannya akan bebas hidup seperti semula (Djuhanda, 1981).

Di Indonesia, beberapa ikan laut dalam yang telah ditemukan yaitu *Melanocetus johnsonii* yang tertangkap di Laut Banda pada kedalaman 4.000 m, *Halicmetus reticulatus* yang tertangkap pada kedalaman 614 m di perairan sebelah barat Pulau Sumatera, *Linophryne indica* tertangkap pada kedalaman 4.000 m di Laut

Sulawesi, dan *Holcomycteropus profundissinus* yang ditangkap di Palung Jawa pada kedalaman 5.000-7.160 m (Nontji, 1987; Omar, 2012).

Ikan *Melanocetus johnsonii* yang tertangkap di Laut Banda pada kedalaman 4.000 m dan Laut Sulawesi pada kedalaman 3.000 m adalah ikan laut dalam yang bentuknya menyeramkan. Kepala dan mulutnya merupakan bagian yang terbesar dari seluruh tubuhnya. Mulutnya menghadap ke atas dengan gigi-gigi yang panjang. Di bagian atas kepalanya terdapat organ memanjang dengan pentolan yang membesar mengandung organ bercahaya. Jadi tampaknya seperti alat pancing yang berfungsi sebagai umpan yang akan menarik hewan lain yang menjadi mangsanya (Nontji, 1987).

Ikan dari marga *Typhlonous* yang tertangkap di Laut Sulawesi pada kedalaman 5.400 m. Ikan ini bentuknya aneh. Kepalanya membulat besar tetapi lunak, matanya tidak ada, dan mulutnya yang berbentuk tapal kuda dapat disodokkan keluar seperti sekop ke dalam lumpur di dasar laut bila mencari makan (Nontji, 1987).

Berdasarkan jenis perairannya, ikan dikelompokkan menjadi ikan air tawar (*freshwater*) dan ikan air asin (*saltwater*). Meskipun komposisi air tawar, terutama sungai dan danau, hanya 0,001 % dari jumlah air di bumi, hampir 40 % jenis ikan ditemukan di air tawar. Sebagian besar ikan ditemukan di laut. Sekitar 2-3 % jenis ikan ditemukan di air payau (Burhanuddin, 2008).

A. LAUT

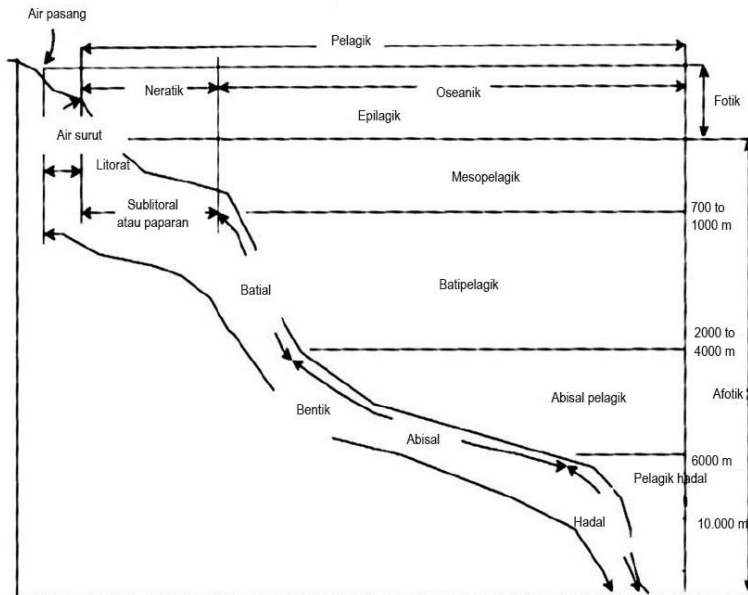
Laut menutupi lebih dari dua pertiga atau sekitar 71 persen permukaan bumi. Luas keseluruhan wilayah laut yang menutupi bumi adalah $3,61 \times 10^8$ km², dengan kedalaman rata-rata 3.800 m dan menyediakan sekitar 97 persen dari keseluruhan ruang kehidupan di bumi. Karena di seluruh volume air yang besar ini terdapat kehidupan, maka lautan merupakan satu-satunya tempat kumpulan organisme yang sangat besar di planet bumi (Nybakken, 1988; Burhanuddin, 2011).

Secara umum zonasi, mintakat, atau pewilayahan laut dibagi atas dasar pembagian secara vertikal dan horisontal. Di samping itu, pewilayahan laut dapat dibagi menjadi daerah permukaan (*pelagis*) dan daerah dasar (*bentik*). Secara horisontal, laut dapat dibagi menjadi dua yaitu laut pesisir (*zona neritik*) yang meliputi daerah paparan benua, dan laut lepas (lautan atau *zona oseanik*). Zonasi perairan laut dapat pula dilakukan atas dasar faktor-faktor fisik dan penyebaran komunitas biotanya. Seluruh perairan laut terbuka disebut sebagai daerah *pelagis*. Organisme *pelagis* adalah organisme yang hidup di laut terbuka dan lepas dari dasar laut. Sedangkan, zona dasar laut beserta organismenya disebut daerah dan organisme *bentik* (Dahuri *et al.* 2001).

Pembagian wilayah laut secara vertikal dilakukan berdasarkan intensitas cahaya matahari yang memasuki kolom perairan, yaitu zona fotik atau eufotik dan zona afotik (Tabel 6). Zona fotik adalah bagian kolom perairan laut yang masih mendapatkan cahaya matahari. Pada zona inilah proses fotosintesis serta berbagai macam proses fisik, kimia, dan biologi berlangsung yang antara lain dapat memengaruhi distribusi unsur hara dalam perairan laut, penyerapan gas-gas dari atmosfer, dan pertukaran gas yang dapat menyediakan oksigen bagi organisme nabati laut. Zona ini disebut juga zona *epipelagis* yang merupakan daerah tempat berlangsungnya proses produksi primer di lautan. Pada umumnya batas zona fotik tergantung pada batas kedalaman tembus cahaya dan biasanya bervariasi berdasarkan tingkat kejernihan air, antara 100-150 m.

Sebaliknya zona afotik adalah zona yang tidak dapat ditembus cahaya matahari (selalu dalam kegelapan), yang terletak di bawah zona fotik. Secara vertikal zona afotik pada kawasan *pelagis* dibagi menjadi beberapa zona yaitu: (a) zona *mesopelagis* yang merupakan bagian teratas dari zona afotik sampai kedalaman 700-1.000 m atau hingga isoterm 10 °C; (b) zona *batipelagis* terletak pada daerah yang memiliki

suhu berkisar antara $10^{\circ} - 4^{\circ} \text{C}$ dengan kedalaman antara 700-1.000 m dan 2.000-4.000 m; (c) zona *abisal pelagis*, terletak di atas dataran pasang surut laut sampai kedalaman 6.000 m; (d) zona *hadal pelagis* yang merupakan perairan terbuka dari palung laut dalam dengan kedalaman 6.000-10.000 m (Nybakken, 1988). Sehubungan dengan zona afotik (batipelagis, abisal pelagis, dan hadal pelagis), zona vertikal dasar atau bentik dibagi atas zona batial, abisal, dan hadal. Zona batial adalah daerah dasar yang mencakup lereng benua hingga mencapai kedalaman 4.000 m. Zona abisal termasuk dataran abisal yang luasnya berada pada kedalaman 4.000-6.000 m. Zona hadal adalah zona bentuk dan palung lautan dengan kedalaman antara 6.000-1.000 m.



Gambar 9. Zonasi wilayah pesisir dan lautan secara horisontal dan vertikal (Nybakken, 1988; Dahuri *et al.*, 2001)

Tabel 6. Zona laut

Cahaya	Zona Pelagik	Kedalaman (m)	Zona Bentik	Kedalaman (m)
Ada cahaya (fotik)	Epipelagik atau eufotik	0-200	Paparan benua atau sublitoral	0-200
Tidak ada cahaya (afotik)	Mesopelagik	200-1.000	Batial	200-4.000
	Batipelagik	1.000-4.000	Abisal	4.000-6.000
	Abisal pelagik	4.000-6.000	Hadal	6.000-10.000
	Hadal pelagik	6.000-10.000		

Sumber: Hedgpeth (1957).

Zona bentik di bawah zona neritik pada paparan benua disebut *sublitoral* atau zona *paparan*. Zona ini dihuni oleh berbagai organisme dan terdiri dari berbagai komunitas, seperti padang lamun, rumput laut, dan terumbu karang. Daerah pantai yang terletak di antara pasang tertinggi dan surut terendah disebut zona *intertidal* atau *litoral*. Zona litoral merupakan daerah peralihan antara kondisi lautan ke kondisi daratan (*ecoton*) sehingga berbagai macam organisme terdapat dalam zona ini.

Secara umum, laut dibagi ke dalam dua zona atau wilayah. *Pertama*, zona terang dan mengandung oksigen yang cukup karena ditembus radiasi matahari. Zona ini mencapai kedalaman antara 100-150 m tergantung tingkat kejernihan air yang memungkinkan cahaya matahari mencapainya. *Kedua*, zona gelap karena tidak dapat ditembus cahaya matahari. Kedalaman zona ini mulai dari > 100 m hingga pada kedalaman dasar laut yang paling dalam. Di beberapa perairan cahaya matahari masih menembus hingga 150 m karena perairan yang jernih.

Keberadaan matahari bagi kehidupan di planet bumi tidak hanya untuk di daratan, tetapi juga di lautan. Kehidupan biota akuatik di lautan sangat bergantung pada radiasi matahari. Karena radiasi matahari hanya mencapai pada kedalaman hingga 100-150 m, maka biota akuatik pun melimpah pada zona-zona

yang berada pada kedalaman tersebut. Pada kedalaman tersebut proses fotosintesis berlangsung karena radiasi matahari.

1. Zona Pelagik

Zona pelagik atau pelagis dibagi secara horisontal dan vertikal. Secara horisontal, zona pelagik dibagi ke dalam zona neritik (perairan pantai) dan zona oseanik (perairan laut terbuka). Sedangkan secara vertikal zona pelagik dibagi ke dalam zona epipelagik, mesopelagik, batipelagik, dan abisopelagik.



Gambar 10. Kambing lelaki (*Rastrelliger kanagurta*), contoh ikan pelagis.

Ikan yang hidup di lingkungan laut tetapi tidak hidup di dasar laut dinamakan ikan pelagik atau ikan pelagis, sedangkan lingkungan hidup di mana ikan ini hidup dinamakan lingkungan pelagis. Lingkungan pelagis mencakup perairan laut mulai dari permukaan dasar laut sampai muka laut yang meluas dari garis pantai sampai wilayah laut terdalam.

Ikan laut yang hidup di lingkungan pelagis mempunyai warna khas, yakni biru keabuan pada bagian punggung dan putih keperakan pada bagian perut, seperti pada ikan kambing lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) di atas (Gambar 10). Ini merupakan salah bentuk adaptasi warna pada ikan-ikan pelagis dengan lingkungan hidupnya. Jika pemangsa berada di permukaan, sedangkan ikan pelagis berada di bawah pemangsa, maka pemangsa hampir tidak dapat melihatnya, atau tidak dapat membedakan antara warna biru air laut dengan punggung ikan tersebut. Sebaliknya jika pemangsa berada di bagian bawah, dan cahaya matahari yang menembus ke perairan, maka pemangsa sulit membedakan ikan yang berada di bagian atas, karena warna di permukaan dikiranya sebagai warna cahaya matahari.

Ikan pelagis mulai dari berukuran kecil, seperti ikan teri (*Stolephorus* sp) hingga yang berukuran besar seperti hiu atau cucut. Beberapa spesies ikan pelagis merupakan ikan yang hidup bergerombol dalam kelompok (*schooling*) yang sangat besar, seperti teri (*Stolephorus* sp), tembang (*Sardinella*), layang (*Decapterus*), selar (*Selar*), kuwe (*Caranx*), kambing (*Rastrelliger*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), dan tuna (*Thunnus*).

a. Zona Neritik

Zona neritik atau perairan pantai merupakan wilayah yang banyak mengandung unsur hara, karena pengaruh dari daratan. Sifat fisika dan kimiawi zona neritik juga berubah-ubah dalam ruang dan waktu yang berbeda. Hal ini karena dekatnya zona neritik dengan daratan.

Zona neritik mendapatkan limpahan air tawar dari daratan, terutama pada sungai-sungai besar, sehingga salinitas di zona neritik lebih rendah dari zona oseanik. Di zona neritik ini terdapat beberapa ekosistem penting, yaitu ekosistem mangrove, padang lamun, dan terumbu karang.

Ciri khas di zona neritik adalah keberadaan ikan-ikan dari famili Clupeidae. Kelompok-kelompok ikan lainnya yang dapat ditemukan di zona ini adalah Sphyraenidae, Scombridae, Belonidae, Stromateidae, Lutjanidae, Pomadasyidae, Sparidae, ikan cucut, ikan sidat (*Anguilla*), ikan tuna (*Thunnus*), ikan kerapu (*Epinephelus*), ikan layar (*Istiophorus*), ikan bulan-bulan (*Megalops*), ikan setuhuk hitam (*Makaira*), *Cynoscion*, *Paralabrax*, dan *Pomatomus* (Omar, 2012).

b. Zona Oseanik

Zona oseanik biasanya dibagi menjadi empat zona. Masing-masing zona dianggap sebagai lingkungan perairan dan luas wilayahnya sebagai suatu zona. Keempat zona tersebut adalah epipelagik, mesopelagik, batipelagik, dan abisopelagik (Romimohtarto & Juwana, 2001). *Zona epipelagik* atau zona oseanik atas yang meluas dari permukaan laut sampai kedalaman 200 m. Zona epipelagik bertepatan dengan zona fotik atau eufotik, yakni wilayah yang ditembus cahaya matahari yang efektif untuk fotosintesis. Zona epipelagik tersebut meluas ke perairan neritik karenanya zona tersebut juga merupakan bagian dari perairan neritik. Di beberapa daerah, terutama di paparan benua, radiasi cahaya matahari jauh berkurang daripada di lapisan yang sama dari perairan oseanik, karena tingginya kandungan sedimen tersuspensi di paparan benua.

Zona epipelagik dibagi menjadi tiga bagian, yakni: (1) Zona pada dan dekat permukaan yang merupakan wilayah terjadinya penyinaran di siang hari di atas optimal atau bahkan letal bagi fitoplankton. Penyinaran ini juga terlalu tinggi bagi zooplankton. (2) Di bawah zona ini terdapat zona yang dinamakan zona bawah-permukaan, tempat terjadinya pertumbuhan yang aktif sampai perairan yang agak dalam, di mana fitoplankton yang tidak berbiak aktif masih berlimpah. (3) Zona terbawah lapisan perairan, tempat zooplankton yang biasa bermigrasi ke permukaan pada malam hari, berada pada siang hari.

Pada zona epipelagik juga dihuni oleh ikan-ikan yang juga merupakan penghuni zona neritik, seperti ikan cucut, sidat (*Anguilla*), ikan layar (*Istiophorus*), ikan setuhuk hitam (*Makaira*), *Pomatomus*, Stromateidae, dan kelompok ikan tuna (Scombridae). Juga ditemukan ikan terbang (Exocoetidae), pari manta (Mobulidae), julung julung (Hemiramphidae), ikan lentera (Myctophidae), kebeku (*Mola mola*), *Coryphaena*, *Cyclothone*, *Tylosaurus*, *Louvaru*, dan *Stomias*. Ikan *Stomias* biasa tertangkap oleh trawl pada kedalaman 300 m pada siang hari, tetapi ikan-ikan ini beruaya di kedalaman 100-200 m pada malam hari.

Di zona epipelagik sering ditemukan benda-benda yang melayang-layang di dalam air. Material tersebut menjadi tempat berkumpulnya ikan-ikan, tidak saja bagi yang berukuran kecil untuk berlindung tetapi juga bagi ikan-ikan berukuran besar untuk mencari mangsa. Ikan *Nomeus* dan *Schedophilus* sering ditemukan berlindung di antara material tersebut, sedangkan ikan Scombridae merupakan pemangsa ikan-ikan berukuran kecil. Di daerah ini juga dapat ditemukan *Sargassum*, sejenis ganggang coklat yang bersifat pelagik, yang berasosiasi dengan sejumlah jenis ikan dan avertebrata. Jenis-jenis ikan yang sering ditemukan berasosiasi dengan *Sargassum* di antaranya adalah *sargassum fish* (*Histrio histrio*), *sargassum pipefish* (*Syngnathus pelagicus*), dan *sargassum triggerfish* (*Xanthichthys ringens*) (Omar, 2012).

Zona *mesopelagik* terletak di bawah zona epipelagik yang meluas sampai ke kedalaman 1.000 m. Jadi zona ini terletak antara 200 m dan 1.000 m. Lapisan perairan ini berada pada zona terjadinya perubahan suhu yang besar dan lokasi terjadinya termoklin. Karena letaknya di bawah zona fotik (cahaya) maka tidak terdapat kegiatan yang menghasilkan produksi primer. Zona ini terutama dihuni oleh konsumen primer (*primary consumer*) yang memanfaatkan detritus yang turun dari lapisan yang lebih dangkal.

Dapat dikatakan bahwa kehidupan di samudera hampir seluruhnya bergantung pada plankton dan produksi zat organik yang berasal dari fitoplankton. Berbagai lingkungan pelagik dapat dipisah-pisahkan dalam kaitannya dengan produktivitas fitoplankton. Zona atas adalah lapisan perairan, tempat terdapatnya kegiatan fotosintesis yang cukup aktif untuk menghasilkan oksigen, melebihi oksigen yang digunakan untuk pernapasan fitoplankton. Pada zona bawah terjadi hal sebaliknya dari zona atas, yakni produksi oksigen lebih rendah daripada yang dimanfaatkan. Tumbuh-tumbuhan dapat hidup di lapisan bawah ini, tetapi akan lebih banyak kehilangan zat organik yang dihasilkan daripada mendapatkannya. Meskipun produksi pangan terbatas pada zona atas dan produksi tertinggi terjadi pada lapisan lebih dangkal, tetapi hujan jasad fitoplankton yang mati ke lapisan yang lebih dalam menjadi sumber pangan di zona ini.

Zona mesopelagik merupakan batas atas zona afotik. Cahaya pada zona ini sudah sangat sedikit dan suhu perairan cenderung dingin, sekitar 10 °C, sehingga daerah ini dihuni oleh ikan-ikan yang dapat beradaptasi dengan keadaan gelap (*scotophilic animals*). Kebanyakan ikan-ikan mesopelagik memiliki mata yang berukuran besar, sisik berwarna perak, dan organ cahaya. Organ cahaya digunakan untuk komunikasi intraspesifik atau untuk kamuflase. Ikan-ikan yang hidup di daerah mesopelagik biasa melakukan ruaya naik ke permukaan dan turun kembali pada siang hari mengikuti pola migrasi makanannya (Copepoda dan Crustacea berukuran kecil), misalnya *Argyroteleus hemigymnus*, *Argyroteleus olfersii*, dan *Maurollicus muelleri*. Beberapa jenis ikan dari famili Myctophidae (*Electrona*, *Lampanyctus*) dan famili Gonostomatidae (*Bonapartia*) dapat melakukan ruaya vertikal sampai sejauh 400 m atau lebih. Sebaliknya ikan-ikan bukan peruaya (misalnya *Alepisaurus* dan *Chiasmodon*) memiliki rahang yang sangat besar untuk memakan mangsa-mangsa berukuran besar. Ikan penghuni zona mesopelagik yang lain di antaranya *Megachasma pelagios*, ikan sidat laut dalam (*Synaphobranchus*), anggota famili Stomiidae lainnya (*Stomias*, *Cyclothone*, dan *Chauliodus*), *Idiacanthus*, *Paralepis*, *Melamphaes*, dan *Xenodermichthys* (Omar, 2012).

Zona batipelagik meluas dari kedalaman 1.000 m sampai kedalaman 4.000 m atau sama dengan kedalaman dasar laut dalam. Makanan yang masuk ke zona batipelagik berasal dari daerah lapisan di atasnya yang turun secara gravitasi. Zona ini sangat dingin, suhu berkisar 2-4 °C pada kedalaman 2.000 m, tekanan sangat besar, sangat gelap karena sumber cahaya hanya berasal dari organ cahaya yang dimiliki oleh penghuninya. Biota yang hidup di daerah ini sudah sangat tereduksi baik jumlah maupun jenisnya. Ikan-ikan yang hidup di daerah ini memiliki otot dengan kandungan air yang sangat besar. Ikan *Melanocetus* memiliki otot dengan kandungan air yang mencapai 95 % dan pada ikan *Eurypharynx* mencapai 94 %. Selain itu, ikan-ikan di zona batipelagik tidak memiliki gelembung renang, jantungnya sangat kecil, otot merah sangat sedikit, dan hematokrit sekitar 8 % (bandingkan dengan ikan tuna yang memiliki hematokrit sampai 50 %).

Zona batipelagik dihuni sekitar 150 spesies ikan dan sekitar 100 spesies tergolong ordo Lophiiformes (anglerfishes), tetapi dari segi jumlah individu didominasi oleh *Cyclothone* (famili Gonostomatidae). Seperti anglerfishes, ikan *Cyclothone* jantan berukuran lebih kecil daripada yang betina. Beberapa spesies dari genus ini bersifat hermaphrodit protandri. Ikan-ikan lain yang merupakan penghuni daerah ini antara lain sidat laut dalam (*Cyema*), *Chiasmodon*, *Eurypharynx*, *Saccopharynx*, *Cetomimus*, *Linophryne*, Stomiidae (*Chauliodus* dan *Malacosteus*), Zeidae, dan Scorpaenidae (Omar, 2012)

Zona abisopelagik meluas ke bagian-bagian terdalam dari samudera atau mudahnya disebut zona palung (*trench*). Zona ini berada pada kedalaman 4.000 m hingga 6.000 m atau lebih. Biota laut yang hidup di zona ini mengalami kegelapan sepanjang masa, karena tidak ada cahaya, suhu dingin dan tekanan air yang tinggi. Zona ini merupakan lingkungan hidup yang paling sederhana, artinya perubahan faktor-faktor lingkungan sangat kecil di daerah ini. Di perairan abisal ini tidak ada cahaya, kecuali cahaya yang berasal dari hewan-hewan laut yang hidup di zona ini atau bioluminesensi (*bioluminescence*) atau biopendar cahaya. Di zona ini tidak terjadi fotosintesis dan tumbuh-tumbuhan yang hidup sangat sedikit atau tidak ada sama sekali.

Perubahan suhu, salinitas, dan kondisi-kondisi serupa tidak terjadi atau sangat sedikit. Kondisi ini terjadi hampir sama secara geografik. Misalnya, suhu, salinitas, dan kandungan oksigen perairan dasar zona abisopelagik di Samudera Atlantik hanya sedikit berbeda dengan perairan serupa di Samudera Pasifik. Padahal jarak antara keduanya sangat jauh dan keduanya mempunyai wilayah yang luas.

Di zona abisopelagik, kandungan karbondioksida (CO₂) dalam air sangat tinggi sehingga kapur (CaCO₃) mudah terlarut dalam air. Hal ini ditunjukkan oleh pembentukan cangkang dan kerangka kapur lemah di zona ini. Sebaliknya ketenangan air di zona ini mengurangi perlunya biota mempunyai kerangka yang

kuat untuk menopangnya. Tekanan air di zona abisopelagik sangat tinggi (berkisar 200 sampai 1.000 atm) sehingga hewan yang hidup di zona ini mengalami perubahan-perubahan morfologik dan fisiologik seperti lebih besarnya gelembung renang pada ikan agar ikan dapat mengambang di dalam air. Gelembung renang tersebut terperas oleh tekanan sehingga sedikit ruang untuk gas, akibatnya ikan sedikit lebih ringan daripada berat air di sekitarnya, karena ikan sulit mengapung. Untuk dapat mengapung, gelembung renang tersebut harus dikembangkan. Rendahnya suhu juga memperlambat berbagai reaksi kimiawi dan perubahan-perubahan gejala-gejala fisiologik lainnya.

Selain pengaruh tekanan, sifat khas terpenting dari zona ini adalah langkanya persediaan makanan. Sumber makanan di zona ini berasal dari lapisan atas yang berupa bangkai atau sisa-sisa berbagai biota laut yang mati dan yang tenggelam ke dasar laut. Makanan sisa ini pun tidak banyak, karena jasad-jasad yang mati yang menghujani dari atas harus menempuh jarak yang beratus-ratus hingga beribu-ribu meter, sehingga dalam perjalanannya ada yang sudah terurai dalam larut dalam air atau dimakan oleh biota yang lain. Karena makanan hanya bergantung pada lapisan atas, maka makanan menjadi faktor pembatas yang sangat kritikal bagi kehidupan biota di zona abisopelagik.

Ikan-ikan yang hidup di zona ini hampir buta atau tidak memiliki mata, memiliki bentuk seperti ikan sidat. Beberapa jenis ikan yang hidup di zona abisopelagik antara lain *Bathypterois oddi*, *Borophyrine*, *Cyema*, *Eurypharynx* dan *Melanocetus*. Ikan-ikan lainnya yang menghuni daerah ini berasal dari Anguilliformes, dan famili Chlorophthalmidae, Cyclopteridae, Macrouridae, Myxinidae, Ogocephalidae, Ophidiidae, dan Zoarcidae. Rekor ikan yang tertangkap dari daerah abisopelagik adalah ikan *Abyssobrotula galathea*, yang berasal dari kedalaman 8.372 m di perairan Puerto Rico Trench. Ikan ini buta, tubuh memanjang, dan memakan avertebrata bentik (Omar, 2012).

2. Zona Bantik

Zona bantik atau zona dasar adalah kawasan dasar laut. Ikan yang hidup di dasar laut dikenal sebagai ikan bantik atau ikan bentis. Lingkungan bantik dibagi menjadi beberapa zona, yaitu zona litoral, batial, abisal, dan hadal. Zona litoral atau intertidal adalah daerah pantai yang terletak di antara pasang tertinggi dan surut terendah. Zona batial adalah daerah dasar yang mencakup lereng benua ke bawah sampai kedalaman 4.000 m. Zona abisal termasuk dataran abisal yang luas pada kedalaman 4.000-6.000 m. Zona hadal adalah zona bantik dan palung lautan dengan kedalaman > 6.000 m.

Biota bantik yang hidup di zona ini antara lain makrofauna klas Polychaeta, Crustacea, Echinodermata, dan Mollusca. Sedangkan biota bantik berupa ikan yang hidup di zona ini sangat beragam, karena zona bantik, terutama zona litoral terdapat beberapa ekosistem penting, yaitu ekosistem estuarin, mangrove, terumbu karang, dan lamun.

a. Zona Litoral

Zona litoral atau zona intertidal adalah daerah pantai yang terletak di antara pasang tertinggi dan surut terendah. Berdasarkan perendaman dan pengeringan, zona litoral dibagi lagi menjadi tiga zona utama yang menghubungkan daratan dengan lautan, yaitu zona litoral, supra-litoral, dan sub-litoral. Zona supra-litoral adalah bentangan pantai di atas zona litoral. Zona ini dapat mengalami siraman air laut pada saat pasang. Zona sub-litoral adalah zona di bawah zona pasang-surut yang selalu terendam di bawah permukaan laut. Zona ini membentang bersamaan bertambahnya kedalaman laut sampai ke pinggir paparan benua, sehingga dikenal sebagai zona paparan. Luas zona litoral tergantung pada kelandaian daratan yang bersambung ke laut. Jika daratan ini berangsur-angsur melandai ke laut maka zona litoral menjadi luas.

Zona litoral adalah pantai yang terletak antara muka air tertinggi dari pasang-surut purnama (*Highest High Water Spring tides*, HHWS) ke arah daratan dan muka air terendah pasang-surut purnama (*Lowest Low*

Water Spring tides, LLWS) ke arah laut. Zona litoral dibagi-bagi menurut tingkat perendaman dan pengeringan oleh pasang-surut (Romimohtarto & Juwana, 2001), sebagai berikut:

- (a) *Mean High Water Springs* (MHWS) atau air pasang rata-rata pada pasang-surut purnama, yang berarti tinggi rata-rata dari air pasang pada pasang-surut purnama untuk jangka waktu lama. Daerah ini akan terendam di banyak kesempatan pada pasang-surut purnama.
- (b) *Mean High Water Neaps* (MHWN) atau air pasang rata-rata pada pasang-surut bulan setengah, yakni tinggi rata-rata air pasang pada pasang-surut bulan setengah untuk jangka waktu lama. Daerah ini akan mengalami perendaman pada banyak kesempatan pada pasang-surut tersebut.
- (c) *Mean Tide Level* (MTL) atau permukaan pasang-surut rata-rata, yakni rata-rata dari air pasang rata-rata dan air surut rata-rata untuk jangka waktu lama.
- (d) *Highest Low Water Neaps* (HLWN) atau air surut tertinggi pada pasang-surut bulan setengah, yakni permukaan air tertinggi dari air surut pada pasang-surut bulan setengah dalam waktu lama. Ini adalah garis air terendah dari zona litoral yang akan mengalami pengeringan pada setiap air surut pasang-surut sepanjang tahun.
- (e) *Mean Low Water Neaps* (MLWN) atau air surut rata-rata pada pasang-surut bulan setengah, yakni permukaan rata-rata dari air surut pada pasang-surut bulan-setengah untuk jangka waktu lama.
- (f) *Mean Low Water Springs* (MLWS) atau air surut rata-rata dari pasang-surut purnama, yakni permukaan rata-rata pada air surut pada pasang-surut purnama untuk jangka waktu lama.

Cara lain dalam membagi zona litoral adalah berdasarkan genangan air dan biota yang hidup di daerah tersebut (Romimohtarto & Juwana, 2001), yaitu :

- (a) Zona I, yakni zona tertinggi dan terkering, kadang-kadang disebut zona siraman atau zona litoral atas. Zona ini kering di sebagian besar waktu, karena berada di atas pasang rata-rata dan dibasahi oleh genangan air laut selama air pasang pada pasang-surut purnama. Lingkungan ini banyak dihuni oleh keong *Littorina*. Jenis keong ini hidup di ketinggian pantai menempel pada cadas dan tahan terhadap kekeringan. Keong ini susah bernapas jika terendam air terlalu lama. Di zona ini juga hidup teritip (*Balanus* spp dan *Cthamalus* spp)
- (b) Zona II, yakni daerah pantai yang biasanya mengalami kekeringan dua kali sehari selama air surut. Zona ini membentang antara garis air surut rata-rata teratas dan garis air pasang rata-rata teratas. Lamanya setiap pengeringan antara empat sampai enam jam. Di tempat ini terdapat kubangan pasang-surut. Teritip baran (*acorn barnacle*) dan limpet banyak terdapat di zona ini.
- (c) Zona III, yakni daerah terendam di sebagian besar waktu. Zona ini membentang antara garis air surut rata-rata teratas dan garis air surut rata-rata terbawah. Meskipun mengalami kekeringan pada banyak waktu air surut, tetapi waktu pengeringannya pendek, umumnya antara satu dan 3 jam. Teritip baran, teritip bertangkai, bintang laut, dan Avertebrata lainnya banyak terdapat di sini. Zona II dan III juga disebut litoral tengah atau zona teritip.
- (d) Zona IV, yaitu zona yang terletak di bawah air surut rata-rata dan mengalami kekeringan selama air terendah pasang-surut purnama. Pengeringannya pendek, antara satu dan dua jam, dan terjadi dalam selang waktu tak teratur. Biasanya zona ini mengalami kekeringan selama bulan yang bersamaan dengan waktu perendaman zona I pada air pasang luar biasa. Di zona ini terdapat banyak biota laut, termasuk jenis tumbuh-tumbuhan. Zona ini juga disebut zona sub-litoral atau zona bawah litoral.

Jenis substrat dasar perairan juga memengaruhi jenis biota laut yang dapat hidup di dalam dasar laut zona ini. Berdasarkan atas tipe dasar atau substrat maka klasifikasi zona litoral (Romimohtarto & Juwana, 2001), sebagai berikut:

- (a) Zona Lumpur. Zona ini terjadi karena adanya aliran air mengandung lumpur dari darat. Lumpur yang terbawa tersebut mengendap di perairan teluk yang tenang atau di estuaria. Lingkungan yang terdiri dari lumpur ini menimbulkan masalah bagi hewan-hewan yang hidup di zona ini, karena partikel-partikel lumpur ini dapat menembus sistem pernapasan hewan-hewan tersebut dan menyebabkan penyumbatan pernapasan. Kandungan oksigen di lingkungan ini rendah, karena

partikel-partikel lumpur ini padat dan tidak meninggalkan rongga-rongga untuk oksigen berada di lumpur sehingga tak ada pertukaran oksigen dengan udara. Zat-zat organik yang membusuk, yang terdapat di sini juga menghabiskan oksigen. Kebanyakan yang hidup di zona ini adalah bakteri. Di bawah permukaan lumpur terdapat kegiatan tanpa oksigen yang dinamakan kegiatan anaerobik.

- (b) Zona pasir. Pasir mempunyai partikel yang lebih besar dari pada partikel lumpur. Dasar pasir ini memungkinkan air mengalir di antara partikel-partikel pasir sehingga ada pertukaran oksigen sampai lapisan bawah dasar pasir. Besarnya partikel juga mempercepat pengeringan. Pada saat air surut siang hari, pasir cepat mengering sehingga permukaan pantai pasir sangat kering. Bagian bawah permukaan pantai agak cepat mengering setelah air surut. Gelombang memindahkan pasir saat menuju ke pantai. Perpindahan pasir ini cenderung untuk bertindak sebagai penggerus. Oleh sebab itu hewan yang hidup di lingkungan ini harus dilengkapi dengan cangkang yang kuat, mampu bergerak bersama butiran pasir, atau memendam dalam di bawah permukaan untuk menghindari penggerusan.
- (c) Zona cadas atau batu. Pantai bercadas atau berbatu merupakan lingkungan yang mudah bagi banyak biota laut untuk menyesuaikan diri. Banyaknya jenis kehidupan di lingkungan ini menakjubkan. Ini disebabkan karena banyaknya macam lingkungan mikro (*micro environment*), seperti lingkungan-lingkungan yang terdapat pada celah-celah cadas, lubang-lubang, permukaan cadas, kubangan pasang-surut, dan sebagainya. Daerah cadas ini memperoleh oksigenasi yang bagus, banyak makanan dan tempat berlindung yang bagus. Jenis yang hidup di sini umumnya jenis melekat. Ada juga yang melubangi dasar cadas, yang lain melekat dengan kaki hisapnya seperti beberapa jenis keong, bersebunyi di sela-sela alat pelekat alga seperti jenis-jenis cacing atau merekatkan diri dengan semacam semen pada batu seperti tertitip baran.
- (d) Zona timbunan. Yang dimaksud di sini adalah tumpukan-tumpukan kayu dermaga, galangan kapal, dan bangunan-bangunan lain buatan manusia. Lingkungan semacam ini dianggap sebagai lingkungan terpisah, karena lingkungan ini menunjang jenis kehidupan yang tidak terdapat di lingkungan lain. Contohnya adalah tiram pengebor, *Teredo*.

Di zona litoral gerakan ombak mempunyai pengaruh yang terbesar terhadap biota dan komunitas dibandingkan dengan daerah-daerah laut lainnya. Aktivitas ombak memengaruhi kehidupan pantai secara langsung dengan dua cara. *Pertama*, pengaruh mekaniknya menghancurkan dan menghanyutkan benda yang terkena. Jadi biota yang hidup di zona ini harus beradaptasi dengan kondisi ini. Salah satu di antaranya yang ditemukan pada teritip, tiram, dan cacing polikaeta serpulida, adalah dengan melekat kuat pada substrat. Sedangkan alga di daerah ini menyatukan dirinya pada dasar perairan melalui sebuah alat pelekat. *Kedua*, ombak memperluas batas zona litoral. Ini terjadi karena hempasan air yang lebih tinggi di pantai dibandingkan dengan yang terjadi pada saat pasang-surut yang normal. Deburan ombak yang terus-menerus ini membuat organisme laut dapat hidup di daerah yang lebih tinggi di daerah yang terkena terpaan ombak daripada di daerah tenang pada kisaran pasang-surut yang sama (Nybakken, 1988).

Di daerah litoral terdapat ekosistem estuarin, mangrove, padang lamun, dan terumbu karang. Ekosistem-ekosistem tersebut mempunyai jenis ikan yang beragam. Di zona supra-litoral terdapat kolam-kolam kecil dan dihuni oleh Gobiidae, Gobiesocidae dan Anguilliformes (keluarga sidat). Sebaliknya di daerah litoral yang memiliki produktivitas tinggi dapat ditemukan ikan-ikan yang masuk keluar mengikuti pola pasang-surut, di antaranya bandeng cerurut (*Albula*), sidat (*Anguilla*), *Porichthys*, ikan pari (Dasyatidae), beberapa jenis ikan sebelah (Bothidae dan Pleuronectidae), ikan lidah (Soleidae), ikan tangkur kuda (Syngnathidae), Muraenidae, Gobiesocidae, Cottidae, Triglidae, Cyclopteridae, Blennidae, Gobiidae, dan Ophidiidae (Omar, 2012).

b. Zona Batial

Zona batial adalah daerah dasar yang mencakup lereng benua ke bawah sampai kedalaman 4.000 m. Zona ini tidak ada lagi cahaya sehingga merupakan daerah gelap sepanjang masa. Dasar laut yang dalam tersebut berupa lumpur. Benda-benda keras seperti batu yang digunakan untuk menempel bagi hewan-hewan tertentu sangat jarang. Kondisi ini tentu menjadi masalah bagi hewan-hewan yang hidup di dasar laut.

Bakteri lebih banyak terdapat di sedimen dasar laut daripada di dalam air di atasnya. Bakteri ini bisa merupakan makanan penting bagi hewan-hewan yang hidup di dasar laut seperti protozoa, cacing, sponge, moluska, dan teripang. Bakteri mengandung protein dan lemak (lipid) yang mudah dicerna. Populasi bakteri di dasar laut dalam rata-rata sebesar 2 mg karbon per m².

Di dasar laut dalam juga ditemukan berlimpah jenis-jenis kehidupan, terutama di daerah-daerah dasar laut dalam tempat dijumpainya perembesan air dingin dari dalam dasar laut ke permukaan dasar laut yang dinamakan *cold seeps* dan perembesan air panas yang dinamakan celah *hydrothermal* pada kedalaman antara 1.200 m dan 2.500 m di bawah permukaan laut. Celah hidrotermal ditemukan pada akhir tahun 1970. Ini adalah pancaran air panas laut dalam yang suhunya mencapai beberapa kali lebih tinggi daripada suhu air mendidih, tetapi air tidak mendidih di bawah tekanan air yang sangat besar. Air bereaksi dengan zat-zat kimia dan mineral-mineral di sekitar cadas dan menyembur keluar dari dasar cadas ke dalam massa air yang dingin. Saat air menjadi dingin, logam yang berasal dari cadas yang terlarut mengendap membentuk awan hitam dan putih tinggi, penuh dengan H₂S dan metan (*methane*).

Di dekat celah ini terdapat kehidupan yang berlimpah, seperti kumpulan udang, tiram, bahkan cacing tabung yang tumbuh sampai 2,5 m panjangnya. Jasad-jasad hidup ini sifatnya kemosintetik, bukan fotosintetik. Hewan-hewan ini mengubah racun menjadi makanan dengan mengadakan hubungan simbiosis dengan bakteri yang memecah metan atau H₂S untuk mendapatkan energi. Sebagai gantinya bakteri tersebut memberi makan inangnya.

Di lingkungan ini, pada rembesan air dingin, hewan-hewan laut berupa sejenis kerang, yakni kerang viskomid (*viscomyd*) hidup melimpah seperti yang ditemukan di lembah Monterey yang dalam dan sempit pada kedalaman 1.200 m di Amerika Serikat. Hewan ini hidup pada lingkungan yang mengalirkan cairan sangat beracun berisi H₂S atau metan atau kedua-duanya dari dasar cadas laut dalam. Makin beracun lingkungannya makin sehat kerang-kerang tersebut (Romimohtarto & Juwana, 2001).

Salah satu ikan laut dalam yang bentuknya menyeramkan adalah *Melanocetus johnsonii* (*Melanocetus cirrifer*) yang terdapat antara lain di Laut Banda (kedalaman 4.000 m) dan Laut Sulawesi (3.000 m). Kepala dan mulutnya merupakan bagian yang terbesar dari seluruh tubuhnya. Mulutnya menghadap ke atas dengan gigi-gigi yang panjang. Di bagian atas kepalanya terdapat organ memanjang dengan pentolan yang membesar mengandung organ bercahaya. Jadi tampaknya seperti alat pancing, karenanya dalam Bahasa Inggris disebut “angler fish” atau “si tukang pancing”. Organ bercahaya tersebut berfungsi sebagai umpan, yang akan menarik hewan lain yang menjadi mangsanya (Nontji, 1987). Selain itu, terdapat ikan *Linophryne indica* (*Linophryne corymbifera*) tertangkap pada kedalaman 4.000 m di Laut Sulawesi (Nontji, 1987; Omar, 2012).

c. Zona Abisal

Zona abisal termasuk dataran abisal yang luas pada kedalaman 4.000-6.000 m. Lingkungan dasar laut abisal dalam banyak hal menyerupai dasar lumpur. Benda-benda keras jarang sekali di dasar laut. Hewan-hewan bercangkang seperti keong dan kerang biasanya mempunyai cangkang yang tipis dan jika mati cangkangnya cepat larut. Plankton yang mati yang jumlahnya mencapai jutaan, sebelum mencapai dasar abisal sudah dimakan oleh hewan atau sudah terurai saat melewati lapisan air yang lebih dangkal. Kecuali

endapan mineral seperti bola-bola mangan, benda keras yang terdapat di dasar ini berupa tulang telinga paus dan gigi hiu yang susah terlarut.

Dasar laut abisal ada yang berpenampilan keras berupa batu cadas dan berbukit-bukit memanjang seperti lembah Atlantik tengah (*mid-Atlantik ridge*). Tetapi dasar keras seperti itu hanya merupakan bagian kecil saja dari seluruh zona abisal di dunia. Dasar samudera yang dalam terdiri dari endapan kapur, terutama dari kerangka Foraminifera, endapan silika, terutama dari kerangka diatom, dan lempung merah di dasar yang lebih jeluk dengan tekanan air luar biasa besarnya sehingga membuat zat-zat lain mudah sekali terlarut. Endapan yang tertimbun di dasar laut mempunyai kecepatan pengendapan 1 cm tebalnya dalam 1.000 tahun. Meskipun begitu lambat proses pengendapan, tetapi melihat umur bumi yang sudah berjuta-juta tahun, maka endapan tersebut di beberapa tempat sudah sangat tebal (Romimohtarto & Juwana, 2001).

Kehidupan hewan-hewan di dasar laut seperti ini berkaitan langsung dengan tipe endapan dasar laut dan keadaan fisik dasar laut ini memegang peranan penting. Makin padat endapan dasar laut makin banyak epifauna di sini. Pemakan penyaring sering memilih dasar yang keras dengan partikel halus dari lumpur yang tidak akan menyebabkan tersumbatnya alat penyaring. Jika partikel-partikel dasar laut begitu sehingga dapat menyumbat alat saring hewan penyaring, maka tipe hewan yang tinggal di habitat ini adalah pemakan endapan yang mengambil dan mencerna zat organik yang terdapat dalam lumpur. Di samping hewan-hewan tersebut terdapat hewan-hewan pemangsa dan pemakan bangkai yang menangkap hewan apa saja hidup atau mati.

Beberapa hewan yang dijumpai di dasar laut dalam ini adalah bintang laut, bintang mengular, teripang, sponge gelas, anggang laut, lili laut, cacing bulu, kepiting, dan ikan. Salah ikan yang hidup di zona abisal adalah *Holcomycteronus profundissimus* (*Bassogigas profundissimus*) yang ditangkap di Palung Jawa pada kedalaman 5.000-7.160 m (Nontji, 1987; Omar, 2012). Sedangkan ikan dari marga *Typhlonous* yang tertangkap di Laut Sulawesi pada kedalaman 5.400 m (Nontji, 1987).

d. Zona Hadal

Zona hadal adalah zona benthik dan palung lautan dengan kedalaman > 6.000 m. Dasar laut pada zona hadal tidak berbeda dengan dasar laut pada zona batial dan abisal. Pada zona laut yang sangat dalam, berbagai organisme dan ikan-ikan laut dalam berukuran kecil. Kebanyakan ikan laut dalam yang berhasil ditangkap memang berukuran kecil bila dibandingkan dengan ikan-ikan di perairan laut dangkal. Hanya sedikit ikan berukuran besar yang hidup di laut dalam.

Sebaliknya kelompok-kelompok invertebrata tertentu, khususnya amfipoda, isopoda, ostrakoda, misid, dan kopepoda berukuran jauh lebih besar daripada hewan-hewan tersebut yang hidup di perairan laut dangkal. Ukuran yang dapat dicapai "raksasa abisal" ini benar-benar mengagumkan. *Bathynomus giganteus*, suatu isopoda, panjangnya 42 cm, sedangkan *Alicella gigantean*, suatu amfipoda, dapat mencapai 15 cm. Penampang tubuh ostrakoda raksasa dari genus *Gigantocypris* yang menghuni perairan mesopelagik berdiameter beberapa sentimeter. *Gaudia princeps*, suatu kopepoda, panjangnya 10 mm, atau hampir 10 kali kopepoda kalanoid (Nybakken, 1988).

Keadaan di mana ukuran membesar dengan meningkatnya kedalaman dikenal dengan istilah *gigantisme abisal*. Terdapat dua teori utama tentang gigantisme abisal. Teori pertama menyebutkan bahwa tekanan-tekanan hidrostatik yang tinggi mengakibatkan kelainan-kelainan pada metabolisme hewan. Teori kedua beranggapan bahwa kombinasi suhu rendah dan langkanya pakan akan mengurangi laju pertumbuhan pada krustase. Laju pertumbuhan yang lambat ini tidak hanya akan memperpanjang jangka waktu di mana hewan terdapat sebagai hewan yang dewasa seksual, sehingga tercapai suatu ukuran yang besar (Nybakken, 1988).

Di zona hadal yang sangat dalam berbagai biota telah berhasil ditangkap dalam penelitian. Di Palung Mindanao (kedalaman sekitar 10.000 m) ditangkap teripang, kerang, amphipod, anemon laut, dan cacing. Sedangkan di Palung Sunda sebelah selatan Jawa (kedalaman 7.000 m) ditangkap teripang, anemon laut, bintang laut, krustase, cacing, dan kerang. Salah satu ikan yang hidup di zona abisal adalah *Holcomycteronus profundissimus* (*Bassogigas profundissimus*) yang ditangkap di Palung Jawa pada kedalaman 5.000-7.160 m (Nontji, 1987; Omar, 2012). Sedangkan di Puerto Rico Trench pada kedalaman 8.372 m tertangkap ikan *Abyssobrotula galathea* ditemukan (Omar, 2012).

3. Estuaria

Estuaria berada di zona litoral atau zona intertidal. Daerah ini juga dikenal sebagai ekoton pesisir karena merupakan interaksi antara dua ekosistem yang berbeda yaitu ekosistem daratan dan ekosistem laut (Haryani, 2004). Estuaria adalah perairan yang semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut, sehingga air laut dengan salinitas tinggi dapat bercampur dengan air tawar (Pritchard, 1967).

Sedangkan Nybakken (1988) menyatakan estuaria adalah bentuk teluk di pantai yang sebagian tertutup, di mana air tawar dan air laut bertemu dan bercampur. Meskipun demikian proses pencampuran ini adalah suatu proses yang kompleks. Air tawar yang berasal dari sungai yang mempunyai densitas lebih kecil dari air laut cenderung untuk mengambang di atasnya. Di daerah ini juga terdapat fluktuasi perubahan salinitas yang berlangsung secara tetap yang berhubungan dengan gerakan air pasang. Massa air yang masuk ke daerah estuaria pada waktu terjadi air surut hanya bersumber dari air tawar, akibatnya salinitas air di daerah estuaria pada waktu itu umumnya rendah. Pada waktu air pasang, massa air masuk ke estuaria dari air laut bercampur dengan air estuaria, sehingga mengakibatkan salinitasnya naik (Hutabarat & Evans, 1986).

Tabel 7. Famili dan spesies ikan yang hidup di estuaria (Whitten *et al.*, 1988)

Famili ikan	Spesies	Informasi ekologis
Apogonidae	<i>Apogon hyalosoma</i>	Ikan kecil, nokturnal, dan karnivor
Belonidae	<i>Stongylura urvili</i>	Berkelompok penjelajah permukaan, perenang cepat, predator ikan kecil
Carangidae	<i>Selaroides leptolepis</i>	Berkelompok atau soliter, predator terhadap fauna bentik dan plankton
Gerreidae	<i>Gerres nacracanthus</i>	Berkelompok di pantai berpasir, pemakan plankton
Gobiidae	<i>Glossogobius celebius</i> <i>Etenogobius suluensis</i> <i>Eleotris macrolopiis</i>	Karnivor bentik atau ikan omnivor yang hidup berkelompok atau soliter di habitat yang luas
Haemulidae	<i>Podasys maculatus</i>	Predator nokturnal terhadap bentik invertebrata pada pesisir berpasir
Hemiramphidae	<i>Zenarchopterus buffonis</i>	Kelompok ikan payau, omnivor, rahang bawah memanjang
Latidae	<i>Anbasis macracanthus</i>	Ukuran sedang, ikan karnivor
Leiognathidae	<i>Leiognathus equula</i> <i>Leiognathus spelendens</i> <i>Secutor ruconis</i>	Berkelompok, ikan karnivor terhadap hewan bentik kecil
Lethrinidae	<i>Lethrinus ornatus</i>	Predator
Mugilidae	<i>Liza dussumeiri</i> <i>Liza vaigiensis</i>	Berkelompok, pemakan diatom, bentik, dan alga
Silaginidae	<i>Silago sihama</i>	Hidup di pantai berpasir dan estuaria, penggali dasar untuk mencari cacing dan krustase
Scatophagidae	<i>Scatophagus argus</i>	Pemakan alga dan detritus dasar
Siganidae	<i>Siganus vermiculatus</i>	Berkelompok di perairan payau berlumpur dan karang, herbivor
Terapontidae	<i>Therapon theraps</i> <i>Mesoprites argenteus</i>	Ukuran sedang, karnivor di perairan payau
Texotidae	<i>Toxotes jaculator</i>	Berkelompok, karnivor, terkenal sebagai penyemprot serangga

Sumber: Goltenboth *et al.* (2012)

Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar tersebut akan menghasilkan suatu komunitas khas, dengan kondisi lingkungan bervariasi, antara lain: (a) Tempat bertemunya arus air sungai dengan arus pasang surut, yang berlawanan menyebabkan suatu pengaruh yang kuat pada sedimentasi, pencampuran air, dan ciri-ciri fisika lainnya, serta membawa pengaruh besar pada biotanya; (b) Pencampuran kedua macam air

tersebut menghasilkan suatu sifat fisika lingkungan khusus yang tidak sama dengan sifat air sungai maupun sifat air laut; (c) Perubahan yang terjadi akibat adanya pasang surut mengharuskan komunitas mengadakan penyesuaian secara fisiologis dengan lingkungan sekelilingnya; (d) Tingkat kadar garam di daerah estuaria tergantung pada pasang surut air laut, banyaknya aliran air tawar dan arus-arus lain serta topografi daerah estuaria tersebut. Karenanya sistem ekologi di daerah estuaria, dengan adanya kadar garam yang berbeda-beda ini, juga berbeda (Supriharyono, 2000a).



Gambar 11. Golila (*Therapon* sp), contoh ikan di estuaria

Kondisi estuaria seperti di atas menghasilkan kualitas fisika yang khas pada ekosistem ini. Gambaran dominan lingkungan estuaria ialah fluktuasi salinitas. Fluktuasi dan variasi salinitas menentukan kehidupan organisme di daerah ini. Organisme yang hidup di daerah estuaria telah beradaptasi dengan kondisi ini. Berkaitan dengan daya toleransinya terhadap salinitas, McLusky (1981) mengelompokkan organisme estuaria ke dalam lima kelompok, yaitu:

- 1) *Oligostenohaline*, kebanyakan merupakan organisme air tawar. Pada umumnya hewan-hewan yang hidup di sungai dan perairan tawar lainnya tidak tahan pada salinitas lebih dari $> 0,1 \text{ ‰}$, tetapi beberapa spesies oligohaline ada yang dapat hidup pada salinitas di atas 5 ‰ ;
- 2) Organisme estuaria, umumnya adalah organisme laut yang hidup di pusat estuaria. Kebanyakan organisme ini dapat hidup perairan laut, akan tetapi tidak dijumpai di sana karena faktor kompetisi dengan hewan-hewan lain;
- 3) *Euryhaline*, umumnya organisme laut yang hidupnya di daerah estuaria dengan distribusi dari laut sampai ke pusat estuaria. Banyak di antara organisme yang tidak tahan pada salinitas sekitar 18 ‰ , namun beberapa spesies tahan sampai salinitas $< 5 \text{ ‰}$;
- 4) *Polystenohaline*, adalah organisme laut yang hidup di mulut estuaria pada salinitas sampai 25 ‰ ; dan
- 5) Organisme peruaya, kebanyakan berupa ikan dan kepiting (*crabs*), yang tinggal di estuaria hanya sebagian dari daur hidupnya. Sebagai contoh *flounders* (*Platichthys*) yang berada di estuaria hanya untuk mencari makanan, dan salmon (*Salmo salar*) atau sidat (*Anguilla anguilla*) yang menggunakan estuaria hanya untuk rute ruayanya ke dan dari sungai dan laut.

Hanya biota tertentu yang mampu bertahan hidup pada daerah estuaria. Ikan adalah biota yang cukup melimpah di daerah estuaria karena mobilitas yang tinggi sehingga mampu berpindah untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan yang selalu berfluktuasi. Sekitar 16 famili ikan yang tercatat di perairan estuaria Indonesia (Tabel 7).

4. Ekosistem Mangrove

Di daerah estuaria dan pesisir terdapat ekosistem mangrove, biasa juga disebut hutan bakau, hutan payau atau hutan mangrove. Hutan mangrove adalah tipe hutan yang khas terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Untuk menghindari kekeliruan perlu dipertegas bahwa istilah bakau hendaknya digunakan hanya untuk jenis-jenis tumbuhan tertentu saja yakni dari marga *Rhizophora*, sedangkan istilah mangrove digunakan untuk segala tumbuhan yang hidup di lingkungan yang khas ini. Karena di hutan tersebut bukan hanya jenis bakau yang ada maka istilah

hutan mangrove lebih populer digunakan untuk pada tipe hutan ini. Segala tumbuhan dalam hutan ini saling berinteraksi dengan lingkungannya baik yang bersifat biotik maupun abiotik. Dan seluruh sistem yang saling bergantung ini membentuk apa yang dikenal sebagai ekosistem mangrove (Nontji, 1987).

Mangrove tumbuh pada pantai-pantai terlindung atau pantai-pantai yang datar. Biasanya di tempat yang tak ada muara sungainya hutan mangrove terdapat agak tipis, namun pada tempat yang mempunyai muara sungai yang besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur dan pasir, mangrove biasanya tumbuh meluas (Nontji, 1987), di goba hutan mangrove dapat memanjang mencapai beberapa kilometer, di dekat terumbu karang dan sepanjang pantai berbatu, biji pohon-pohon bakau hanya dapat tumbuh pada celah-celah dan tepi pantai tanpa ada zonasi ekosistem yang jelas, mungkin hanya ada zona *Rhizophora* saja (Monk *et al.*, 2000). Mangrove tidak tumbuh di pantai yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut yang kuat karena hal ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur dan pasir, substrat yang diperlukan untuk pertumbuhannya.

Hutan mangrove disebut sebagai ekosistem pesisir yang paling produktif, yang menghasilkan serasah daun dan ranting sekitar 9 ton/ha/tahun (Head, 1971). Di Indonesia produksi serasah daun dan ranting hutan mangrove berkisar antara 7-8 ton/ha/tahun (Nontji, 1987). Serasah daun dan ranting yang gugur merupakan sumber bahan organik penting dalam rantai pakan (*food chain*) di dalam lingkungan perairan. Daun dan ranting yang gugur ke dalam air segera menjadi bahan makanan bagi berbagai jenis hewan air atau dihancurkan lebih dulu oleh kegiatan bakteri dan jamur. Hancuran bahan-bahan organik kemudian menjadi bahan makanan penting bagi cacing, krustase dan hewan-hewan lain. Pada tingkat berikutnya hewan-hewan ini pun menjadi makanan bagi hewan-hewan lainnya yang lebih besar dan seterusnya. Kesuburan perairan sekitar kawasan mangrove tergantung pada masukan bahan organik yang berasal dari guguran daun dan ranting ini.



Gambar 12. Ikan gelodok (*Periophthalmus vulgaris*) bertengger pada akar pohon bakau

Di kawasan mangrove di Indonesia tercatat sekitar 80 jenis krustase dan 65 jenis moluska. Beberapa produk perikanan penting Indonesia terkait erat dengan hutan mangrove, seperti udang (*Penaeus*), kepiting (*Scylla serrata*), tiram (*Crassostrea* dan *Ostrea*), bandeng (*Chanos chanos*), belanak (*Mugil sp.*), beronang (*Siganus*) dan lain-lain.

Perairan mangrove dikenal berfungsi sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), tempat asuhan (*nursery ground*), dan tempat mencari makan (*feeding ground*) berbagai jenis hewan akuatik yang mempunyai nilai ekonomi penting. Sehingga hutan mangrove mempunyai arti yang sangat penting bagi perikanan. Di Thailand, total produksi udang setiap tahunnya (1974-1980) sekitar 6 % berasal dari tambak, 22 % hasil penangkapan skala kecil (terutama produksi mangrove), dan 72 % dari hasil tangkapan skala besar (yang juga masih bergantung pada mangrove) (Aksornkoae, 1985). Adanya hubungan antara banyaknya mangrove dengan produksi udang. Produksi udang di daerah mangrove akan turun dengan turunnya area mangrove (Martosubroto & Naamin, 1977).

Di semenanjung Malaysia, di daerah semenanjung sebelah barat dengan tutupan mangrove sekitar 96 % menghasilkan sekitar 2-4 kali produksi hasil perikanan (ikan, udang, kerang-kerangan) dibandingkan dengan produksi di semenanjung Malaysia sebelah timur yang hampir tidak ada mangrovenya. Sebagai contoh, pada tahun 1982 hasil perikanan laut yang diproduksi di semenanjung Malaysia sebelah barat adalah 433.988 ton, sedangkan yang dihasilkan di semenanjung sebelah timur hanya 133.336 ton (Ng, 1985 dalam Supriharyono, 2000).

Niarita *et al.* (1996) dalam Latuconsina (2016) mengelompokkan ikan penghuni ekosistem mangrove ke dalam empat tipe, yaitu: (1) penetap sejati (ikan belodok/gelodok); (2) penetap sementara (ikan belanak/mugilidae); (3) ikan kuwe (Carangidae), ikan kapasan (Gerreidae); dan (4) pengunjung musiman sebagai tempat asuhan, pemijahan, dan tempat berlindung dari predator (ikan dari famili Mugilidae).

Menurut Latuconsina *et al.* (2014) bahwa di ekosistem mangrove Wael, Teluk Kotania, Kabupaten Seram Bagian Barat, terdapat 27 spesies dari 21 famili ikan. Adapun famili ikan khas mangrove yang ditemukan, yaitu Carangidae, Gerreidae, Mugilidae, Sphyraenidae, Siganidae, Synodontidae, Terapontidae, Mullidae, Platycephalidae, Plotosidae, Chanidae, dan Lethrinidae.

5. Ekosistem Lamun

Padang lamun (*seagrass beds*) merupakan salah satu ekosistem yang terletak di daerah pesisir. Lamun (*seagrass*) tumbuh di perairan dangkal yang agak berpasir. Sering pula dijumpai di terumbu karang. Lamun adalah tumbuhan berbiji tunggal (monokotil) dari kelas *angiospermaea*. Tumbuhan ini telah menyesuaikan diri untuk hidup terbenam di dalam laut. Lamun terdiri dari *rhizome*, daun, dan akar. Rhizome merupakan batang yang terbenam dan merayap secara mendatar dan berbuku-buku. Pada buku-buku tersebut tumbuh batang pendek yang tegak ke atas, berdaun, dan berbunga. Dengan rhizome dan akarnya inilah tumbuhan tersebut dapat menancapkan diri dengan kokoh di dasar laut hingga tahan terhadap hempasan gelombang dan arus. Sistem pembiakan lamun melalui penyerbukan di dalam air (*hydrophilous pollination*).



Gambar 13. Beronang (*Siganus* sp), salah satu ikan penghuni padang lamun

Di samping itu, beberapa tumbuhan lamun, seperti *Thalassia testudinum*, *Cymodocea manatorum*, *Diplanthera wrightii*, dan *Ruppia maritima*, diketahui pula mengandung *epiphyt* (blue green algae), yang menunjukkan adanya aktivitas fiksasi nitrogen (Stewart, 1969). Fiksasi nitrogen tumbuhan lamun tersebut berkisar antara 2,4-16,5 g N/mg N tumbuhan/jam dengan cahaya. Hal ini menunjukkan bahwa fiksasi nitrogen memegang peranan penting dalam kesuburan komunitas lamun, sehingga komunitas ini sangat produktif (Supriharyono, 2000).

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem yang subur. Produktivitas primer komunitas lamun antara 500-1.000 g C/m²/tahun, namun pada daerah subur dapat mencapai 6.825 g C/m²/tahun (McRoy & McMillan, 1977). Walaupun padang lamun merupakan kunci unit produksi primer di perairan pantai, relatif sedikit diketahui mengenai peranan energinya dalam ekonomi ekosistem pantai, hanya sedikit hewan yang memakan tanaman ini secara langsung (Nybakken, 1988). Beberapa biota yang hidup di padang lamun seperti krustase, moluska, cacing, teripang, dan ikan. Beberapa jenis biota laut yang mempunyai nilai ekonomi menggunakan daerah padang lamun ini sebagai tempat asuhan, antara lain

ikan beronang (*Siganus* sp). Duyung (*Dugong dugong*) merupakan mamalia laut yang makanannya adalah lamun terutama *Syringodium isoelifolium* (Nontji, 1987). Penelitian di Teluk Tuhaha, Saparua, selama tiga bulan yang berbeda (Juni, Oktober, dan Desember) diperoleh 3.465 spesimen ikan yang terdiri dari 86 jenis yang mewakili 47 suku (Manik & Sidabutar, 1996).

Penelitian di perairan Virgin Islands dan pulau-pulau di West-Indies, didapatkan lamun *Thalassia* dan *Cymodocea* banyak dimakan oleh ikan-ikan *parrot* (*Scarus* dan *Sparisoma*) dan ikan *surgeon* (*Acanthurus*). Potongan batang yang mengapung dimakan oleh ikan-ikan *ballyho* (*Hemiramphus brasiliensis*) dan kadang-kadang juga dimakan oleh ikan *rudder* (*Kyphosus sectatrix*) dan ikan *triger* (*Melichthys radula*). Sedangkan tumbuhan lamun yang ada di dasar perairan dimakan oleh sebagian dari hewan-hewan penghuni atau yang hidup di sistem tersebut, seperti ikan *parrot* (*Sparisoma radians*), *echinoida* (*Lytechinus variegatus*, *Tripneustes esculentus*, dan *Diadema antillarum*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), dan gastropoda (*Strombus gigas*) serta dugong (*Trichechus manatus*) (Randal, 1965).

Tomascik *et al.* (1997) menggolongkan asosiasi ikan padang lamun di Indonesia menjadi 4 kategori sebagai berikut:

- (1) Penghuni penuh (*full time residents*), yang menghabiskan hidupnya di padang lamun, misalnya *Apogon margaritiphorus*.
- (2) Penghuni yang menghabiskan hidupnya di padang lamun selama fase juvenil hingga dewasa tapi memijah di luar padang lamun, misalnya *Monacanthus tomentosus* dan *Sygnathoides biaculeatus*.
- (3) Penghuni pada fase juvenil, misalnya *Siganus* spp, *Lethrinus* spp, *Pelates quadrilineatus*, dan *Upeneus tragula*.
- (4) Penghuni berkala atau transit mengunjungi padang lamun untuk berlindung atau mencari makan (*occasional visitors*).

6. Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang (*coral reefs*) merupakan kelompok organisme yang hidup di dasar perairan laut dangkal, terutama di daerah tropis. Meskipun karang ditemukan hampir di seluruh dunia, baik di perairan kutub maupun perairan ughari, tetapi hanya di daerah tropik terumbu dapat berkembang. Karenanya pembentukan terumbu karang digunakan untuk membatasi lingkungan lautan tropik.

Terumbu karang disusun oleh karang-karang kelas anthozoa, filum Cnidaria, dan ordo Madreporaria (= Scleractinia), yang termasuk *hermatypic coral* atau jenis-jenis karang yang mampu menghasilkan bangunan atau kerangka karang dari kalsium karbonat (CaCO_3). Selain scleractinian corals adalah algae yang banyak di antaranya juga mengandung atau menghasilkan kapur.

Terumbu karang dibedakan antara binatang karang (*reef coral*) sebagai individu organisme dan terumbu karang (*coral reef*) sebagai suatu ekosistem, termasuk di dalamnya organisme-organisme karang. Ada dua tipe karang, yaitu karang yang dapat menghasilkan terumbu atau membentuk bangunan kapur yang disebut *hermatypic corals* atau *reef building corals*, dan *ahermatypic corals* karang yang tidak dapat membentuk terumbu atau bangunan karang.

Kemampuan *hermatypic corals* membentuk terumbu tidak lepas dari peranan sejenis algae yang dinamakan zoosantela (*zooxanthellae*). Zoosantela melalui proses fotosintesis membantu memberi suplai makanan dan oksigen bagi polip dan juga membantuk proses pembentukan karang kapur. Sebaliknya polip karang menghasilkan sisa-sisa metabolisme berupa karbon dioksida, fosfat, dan nitrogen yang digunakan oleh zoosantela untuk fotosintesis dan pertumbuhannya (Nontji, 1987). Karena aktivitas fotosintesis tersebut, maka peran cahaya matahari sangat penting. Jika karang berada dalam tempat yang teduh atau dihindarkan dari cahaya, maka pertumbuhannya akan terhenti dan jika cahaya yang diberikan tidak cukup, maka karang akan mati. Kebutuhan akan cahaya ini adalah untuk kepentingan zoosantela (Connel,

1973). Zoosantela meningkatkan laju proses mengeras menjadi kapur (kalsifikasi) yang dilakukan oleh karang dan laju pertumbuhan koloni karang (Goreau, 1961 dalam Nybakken, 1988). Kedalaman laut maksimum untuk pertumbuhan karang adalah 40 m. lebih dari itu cahaya sudah relatif lemah. Terumbu karang tidak dapat berkembang di perairan yang lebih dalam dari 50-70 m. Kebanyakan terumbu tumbuh dengan baik pada kedalaman 25 m atau kurang.



Gambar 14. Gocilasaro atau kakap merah (*Lutjanus decussatus*), salah satu ikan karang

Selain cahaya, pertumbuhan terumbu juga membutuhkan suhu, salinitas, kejernihan air, arus, dan substrat. Suhu yang dibutuhkan untuk pembentukan terumbu karang adalah 25-30 °C. Sedangkan salinitas yang sesuai untuk pertumbuhan dan pembentukan terumbu adalah 27-35 ppt. Air yang jernih diperlukan untuk pertumbuhan karang, sedangkan arus dibutuhkan untuk mendatangkan makanan berupa plankton. Di samping itu, arus membantu membersihkan terumbu dari endapan dan untuk mensuplai oksigen. Sementara substrat yang keras dan bersih dari lumpur diperlukan untuk pelekatan planula (larva karang) yang akan membentuk koloni baru.

Berdasarkan geomorfologinya, ekosistem terumbu karang dibagi menjadi tiga tipe, yaitu terumbu karang tepi (*fringing reef*), terumbu karang penghalang (*barrier reef*), dan terumbu karang cincin (*atoll*). Terumbu karang tepi tumbuh mulai dari tepian pantai dan mencapai kedalaman tidak lebih dari 40 m. Terumbu karang penghalang berada jauh dari pantai yang dipisahkan oleh goba (lagoon) yang dalamnya sekitar 40-75 m. Sedangkan terumbu karang cincin membentuk cincin atau oval yang mengelilingi goba yang dalamnya 40-100 m.

Terumbu karang merupakan ekosistem perairan laut dangkal yang paling ekstensif di bumi dan secara biologis paling produktif di perairan laut tropis. Terumbu karang sering dijumpai di ekosistem perairan yang sangat miskin akan unsur hara dan mempunyai produktivitas primer yang rendah, akan tetapi produktivitas di ekosistem terumbu karang itu sendiri sangat tinggi (Supriharyono, 2000). Produktivitas primer pada ekosistem terumbu karang antara 1500-3500 g C/m²/tahun (Stoddart, 1969; Odum, 1971). Tingginya produktivitas primer di perairan terumbu karang, memungkinkan perairan ini sering merupakan tempat pemijahan (*spawning ground*), pengasuhan (*nursery ground*), pembesaran (*rearing ground*), dan mencari makan (*feeding ground*) dari kebanyakan ikan. Oleh karena itu, secara otomatis produksi hasil-hasil perikanan di daerah terumbu karang sangat tinggi. Menurut Salm (1984) 16 % dari total hasil ekspor ikan dari Indonesia berasal dari daerah karang. Indonesia juga dikenal sebagai negara pengekspor ikan karang terbesar di dunia.

Di daerah terumbu karang di perairan Indonesia terdapat 2.057 spesies ikan karang dan 113 famili (Allen & Adrim, 2003), di antaranya Acanthuridae, Caesionidae, Haemulidae, Lethrinidae, Mullidae, Scaridae, Serranidae, Siganidae, Apogonidae, Chaetodontidae, Balistidae, Fistulariidae, Holocentridae, Labridae, Monacanthidae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Zancidae, Lutjanidae, Labridae, Blenniidae, Muraenidae, Priacanthidae, Mullidae, Ostraciidae, Lamnidae, Sphyrnidae, Sphyrnidae, Synodontidae, Carangidae, Carcharnidae, Tetraodontidae, dan Scorpaenidae.

Berdasarkan distribusi harian, ikan karang dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok diurnal, nokturnal, dan crepuscular. Ikan diurnal aktif aktif berinteraksi pada siang hari, ikan nokturnal

kehidupannya aktif pada malam hari, sedangkan ikan crepuscular aktif pada waktu pergantian antara siang dan malam (sore hari).

Distribusi ikan karang pada ekosistem terumbu karang sebagian besar adalah ikan-ikan diurnal yang mencari makan dan tinggal di permukaan karang. Contoh ikan-ikan diurnal adalah dari famili Pomacentridae, Chaetodontidae, Acanthuridae, Labridae, Lutjanidae, Balistidae, Scaridae, Serranidae, Tetraodontidae, Blenniidae, dan Gobiidae. Sementara itu, ikan-ikan nokturnal terdapat dalam jumlah yang sedikit, dimana pada siang hari ikan-ikan ini menetap pada gua-gua dan bersembunyi pada celah-celah karang. Termasuk jenis nokturnal yaitu dari famili Holocentridae, Apogonidae, Haemulidae, Muraenidae, Scorpaenidae, Serranidae, dan Labridae. Sedangkan ikan-ikan crepuscular terdapat dalam jumlah yang kecil dan kadang juga aktif pada siang hari, misalnya dari famili Sphyraenidae, Serranidae, Carangidae, Scorpaenidae, Synodontidae, dan Muraenidae (Allen & Steene, 1990 dalam Junaedi, 2011; Latuconsina, 2016).

B. AIR TAWAR

Ekosistem air yang terdapat di daratan atau ekosistem air tawar secara umum dibagi atas 2 (dua) yaitu: (1) perairan lentik (*lentic*) atau yang disebut juga perairan tenang misalnya danau, rawa, waduk, dan situ, dan (2) perairan lotik (*lotic*) yaitu perairan berarus deras misalnya sungai dan saluran irigasi. Perairan lentik mempunyai kecepatan arus yang lambat serta terjadi akumulasi massa air dalam periode waktu yang lama, sementara perairan lotik umumnya memiliki kecepatan arus yang tinggi disertai perpindahan massa air yang berlangsung dengan cepat.

Kottelat *et al.* (1993) membedakan ikan-ikan air tawar ke dalam dua kelompok besar, berdasarkan kemampuan ikan tersebut untuk bertahan hidup di dalam perairan yang berbeda-beda, yaitu ikan air tawar primer dan ikan air tawar sekunder. Ikan air tawar primer adalah ikan-ikan yang sedikit toleran atau sama sekali tidak toleran terhadap air laut, baik di masa lalu maupun saat ini. Sebaliknya, ikan air tawar sekunder adalah ikan-ikan yang saat ini anggotanya hidup di perairan tawar tetapi dapat mentoleransi air dalam waktu yang singkat. Sebagian besar kelompok ikan air tawar sekunder berasal dari perairan laut. Menurut Bone & Moore (2003) dalam Omar (2012), jumlah spesies ikan tawar primer mencapai 87,5 % dari keseluruhan ikan air tawar yang ada.

Kelompok ikan air tawar primer didominasi (lebih dari 93 %) oleh ikan-ikan dari superordo Ostariophysi (Cypriniformes, Characiformes, dan sebagian besar Siluriformes). Selain itu, yang juga termasuk ikan air tawar primer antara lain adalah ikan paru-paru, Osteoglossidae (di Afrika, Amerika Selatan, Australia, dan Asia Tenggara), Mormyridae (di Afrika), Esocidae, dan Percidae. Di Indonesia bagian barat dan Sulawesi, selain ikan-ikan Ostariophysi, yang termasuk ikan air tawar primer adalah anggota dari Anabantoidae, Channoidei, Mastacembelidae, Nandidae, dan Pristolepididae. Ikan-ikan air tawar sekunder meliputi anggota dari Atheriniformes, Cichlidae, Centrarchidae, Cyprinodontiformes, dan Galaxiidae. Selain itu, anggota dari Adrianichthyidae, Aplocheilidae, dan Sundasalangidae, merupakan ikan air tawar sekunder yang umum ditemukan di perairan Indonesia bagian barat dan Sulawesi (Omar, 2012).

Perairan tawar Indonesia bagian Barat yang meliputi Sumatera, Kalimantan, dan Jawa, dihuni lebih dari 500 spesies ikan yang lebih dari 70 % di antaranya termasuk golongan ikan air tawar asli. Sedangkan menurut Ondara (1987) terdapat sekitar 100 spesies ikan yang hidup dan berkembangbiak di sungai-sungai besar di daerah Sumatera dan Kalimantan. Di antara 100 spesies ikan tersebut terdapat ikan ekonomis penting yang potensial untuk didomestikasi dan dibudidayakan. Sementara di Indonesia bagian Tengah (daerah Wallacea) yang meliputi Sulawesi, Maluku dan Nusa Tenggara dihuni oleh 50 spesies ikan yang hampir seluruhnya tidak termasuk dalam golongan ikan air tawar asli. Sedangkan di bagian Timur (daerah Sahul) yang meliputi Papua (Irian Jaya) dihuni oleh 100 spesies ikan yang sebagian besar termasuk dalam jenis ikan yang euryhaline (Ondara, 1982). Sementara menurut Kottelat *et al.* (1993) di Indonesia

Bagian Barat dan Sulawesi terdapat sekitar 900 spesies ikan yang hidup baik sementara atau menetap di air tawar.

Di perairan Indonesia terdapat sekitar 8 spesies sidat, yaitu *A. ancestralis*, *A. celebesensis*, *A. marmorata*, *A. bicolor*, *A. borneensis*, *A. australis*, *A. nebulosa*, dan *A. mossambica*. Nontji (1987) menyebut 9 spesies sidat di perairan Indonesia, Romimohtarto dan Juwana (2004) menyebut 8 spesies, sedangkan Kottelat *et al.* (1993) mengidentifikasi ada 5 spesies, yaitu: *A. bicolor*, *A. borneensis*, *A. celebesensis*, *A. marmorata*, dan *A. nebulosa*. Namun spesies yang paling banyak ditangkap di perairan Indonesia adalah *A. bicolor* (*A. spengeli*, *A. australis*) yang populer sebagai sidat Indonesia atau sidat anjing, dan *A. marmorata* (*A. mauritiana*) yang disebut sidat kembang atau uling kembang. Sedangkan spesies *A. borneensis* dan *A. celebesensis* merupakan sidat endemik di Kalimantan dan Sulawesi. Sidat spesies *A. marmorata* merupakan sidat kosmopolitan dengan sebaran di seluruh perairan tropis. Spesies *A. marmorata* dikenal sebagai sidat Taiwan.

Sidat hidup di sungai-sungai yang bermuara di laut-laut yang dalam, seperti pesisir barat Sumatera, Selatan Jawa, timur Kalimantan, Sulawesi, Bali, Maluku, Papua/Irian Jaya, tetapi hampir tidak dikenal sama sekali di sungai-sungai yang bermuara di laut-laut yang dangkal di Paparan Sunda karena mungkin larvanya tidak bisa mencapainya.

1. Perairan Mengalir

Biom lotik (air yang mengalir) dipengaruhi oleh jatuhnya aliran atau perubahan vertikal per satuan panjang. Aliran yang dimaksudkan terjadi di beberapa sumber air di ketinggian dan mengalir ke bawah pada laju yang dipengaruhi oleh relief ketinggian dan rasio antara volume aliran dan volume tempat arus. Laju aliran secara perlahan menurun pada ketinggian yang lebih rendah dan volume air meningkat sampai arus yang besar akhirnya menjadi tenang. Selama transisi dari sungai yang alirannya cepat dan bergelombang ke sungai yang tenang dan alirannya lambat ini, temperatur air cenderung meningkat, oksigen yang tersedia menurun, dan dasar sungai berubah dari berbatu ke berlumpur (McNaughton & Wolf, 1990).

Sifat ekosistem lotik secara fundamental diatur oleh laju aliran. Kecepatan kritis terjadi kurang lebih 50 cm/detik (Nielsen, 1950). Di atas kecepatan ini, dasar sungai terdiri dari partikel-partikel yang lebih besar dengan diameter lebih besar dari 5 mm, sebagai akibatnya sungai akan memiliki dasar yang keras dan mungkin berbatu. Di bawah 50 cm/detik, partikel-partikel yang lebih kecil dari 5 mm terdeposit, dan dasar sungai menjadi lembut dan berpasir atau berlempung. Semua sungai kecuali sungai pegunungan dan sungai yang datar merupakan campuran aliran (*rapid*) dan pool, dicirikan oleh laju aliran di atas dan di bawah 50 cm/detik karena dipengaruhi oleh perubahan dasar sungai dan relief topografi (McNaughton & Wolf, 1990).

Secara umum, sungai dapat dibedakan atas dua zona, yaitu: (a) zona riam atau zona arus adalah bagian sungai berair dangkal tetapi arus air cukup kuat untuk mencegah mengendapnya sedimen di dasar sehingga dasar sungai bersifat padat. Dihuni oleh organisme bentik atau perifiton khusus yang melekat atau berpegang erat pada substrat padat, dan ikan-ikan yang dapat melawan arus yang kuat; dan (b) zona lubuk atau zona arus lambat adalah wilayah berarus air lemah dan lebih dalam daripada zona riam. Partikel-partikel cenderung mengendap sebagai suspensi di dasar sungai sehingga dasar sungai lunak dan tidak dapat dihuni oleh bentos yang hidup di permukaan dasar sungai. Organisme yang terdapat di wilayah ini adalah bentos yang hidup dalam dasar, nekton, dan kadang-kadang plankton (Omar, 2012).

Sementara Rahardjo *et al.* (2011) membedakan perairan sungai atas dua segmen atau wilayah, yaitu daerah hulu (ritron) dan segmen hilir (potamon). Di daerah hulu atau ritron, sifat mencolok terletak pada arus sungai yang deras. Ikan harus beradaptasi dengan variasi arus sungai. Spesies ikan banyak yang mempunyai bentuk tubuh ramping memanjang, sebagai upaya mengurangi gesekan akibat arus yang

deras. Beberapa spesies lain mengembangkan anggota tubuh untuk mempertahankan posisi agar tak terbawa oleh arus yang deras. Ikan kekel (*Glyptothorax platypogo*, Gobiidae) mengembangkan sirip ventral agar mampu menempel pada bagian yang keras. Ikan yang hidup di dasar membentuk tubuh bagian ventral yang rata/datar, serta punggung yang tidak terlalu tinggi.

Dibandingkan dengan daerah ritron, di daerah potamon arus relatif menjadi lambat dan debit yang lebih besar karena melebarnya sungai. Secara umum alur badan sungai menjadi lebih kompleks. Pada daerah tepi sungai (daerah rawa banjir) sering tergenang pada musim penghujan dan mengering pada musim kemarau. Ikan mempunyai bentuk yang lebih beragam. Beberapa spesies ikan penghuni daerah ritron masih dapat ditemukan di samping ikan yang memang penghuni daerah potamon. Dengan beragamnya makrohabitat sungai maka ditemukan ikan yang menghabiskan seluruh atau sebagian hidupnya di sungai utama mempunyai bentuk yang memanjang seperti wader (*Puntius binotatus*). Sebaliknya pada area yang arusnya tertahan (melemah), dan sering diasosiasikan dengan tumbuhan, dihuni oleh spesies yang bentuk tubuhnya mudah bermanuver atau berakselerasi cepat pada jarak yang pendek, misalnya lalawak (*Barbonymus balleroides*) (Rahardjo *et al.*, 2011).

Kedalaman sungai mengatur distribusi ikan dan mobilitas ikan-ikan tersebut (Sheldon, 1968). Spesies-spesies ikan berbeda pada setiap tipe dasar sungai. Menurut Gerking (1959) sebuah sungai terdiri dari serangkaian populasi ikan yang relatif berbeda sepanjang sungai tersebut.

Produsen primer dalam aliran secara khusus terdiri dari diatom dan alga gelatinous hijau dan hijau biru, yang membentuk suatu komunitas berlumpur yang disebut *aufwuch* pada permukaan-permukaan batuan. Dalam pool, tumbuh-tumbuhan yang lebih tinggi yang tumbuh pada lumpur lembut di dasar pool, mungkin hadir sebagai tambahan terhadap *aufwuch*. Konsumen tingkat pertama dalam aliran biasanya larva serangga yang mampu mempertahankan posisinya dalam arus yang deras karena tubuhnya yang berbentuk streamline dan organ-organ kait larva (*blackfly* dan *caddishfly*) atau penghisap (*water penny beetle*) yang menahannya pada permukaan-permukaan batuan (Nielsen, 1950). Adaptasi lainnya dari hewan-hewan terhadap habitat aliran meliputi keberadaan yang hampir universal dari *positive rheotaxis*, yaitu kecenderungan behavioral untuk mencari dan berenang di bagian atas permukaan sungai dan *positive thigmotaxis*, yaitu kecenderungan behavioral untuk memegang beberapa permukaan. Sebaliknya konsumen tingkat pertama dalam pool kelihatannya melubangi cacing dan larva serangga (McNaughton & Wolf, 1990).

Sementara menurut Anwar *et al.* (1984) beberapa hewan hidup di permukaan air dengan kekuatan tegangan permukaan. Jenis-jenis hewan ini disebut neuston, seperti Gerridae yaitu hewan peluncur air yang bergerak maju di atas permukaan air. Kebanyakan jenis lain hidup di dalam air. Jenis yang mampu berenang disebut nekton, jenis lainnya adalah zooplankton. Zooplankton yang paling umum dijumpai adalah Rotifera dan krustase kecil, yaitu kutu air atau Cladocera dan Copepoda. Seperti fitoplankton, zooplankton terbanyak ditemukan di bagian hilir sungai.



Gambar 15. Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*), salah satu ikan sungai

Bagian-bagian habitat sungai di Indonesia dapat dibedakan dari hulu ke hilir berdasarkan karakteristik umum geomorfologinya (Kottelat & Whitten, 1996 dalam Maryono, 2008), sebagai berikut:

- (1) Sungai kecil di pegunungan; habitat ini memiliki kemiringan memanjang tinggi, biasanya juga dengan kandungan oksigen terlarut tinggi, temperatur rendah, dasar sungai berbatu, dan sering dijumpai adanya jeram. Habitat ini biasanya tersusun oleh beberapa mikrohabitat yang tersusun sebagai mosaik, dengan komunitas organisme yang khas untuk setiap mikrohabitat. Kebanyakan ikan dan mikro invertebrata yang dijumpai memiliki adaptasi tubuh dengan mulut penghisap, tubuh memipih dorso-ventral, atau sirip samping yang kuat agar bertahan terhadap sapuan arus air.
- (2) Sungai kecil di kaki gunung dan dataran rendah, yang tidak lebar dan biasanya tertutup oleh kanopi pohon. Pada musim kemarau sungai ini sangat dangkal, jernih, dan mengalir membentuk *pool* dan *riffle*. Pada musim hujan, sungai ini meluap, membanjiri bantaran di kanan kirinya. Pada musim ini sebagian besar jenis ikan berpijah pada kolam-kolam yang terbentuk oleh banjir atau anak-anak sungai yang lebih kecil. Dengan struktur habitat yang heterogen, sungai kecil di kaki gunung dan dataran rendah memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, baik ikan maupun fauna lainnya.
- (3) Sungai besar, oxbow, dan danau oxbow. Tipe habitat ini memiliki kemiringan memanjang rendah, kandungan oksigen terlarut rendah, temperatur tinggi, turbiditas tinggi, dan kandungan hara tinggi. Banjir yang selalu terjadi pada musim hujan berperan penting bagi perkembangbiakan ikan. Danau oxbow yang banyak terbentuk sangat penting sebagai tujuan migrasi ikan serta sebagai peretensi air (menampung kelebihan air pada musim hujan dan melepas air pada musim kemarau).
- (4) Estuari. Pada habitat ini berlangsung interaksi antara air tawar dan air laut dalam siklus harian, bulanan, dan tahunan. Estuari merupakan daerah transit bagi zat-zat hara yang dibawa oleh sungai, tempat hidup berbagai jenis fauna laut yang bernilai ekonomi tinggi, serta daerah transit bagi ikan yang bermigrasi dari laut ke sungai.
- (5) Gua dan sungai bawah tanah. Belum banyak penelitian mengenai fauna yang menghuni gua dan sungai bawah tanah di Asia pada umumnya, khususnya Indonesia. Fauna yang hidup pada habitat ini biasanya sangat terbatas, beberapa di antaranya merupakan jenis-jenis khas dengan modifikasi pada organ penglihatan dan pigmen tubuh. Predator yang menghuni gua-gua karst di Indonesia di antaranya adalah ikan sidat (*Anguilla* sp.).

Sungai bagian hulu dicirikan dengan badan sungai yang dangkal dan sempit, tebing curam dan tinggi, berair jernih dan mengalir cepat serta mempunyai populasi (jenis maupun jumlah) biota air sedikit. Sungai bagian hilir umumnya lebih lebar, tebingnya curam atau landai, badan air dalam, keruh, aliran air lambat, dan populasi biota air di dalamnya termasuk banyak, tetapi jenisnya kurang bervariasi. Sedangkan muara adalah bagian sungai yang berbatasan dengan laut. Di bagian sungai ini mempunyai tebing landai dan dangkal, badan air dalam, keruh serta mengalir lambat. Pada saat air laut pasang, air sungai mengalir ke hulu. Air di muara sungai bersifat tawar sampai payau. Ketinggian permukaan badan air sangat dipengaruhi oleh pasang dan surutnya air laut.

Ikan-ikan penghuni sungai biasanya merupakan anggota dari famili Cobitidae, Cyprinidae, Gobiidae, dan Poeciliidae. Beberapa ikan sungai meletakkan telurnya di antara bebatuan di dasar sungai, antara lain famili Catostomidae, Cyprinidae, Etheostomatinae, Petromyzonidae, dan Salmonidae (Omar, 2012). Pada zona arus (riam) Sungai Serayu Hulu ditemukan antara lain *Nemacheilus spiniferus*, *Hemibagrus baramensis*, dan *Sicyopterus Cynocephalus*. Sebaliknya pada zona lubuk (arus lambat) ditemukan antara lain ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), ika gabus (*Channa striata*), ikan nilem (*Osteochilus vittatus*), ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), dan anggota dari Poeciliidae (Hadisusanto *et al.*, 2000 dalam Omar, 2012). Di Sungai Opak-Oya Yogyakarta, spesies *Nemacheilus fasciatus*, *Micropis* sp, *Rasbora argyrotaenia*, *Xiphophorus hellerii*, *Puntius binotatus*, dan *Channa gachua* ditemukan di bagian hulu di pegunungan hingga di bagian sungai yang berarus lambat (Tabel 8).

Di hulu Sungai Cimanuk, Jawa Barat ditemukan 14 jenis ikan, di daerah tengah 21 jenis, dan di daerah hilir 15 jenis. Dari keseluruhan 40 jenis ikan yang termasuk dalam 20 famili. Cyprinidae merupakan famili yang terbanyak ditemukan anggotanya (13 jenis) diikuti oleh Bagridae (7 jenis) (Sjafai *et al.*, 2001 dalam Omar,

2012). Penelitian Rachmatika (2001) di daerah aliran Sungai Mendalam, Taman Nasional Betung Kerihun, Kalimantan Barat, menemukan 69 jenis ikan yang terdiri atas 39 genera, 12 famili, dan 5 ordo. Jenis-jenis yang paling umum ditemukan adalah Cyprinidae (47,78 %), Balitoridae (14,08 %), dan Cobitidae (12,67 %). Sedangkan penelitian Hadiaty (2001) di Cagar Alam Muara Kendawangan, Kalimantan Barat ditemukan 40 jenis ikan yang berasal dari 14 famili. Ikan-ikan yang umum ditemukan berasal dari Cyprinidae (11 jenis), Belontiidae, Channidae, dan Gobiidae (masing-masing 5 jenis). Sebaliknya di Sungai Cibareno, Taman Nasional, Gunung Halimun ditemukan 29 jenis ikan yang didominasi oleh Gobiidae (9 jenis) dan Cyprinidae (4 jenis).

Tabel 8. Spesies ikan yang hidup di Sungai Opak-Oya, Yogyakarta (Matabiogama, 1995; Bapedalda DIY, 2000 & 2003; Suadi *et al.*, 2001)

Jenis	Habitat			
	Sungai kecil di pegunungan	Sungai kecil di kaki gunung dan dataran rendah	Sungai besar, oxbow, dan danau oxbow	Estuari
Uceng (<i>Nemacheilus fasciatus</i>)	√	√	√	
Sili (<i>Micropis</i> sp)	√	√	√	
Wader pari (<i>Rasbora argyroteenia</i>)	√	√	√	
Ikan pedang (<i>Xiphophorus hellerii</i>)*	√	√	√	
Wader cakul (<i>Puntius binotatus</i>)	√	√	√	
Kotes (<i>Channa gachua</i>)	√	√	√	
Tempel watu (<i>Akysis</i> sp)		√		
Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)		√	√	
Lele (<i>Clarias batrachus</i>)		√	√	
Sapu-sapu (<i>Liposarcus pardalis</i>)*		√	√	
Seribu/guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)*		√	√	
Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)*		√	√	
Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)		√	√	√
Gabus (<i>Channa striata</i>)		√	√	√
Lunjar (<i>Oryzias javanicus</i>)			√	
Nilem (<i>Osteochilus pleurotaenia</i>)			√	
Skorpion (<i>Tetraroge barbata</i>)			√	
Boso (<i>Awaous personatus</i>)			√	
Boso gedangan (<i>Odonteleotris macrodon</i>)			√	
Lampan (<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>)			√	
Sidat cacing (<i>Moringua raitaborua</i>)			√	√
Kuweh (<i>Caranx ignobilis</i>)			√	√
Kuweh (<i>Caranx sexfasciatus</i>)				√
Keting/baung putih (<i>Hemibagrus nemurus</i>)			√	
Keting/baung kuning (<i>Hemibagrus planiceps</i>)				√
Singaringan (<i>Mystus nigriceps</i>)			√	√
Belanak (<i>Mugil cephalus</i>)			√	√
Julung-julung (<i>Dermogenys pusilla</i>)			√	√
Beloso (<i>Glossogobius giuris</i>)				√
Kapas-kapas (<i>Gerres kapas</i>)				√
Pethek (<i>Leiognathus splendens</i>)				√
Kakap (<i>Lates calcalifer</i>)				√
Krot-krot (<i>Pomadourys hasta</i>)				√
Kiper (<i>Scatophagus argus</i>)				√
Bojor (<i>Sillago sihama</i>)				√
Terongan (<i>Tetraodon lineatus</i>)				√

Sumber: Maryono (2008)

Keterangan: * jenis introduksi (bukan jenis asli daerah setempat, dimasukkan ke daerah ini untuk tujuan tertentu); √ = ada/ditemukan. Data diambil antara tahun 1995 sampai tahun 2003 pada kondisi sungai dan bantaran sungai mengalami modifikasi untuk keperluan pertanian, industri, pemukiman, dan pertambangan pasir.

2. Perairan Tergenang

Biom lentik (air tergenang), yaitu suatu tipe ekosistem di mana airnya tergenang, seperti danau, rawa, kolam, dan waduk. Biom lentik dibedakan dengan biom lotik oleh laju pergantian airnya yang lebih rendah. Namun, perbedaan antara sungai dan danau hanyalah soal tingkatannya, karena hampir pada semua danau, air mengalir ke dalam dan keluar danau, dan sifat fisik dan biotanya mirip dengan sungai. Perbedaan menyolok antara sungai dan danau terletak pada jangka waktu relatif air berada di tempat-tempat tersebut. Dalam hal ini, air di dalam danau berada lebih lama dari pada di sungai. Ekosistem danau termasuk habitat air tawar yang memiliki perairan tenang yang dicirikan oleh adanya arus yang sangat lambat sekitar 0,1-1 cm/detik atau tidak ada arus sama sekali (Wetzel, 2001).

Biom lentik dibagi ke dalam tiga zona (McNaughton & Wolf, 1990), yaitu: (1) *Zona litoral (littoral)*, yakni bagian tepi danau ke arah bawah garis tepi ke populasi-populasi yang paling dalam dari tumbuhan yang tumbuh di dalam atau melekat pada dasar danau/waduk. Spesies tumbuhan yang muncul di permukaan juga merupakan spesies rawa yang bisa menutupi area yang luas di mana suksesi danau telah mengakibatkan hilangnya permukaan air. Bagian-bagian air yang lebih bawah umumnya ditutupi oleh *aufwuch* (komunitas akuatik yang terdiri dari diatom dan ganggang hijau yang bergabung dengan substrat). Zona littoral terdiri dari berbagai berbagai konsumen, seperti krustase kecil, cacing pipih, larva serangga, dan siput, demikian pula konsumen yang lebih besar seperti, ikan, katak, kura-kura dan ular. (2) *Zona limnetik*, adalah air yang terbuka sampai ke kedalaman yang masih dapat ditembus oleh cahaya. Bagian perairan ini terdiri dari produser-produser planktonik, khususnya diatom dan spesies alga hijau dan alga hijau biru. Zooplankton merupakan konsumen primer ordo pertama dalam zona limnetik. (3) *Zona profundal*, yaitu bagian di perairan terbuka di bawah zona limnetik. Zona ini mungkin relatif kecil dalam danau/waduk, meskipun zona ini kemungkinan merupakan volume air yang besar di danau-danau yang sangat dalam. Zona profundal diisi oleh air dan detritus dari zona limnetik di atasnya dan memiliki komunitas-komunitas dekomposer yang aktif dalam lumpur di dasar danau.

Karena tidak ada produktivitas primer bersih, kehidupan dalam zona profundal, kalornya bergantung pada bahan organik yang dialirkan dari zona litoral dan zona limnetik. Sedimen yang terdapat di dasar zona profundal juga menunjang populasi besar dari bakteri dan fungsi. Pembusuk ini menguraikan bahan organik yang mencapainya, membebaskan nutrien anorganik untuk daur ulang. Dengan aktivitas kedua mikroorganisme itu, bagian akhir energi yang mengalir melalui jaring-jaring makanan di danau dihamburkan ke alam sekitarnya. Di daerah dengan perubahan musim yang nyata sekali, pemanasan permukaan suatu danau dalam musim panas mencegah airnya bercampur dengan air yang lebih dalam. Hal ini disebabkan air hangat kurang padat atau kurang pekat daripada yang dingin. Air permukaan mampu memperoleh oksigen terlarut, sebagian dari udara di atas dan juga karena terdapat di zona limnetik, sebagian dibebaskan ke dalam air dalam fotosintesis. Tetapi air di zona profundal, karena ditiadakan dari kedua sumber oksigen ini, menjadi tergenang. Akan tetapi, dalam musim gugur ketika air permukaan menjadi sejuk, maka menjadi lebih pekat dan mengendap di dasar danau, dan membawa oksigen bersamanya (Kimball, 1991).

Cahaya matahari merembes sampai pada kedalaman tertentu pada semua danau/waduk sehingga permukaan air agak hangat/panas. Lapisan air yang hangat/panas dinamakan *epilemnion*, sedangkan lapisan air yang dingin disebut *hipolemnion*. Daerah antara dua daerah perubahan temperatur disebut lapisan *termoklin* (McNaughton & Wolf, 1990). Pada Danau Lau Kavar, termoklin terjadi pada kedalaman 8,5 m, tetapi hipolemnion telah mulai terjadi pada kedalaman 10 m di bawah permukaan danau, di mana suhunya merata sebesar 21 °C (Anwar *et al.*, 1984).

Stratifikasi suhu mempunyai pengaruh yang menarik terhadap air di bagian dasar danau. Organisme yang berfotosintesis tumbuh subur pada air di bagian permukaan yang ditembus oleh banyak cahaya, karena itu di bagian *epilemnion* mendapatkan persediaan oksigen yang cukup. Tetapi pada air yang keruh di

bagian hipolemnion hampir tidak ada fotosintesis, sehingga hampir tidak ada produksi oksigen. Pengukuran stratifikasi oksigen di Danau Lau Kawar, menunjukkan bahwa perbatasan antara air yang mengandung cukup oksigen dan air yang hampir tidak mengandung oksigen terletak di antara 6 meter, 5-7 m di bawah permukaan air danau. Pada kedalaman 10 m di bawah permukaan, air mulai hampa oksigen (Anwar *et al.*, 1984).

Sebagian besar organisme pada lapisan epilemnion akhirnya masuk ke hipolemnion, apabila organisme itu mati atau bila pemangsa atau herbivora membuang kotorannya. Dengan demikian, pada epilemnion mengalami suatu pengurangan hara, sedangkan hipolemnion mengalami penambahan hara. Perbatasan antara air permukaan yang sedikit haranya (konduktivitas rendah) dan air yang lebih dalam di mana haranya lebih tinggi (konduktivitas tinggi) terletak pada kedalaman 7,5 m.

Sementara konsumsi oksigen sekitar 4-9 kali lebih cepat pada danau-danau di daerah tropis dari pada danau-danau daerah iklim sedang, karena suhu pada hipolemnion danau-danau di daerah tropis antara 15-20 °C lebih tinggi, sehingga karbondioksida dan bahan terlarut lain lebih cepat dibebaskan, dan pada danau yang lebih dalam, sebagian besar dari bahan-bahan yang jatuh ke dasar telah diurai sebelum sampai ke dasar. Karenanya, pada dasar danau yang paling dalam terdapat endapan silika yang hampir murni dalam bentuk kulit diatom dan jarum-jarum sponggila. Juga ditemukan kadar fosfat dan amonium yang sangat tinggi di beberapa hipolemnion. Misalnya, di bawah 60 m Danau Maninjau telah diperkirakan adanya 1.500 ton fosfat dan 7.000 ton amonium. Oleh karena itu, maka air dari lapisan yang lebih dalam lebih baik untuk pengairan sawah daripada air permukaan, sehingga menghemat pupuk buatan (Anwar *et al.*, 1984).

Perairan danau merupakan salah satu bentuk ekosistem air tawar yang ada di permukaan bumi. Secara fisik, danau merupakan suatu tempat yang luas, mempunyai air yang tetap, jernih atau beragam dengan aliran tertentu dan keberadaan tumbuhan air terbatas hanya pada daerah pinggir saja (Barus, 2004). Danau adalah cekungan besar di permukaan bumi yang digenangi oleh air, bisa berupa air tawar ataupun air asin yang seluruh cekungan tersebut dikelilingi oleh daratan.

Danau adalah wilayah yang digenangi badan air sepanjang tahun serta terbentuk secara alami. Sumber air danau berasal dari sungai yang mengalir ke danau dan rembesan air di sekitarnya. Pembentukan danau terjadi karena gerakan kulit bumi sehingga bentuk dan luasnya sangat bervariasi. Danau yang terbentuk sebagai akibat gaya tektonik kadang-kadang badan airnya mengandung bahan-bahan dari perut bumi seperti belerang dan panas bumi. Bahan belerang bersifat racun bagi organisme, sedangkan panas bumi dalam batas tertentu menyuburkan perairan.

Pada dasarnya proses terjadinya danau dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) yaitu: danau alami dan danau buatan. Danau alami merupakan danau yang terbentuk sebagai akibat dari kegiatan alamiah, misalnya karena kegiatan vulkanik, kegiatan tektonik, dan bencana alam. Sedangkan danau buatan adalah danau yang dibentuk dengan sengaja oleh kegiatan manusia dengan tujuan-tujuan tertentu (Odum, 1971). Berdasarkan proses terjadinya, dikenal 7 jenis danau, yaitu: (1) danau tektonik, yaitu danau yang terbentuk akibat penurunan muka bumi karena pergeseran/patahan, (2) danau vulkanik, yaitu danau yang terbentuk akibat aktivitas vulkanik/gunung berapi, (3) danau tekto-vulkanik, yaitu danau yang terbentuk akibat percampuran aktivitas tektonik dan vulkanik (4) danau bendungan alami, yaitu danau yang terbentuk akibat lembah sungai terbungkus oleh aliran lava pada saat erupsi terjadi, (5) danau karst, yaitu danau yang terbentuk akibat pelarutan tanah kapur, (6) danau glasial, yaitu danau yang terbentuk akibat mencairnya es/keringnya daerah es yang kemudian terisi air, dan (7) danau buatan, yaitu danau yang terbentuk akibat aktivitas manusia. Danau tektonik, vulkanik, tekto-vulkanik, bendungan alami, karst dan glasial merupakan danau alami yang terjadi secara alamiah, sedangkan danau buatan merupakan danau buatan manusia yang biasa disebut bendungan atau waduk.



Gambar 16. Betutu (*Oxyeleotris marmorata*), salah satu ikan danau

Di Indonesia terdapat sekitar 521 danau alami dan pada umumnya berukuran kecil. Danau alam di Indonesia terdiri dari kumpulan danau-danau yang unik; 63 danau kawah dan kaldera, dan danau tektonik-vulkanik, tektonik, fitogenik, daerah banjir, dan danau buatan (waduk). Di antara 521 danau, terdapat 40 danau mempunyai kedalaman lebih dari 100 m (Lehmusluoto, 2006), dan tiga danau memiliki kedalaman lebih dari 400 m, yaitu Danau Matano di Sulawesi Selatan (kedalaman maksimum 590 m), Danau Toba di Sumatera Utara (505 m), Danau Poso di Sulawesi Tengah (450 m) (Omar, 2012). Dari 521 danau yang luasnya lebih dari 10 hm², dengan luas keseluruhan mencapai 491.724 hm² (KLH, 2008), tersebar di Sumatera (170), Kalimantan (139), Jawa dan Bali (31), Nusa Tenggara (14), Sulawesi (30), Maluku (10), dan Papua (127).

Para ahli ekologi menggolongkan danau ke dalam 3 jenis berdasarkan kandungan hara dan produktivitas bahan organik, yaitu: (1) danau oligotrofik, (2) danau mesotrofik, dan (3) danau eutrofik. Danau eutrofik merupakan danau yang memiliki kadar hara tinggi, memiliki perairan dangkal, tumbuhan litoral melimpah, kepadatan plankton lebih tinggi, sering terjadi *blooming* alga dengan tingkat penetrasi cahaya matahari umumnya rendah (Goldmen & Horne, 1989). Sementara itu, danau oligotrofik adalah danau dengan kadar hara rendah, biasanya memiliki perairan yang dalam. Semakin dalam danau tersebut semakin tidak subur, tumbuhan litoral jarang dan kepadatan plankton rendah, tetapi jumlah spesiesnya tinggi. Danau Mesotrofik merupakan danau dengan kadar nutrisi sedang, juga merupakan peralihan antara kedua sifat danau eutrofik dan danau oligotrofik (Odum, 1971; Browne *et al.*, 2004).

Danau oligotrofik mempunyai kandungan hara yang rendah dan sedikit terdapat tumbuhan maupun hewan. Air danau oligotrofik pada umumnya jernih dan tidak produktif. Sedangkan danau eutrofik kaya akan hara dan menyokong kehidupan sangat banyak hewan maupun tumbuhan (Anwar *et al.*, 1984). Ada danau mesotrofik yang lama sekali berubah ke suatu tingkat berikutnya, tetapi ada juga danau mesotrofik yang dengan cepat menjadi dangkal di bagian tepinya dan 3-10 m saja di bagian tengah. Apabila kecepatan aktivitas biologi sangat tinggi dan konsentrasi organisme hidup yang besar, produksi bahan organik menjadi cukup besar dan air danau pun menjadi sangat keruh. Akibatnya, sinar matahari paling dalam hanya dapat menembus air hingga kedalaman 1-3 m saja. Air danau menjadi hangat/panas dan terjadilah perubahan komposisi spesies jasad hidup yang menjadi lebih kaya. Hal ini mengakibatkan selalu cukup tersedia zat makanan di permukaan air untuk mendukung berbagai kegiatan biologi, sehingga danau tersebut kemudian menjadi danau eutrofik. Akhir dari proses suksesi danau ini, apabila danau tersebut sudah sangat dangkal sehingga penuh dengan jasad hidup, yang dinamakan distrofik. Kondisi ini menunjukkan perubahan dari danau menjadi semacam rawa, lalu menjadi tanah daratan seperti biasa (Soeriaatmadja, 1989).

Penyebaran biota di dalam danau ditentukan oleh banyak faktor abiotik. Penyebaran plankton ditentukan oleh kepadatan air, suhu, intensitas cahaya, pasokan nutrisi, variasi pH, dan fotosintesis. Perbedaan penyebaran dari jenis plankton tidak hanya berbeda antara epilimnion dan hipolimnion, melainkan juga di dalam epilimnion itu sendiri. Fitoplankton biasanya tidak terdapat di bawah termoklin, melainkan pada Danau Toba yang jernih, beberapa fitoplankton masih terdapat pada hipolimnion (Anwar *et al.*, 1984).

Biota ekonomis penting di danau tidak berbeda dengan biota yang hidup di sungai, yaitu ikan, udang galah, lobster air tawar, dan sidat. Hal ini karena danau mempunyai sumber air dari sungai yang bermuara ke danau atau pembuangan danau melalui sungai yang bermuara ke laut. Udang galah dan sidat hanya bisa hidup di sungai dan danau, karena siklus hidup kedua biota ini bergantung pada laut.

Keragaman ikan di danau cenderung meningkat dengan meningkatnya luas dan kedalaman perairan. Di daerah litoral yang dangkal ada dua bentuk tubuh ikan yang menonjol. Kedua bentuk tersebut untuk menghadapi air yang bergerak pelan dari sungai genangan. Banyak spesies mempunyai tinggi badan yang tinggi dengan sirip pektoral atau sirip ventral yang berkembang baik sebagai suatu bentuk tubuh yang memudahkan untuk bermanuver, misalnya ikan gurami (*Osphronemus gouramy*). Sedangkan bentuk tubuh lainnya adalah bentuk tubuh yang memanjang yang disesuaikan dengan akselerasi cepat, misalnya ikan gabus (*Channa striata*) (Rahardjo *et al.*, 2011).

Di perairan limnetik yang terbuka, spesies ikan cenderung lebih ramping dengan batang ekor yang sempit, yang merupakan gambaran karakteristik ikan yang baik dalam menjelajah. Contohnya ikan hampal (*Hampala macrolepidota*). Ikan dasar seperti lele (*Clarias*), tagih (*Hemibagrus nemurus*), dan kebogerang (*Mystus nigriceps*) mempunyai bentuk tubuh yang memanjang dengan kepala datar dan melebar. Ikan-ikan menerkam mangsanya, sambil menyandarkan diri pada kemampuannya untuk berakselerasi dengan cepat pada jarak yang pendek (Rahardjo *et al.*, 2011).

Di danau-danau besar Afrika, spesies ikan dalam famili Cichlidae menunjukkan hubungan antara bentuk tubuh dengan habitat. Spesies yang memiliki bentuk tubuh pipih yang meninggi hidup berasosiasi dengan zona litoral yang lebih dangkal. Spesies yang hidup di zona limnetik (bagian terbuka di tengah danau jauh dari pinggiran) mempunyai bentuk tubuh yang lebih ramping (Rahardjo *et al.*, 2011).

Tabel 9. Jenis-jenis ikan yang ditemukan di Danau Toba

Jenis ikan	Soerjani <i>et al.</i> (1979)	Kartamihardja (1987)
Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	√	√
Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	√	√
Lele, sibahut (<i>Clarias batrachus</i>)	√	√
Lele, sibahut (<i>Clarias nieuhofi</i>)	√	
Batak, jurung, ihan (<i>Labeobarbus soro</i>)	√	√
Batak, jurung, ihan (<i>Neolissochilus thienemanni</i>) ^{a)}		
Bulan-bulan, asak (<i>Osteochilus hasselti</i>)	√	√
Pora-pora, undalap (<i>Puntius binotatus</i>)	√	√
Paitan (<i>Puntius gonionotus</i>)		√
Paitan (<i>Puntius javanicus</i>)	√	
Harunting (<i>Ophiocephalus striatus</i>)	√	√
Harunting (<i>Ophiocephalus micropeltes</i>)		√
Itok (<i>Channa gachua</i>)	√	
Kalui (<i>Osphronemus goramy</i>)	√	√
Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	√	√
Insor (<i>Nemachilus fasciatus</i>)	√	√
Siburicak, mangiring (<i>Rasbora jacobsoni</i>) ^{b)}	√	√
Ikan bunting (<i>Lebistes reticulatus</i>)	√	√
Kepala timah (<i>Aplocheilichthys panchax</i>)	√	

Sumber: Lukman (2013)

Keterangan: √ = ada/ditemukan; ^{a)} Kottelat *et al.* (1993); ^{b)} pada Soerjani *et al.* (1979) hanya sebagai *Rasbora* sp.

Di Danau Toba terdapat sekitar 20 jenis ikan, baik ikan asli maupun ikan introduksi (Tabel 9). Publikasi dari Soerjani *et al.* (1979) mendata 18 spesies ikan, sedangkan dari Kartamihardja (1987) menyebut 13 spesies, termasuk beberapa ikan introduksi. Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) dimasukkan ke Danau Toba masing-masing pada 1940 dan 1937 (Sarnita, 1999). Saat ini ikan yang cukup melimpah adalah ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*), yang berasal dari Danau Singkarak. Ikan ini

ditebarkan pertama kali pada 2003 oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (Kartamihardja & Sarnita, 2008). Introduksi ini dilakukan sebagai upaya pemulihan populasi ikan karena terjadi krisis populasi ikan asli, seperti menurunnya kelimpahan ikan popra-pora (*Puntius binotatus*) sebagai dampak penurunan kualitas lingkungan dan dampak biologis dari penebaran ikan introduksi lain seperti mujair (Lukman, 2013).

Menurut Wargasasmita (1976) dalam Omar (2012) di Danau Tempe terdapat 8 jenis ikan air tawar sekunder dan 7 jenis ikan air tawar primer. Namun demikian, ikan air tawar primer ini juga sebagian besar merupakan ikan introduksi. Bale biawang atau ikan tambakan (*Helostoma temmincki*) diintroduksi tahun 1925, bale janggo atau sepat siam (*Trichogaster pectoralis*) dan bale kandeia atau tawes (*Barbonymus gonionotus*) pada tahun 1946 dan bale ulaweng atau ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada tahun 1948. Ikan lainnya yang diintroduksi di Sulawesi Selatan adalah bale calabai atau nilem (*Osteochilus vittatus*) dan bale ceppi atau lele (*Clarias batrachus*) (Kottelat., 1993). Kebanyakan jenis-jenis ikan di danau-danau di Sulawesi merupakan merupakan jenis-jenis ikan periferal, yaitu ikan yang asal-usulnya berasal dari laut sehingga mempunyai toleransi yang tinggi terhadap salinitas. Ikan-ikan yang termasuk divisi periferal antara lain Anguillidae, Carangidae, Chandidae, Eleotridae, Gerreidae, Gobiidae, Hemiramphidae, Kuhliidae, Lutjanidae, Ophichthidae, Scorpaenidae, Syngnathidae, Terapontidae, Tetraodontidae, dan Toxotidae.

Menurut Wargasasmita (2000) dalam Omar (2012) keanekaragaman ikan penghuni danau dan situ di Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi sebanyak 69 spesies yang berasal dari 22 famili. Jika dibedakan berdasarkan kelompoknya, maka kelompok ikan air tawar primer yang ditemukan sebanyak 52 spesies (11 famili) dan kelompok ikan air tawar sekunder sebanyak 17 spesies (11 famili).

Tabel 10. Komposisi jenis ikan penghuni perairan tawar di Sulawesi Selatan (Omar, 2011)

Jenis	Tipe perairan			
	Danau	Sungai	Rawa	Waduk
Belut (<i>Monopterus albus</i>)	√	√		
Bete (<i>Leiognathus equulus</i>)	√	√		
Betok (<i>Anabas testudineus</i>)	√	√	√	
Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>)	√		√	
Bungo (<i>Glossogobius giuris</i>)	√	√		
Gabus (<i>Channa striata</i>)	√	√		
Lele (<i>Clarias batrachus</i>)		√	√	
Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	√	√	√	√
Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	√	√	√	√
Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	√	√	√	√
Nilem (<i>Osteochilus vittatus</i>)	√	√	√	
Sepat rawa (<i>Trichopodus trichopterus</i>)		√	√	
Sepat siam (<i>Trichogaster pectoralis</i>)	√	√	√	√
Sidat (<i>Anguilla marmorata</i>)	√	√	√	
Tawes (<i>Barbonymus nonionotus</i>)	√	√	√	√

Sumber: Omar (2012)

Keterangan: √ = ada/ditemukan.

3. Kawasan Karst

Karst adalah bentangan alam yang juga dikenal sebagai bukit kapur atau danau karst. Danau karst adalah danau yang terbentuk akibat pelarutan tanah kapur. Kawasan karst terdiri atas kawasan eksokarst yaitu topografi yang berbukit-bukit, dan endokarst berupa gua-gua akibat pelarutan batuan gamping yang membentuk celah atau patahan. Di dalam gua-gua tersebut terdapat beberapa biota yang mampu beradaptasi untuk hidup pada kondisi gua yang memiliki kadar kapur yang tinggi dan sedikit air (Millyanawati, 2011; Omar, 2012).

Ciri khas ekosistem gua di antaranya adalah merupakan lingkungan yang tertutup dan tidak ada penetrasi cahaya matahari, suhu relatif konsisten sepanjang tahun, kelembaban udara sangat tinggi dan relatif stabil, dan sumber makanan yang terbatas. Umumnya gua-gua yang terdapat di dalam kawasan karst memiliki sungai dan danau bawah tanah. Sungai dan danau tersebut memiliki kadar kalsium karbonat yang tinggi. Selain itu, sungai dan danau ini ada yang berisi air secara berkala. Akibatnya, organisme penghuni gua harus melakukan adaptasi morfologis, fisiologis, dan tingkah laku agar dapat hidup di dalam gua tersebut (Omar, 2012).

Tabel 11. Jenis ikan penghuni gua di kawasan karst sekitar Yogyakarta

Jenis	Menoreh ^{a)}	Menoreh ^{b)}	Gunung Sewu	Gunung Kidul
<i>Channa gachua</i>	√	√		
<i>Channa striata</i>		√		
<i>Clarias gariepinus</i>				√
<i>Clarias olivaceus</i>			√	√
<i>Clarias</i> sp	√	√		
<i>Nemacheilus</i> sp		√		
<i>Poecilia reticulata</i>	√	√	√	
<i>Puntius binotatus</i>	√	√	√	√
<i>Puntius microps</i>			√	

Sumber: Omar (2012)

Keterangan: ^{a)} Sungai Cebong dan Sungai Sumitro; ^{b)} Curug Nglinggo, Sungai Mukus, Sungai Mudal, Gua Kiskendo dan Gua Sumurup; √ = ada/ditemukan.

Ikan-ikan yang hidup di dalam gua, baik yang terisolasi maupun yang semi terisolasi dari lingkungan sekitarnya, disebut ikan gua (Omar, 2012). Ada dua hipotesis tentang keberadaan ikan gua. Hipotesis yang pertama menyatakan bahwa ikan-ikan tersebut secara aktif masuk ke dalam gua, baik untuk mencari makanan maupun untuk menghindarkan diri dari predator, agar kelestarian populasinya di alam tetap terjadi. Hipotesis yang kedua menyatakan bahwa ikan-ikan tersebut secara pasif berada dalam gua akibat peristiwa alam (terperangkap di dalam gua akibat erosi, banjir, gempa bumi) dan selanjutnya beradaptasi dengan lingkungan gua (Hadiaty, 2012 dalam Omar, 2012).

Hadiaty (2012) dalam Omar (2012) menyatakan bahwa setelah mengalami proses evolusi ribuan tahun, ikan-ikan penghuni gua mengalami perubahan bentuk secara morfologi yang berbeda dengan kerabatnya yang hidup di ekosistem lainnya. Beberapa perbedaan yang terjadi pada ikan penghuni gua sebagai bentuk adaptasi hidup di lingkungan yang gelap di antaranya adalah: (a) mata yang mereduksi, mengecil, atau bahkan menghilang karena sudah tidak dibutuhkan lagi; (b) pola warna tubuh yang memudar dan secara berangsur-angsur menjadi tembus pandang (transparan); dan (c) perubahan pada organ perasa (sungut dan gurat sisi).

Penelitian tentang ikan-ikan gua diawali oleh temuan Max Carl Wilhelm Weber (1852-1937) dan Lieven Ferdinand de Beaufort (1879-1968) pada tahun 1916. Dua ilmuwan raksasa ini menemukan ikan spesies *Nemacheilus fasciatus* dan *Puntius microps* di kawasan karst Pegunungan Sewu, Jawa Tengah. Sejak itu, beberapa temuan ikan gua mulai dipublikasi, baik oleh peneliti lokal maupun asing. Di Pulau Tioman, Sulawesi, ditemukan ikan spesies *Grammonus thielei*. Ikan yang termasuk subfamili Bythitinae, famili Bythidae, ordo Ophidiiformes, ini tidak menunjukkan reaksi pada saat disinari dengan lampu sorot dan baru bergerak ketika dihindari sekitar 2 cm dari tubuhnya. Di kawasan karst Pulau Muna (Sulawesi Tenggara) ditemukan ikan *Diancistrus typhops*. Ikan buta berwarna merah ini termasuk subfamili Brosmophycinae, famili Bythidae, ordo Ophidiiformes (Omar, 2012).

Ikan-ikan yang ditemukan di gua-gua kawasan karst Maros (Sulawesi Selatan) ada yang bersifat endemik, tetapi ada juga yang merupakan ikan introduksi (Hadiaty, 2012 dalam Omar, 2012). Ikan-ikan endemik penghuni gua karst Maros antara lain: *Bostrychus* sp, ikan julung-julung *Dermogenys orientalis*, *Lagusia micracanthus*, ikan beseng-beseng *Marosatherina ladigesii*, *Nomorhamphus brembachi*, *Nomorhamphus liemi*,

Nomorhamphus sp, dan *Oryzias celebensis*. Penghuni gua karst Maros yang lain adalah: ikan betok *Anabas testudineus*, ikan masapi *Anguilla celebensis*, ikan kepala timah *Aplocheilus panchax*, ikan tawes *Barbonymus gonionotus*, ikan gabus *Channa striata*, ikan lele *Clarias batrachus*, ikan bungo *Glossogobius giuris*, *Mugilogobius* sp, ikan nila *Oreochromis niloticus*, ikan nilem (*Osteochilus vittatus*), ikan seribu *Poecilia reticulata*, *Rhyacichthys aspro*, ikan sepat rawa *Trichopodus trichopterus* dan ikan cinggir putri *Xiphophorus hellerii* (Omar, 2012).

Sementara ikan yang ditemukan di kawasan karst sekitar Yogyakarta disajikan pada Tabel 11. Beberapa spesies ikan yang ditemukan di gua-gua karst Yogyakarta memiliki kemiripan dengan ikan-ikan yang ditemukan di gua-gua karst Maros, di antaranya *Channa*, *Clarias*, dan *Poecilia reticulata*.[]

BAB IV. PLASMA NUTFAH IKAN ENDEMIK DAN INTRODUKSI

Plasma nutfah dan introduksi adalah dua faktor penting dalam kajian Biologi Perikanan. Plasma nutfah berhubungan dengan ketersediaan sumber daya genetik dan ketahanannya terhadap berbagai perubahan. Sedangkan introduksi adalah salah satu aktivitas manusia memasukkan spesies baru ke dalam suatu habitat, yang bertujuan untuk meningkatkan sumber daya. Namun, pada banyak kasus, introduksi menimbulkan berbagai permasalahan ekologis.

Telaah Biologi Perikanan sangat bermanfaat untuk menjaga ketersediaan genetik dan ketahanannya. Kajian mengenai aspek-aspek reproduksi ikan berguna untuk menjaga dan melestarikan plasma nutfah, terutama ikan-ikan yang mengalami tekanan dan ancaman kepunahan, dengan cara melakukan domestikasi. Domestikasi merupakan suatu perubahan di mana semua kegiatan organisme untuk memenuhi kebutuhan hidupnya disuplai oleh manusia sebagai domestikator dari sumber lain secara terarah dan terkontrol (Odum, 1971). Dalam proses domestikasi, ikan tersebut diharuskan/dipaksakan mampu berada dalam kondisi buatan, termasuk adaptasi genetik seperti dapat bertahan hidup pada kepadatan yang tinggi, tahan terhadap penanganan, dan makanan buatan. Langkah domestikasi adalah untuk mencegah kepunahan spesies asli, artinya mencegah kehilangan plasma nutfah. Di samping menambah keragaman komoditas budi daya, juga untuk meningkatkan produksi ikan perairan umum melalui restocking dan budi daya.

Telaah Biologi Perikanan berguna untuk merekomendasikan dilakukan introduksi terhadap spesies ikan tertentu. Kajian mengenai kebiasaan makanan dan cara makan serta reproduksi pada spesies asli pada suatu perairan umum, maupun spesies yang hendak diintroduksi berguna untuk membuat keputusan yang tepat. Rekomendasi harus berdasarkan kajian ilmiah, termasuk Biologi Perikanan dan keputusan yang diambil harus menguntungkan, tidak hanya ekonomi, tetapi juga ekologi.

A. PLASMA NUTFAH IKAN ENDEMIK

Plasma nutfah (*germ plasm*) adalah sumber daya genetik untuk penganeekaragaman dan perbaikan biota (Sudrajat, 2011). Menurut teori kontinuitas plasma nutfah atau weismannisme (*weismannism*)—teori yang dikemukakan oleh August Weismann (1834-1914)—bahwa muatan-muatan dari sel-sel reproduksi (sperma dan ovum) diturunkan tanpa perubahan dari satu generasi ke generasi berikutnya, tidak terpengaruh oleh setiap perubahan yang dialami oleh bagian tubuh yang lain (Martin, 2012).

Plasma nutfah perairan diperlukan untuk kelanjutan sumber daya, karena itu harus dikelola dengan baik dan terencana. Tanpa upaya itu, akan muncul berbagai permasalahan yang dapat menyebabkan tekanan terhadap plasma nutfah. Berbagai tekanan terhadap plasma nutfah perikanan, di antaranya berupa tingkat eksploitasi yang berlebihan, perubahan habitat atau lingkungan perairan, dan masuknya spesies asing yang ekspansif.

Di antara plasma nutfah perikanan yang mengalami tekanan dan ancaman kepunahan adalah plasma nutfah endemik. Biota endemik (*endemic*) adalah biota yang hidup terbatas di suatu area dan tidak ditemukan di daerah lain. Menurut Omar (2012) endemisme dalam ekologi adalah gejala yang dialami oleh organisme untuk menjadi unik pada suatu lokasi geografi tertentu. Untuk dapat dikatakan endemik, suatu organisme harus ditemukan hanya di suatu tempat dan tidak ditemukan di tempat lain.

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki keanekaragaman ikan endemik terbanyak. Jumlah spesies ikan endemik yang telah diidentifikasi sebagian besar terdapat di Pulau Kalimantan (38 % dari 394 jenis ikan air tawar) dan Pulau Sumatera (58 jenis dari 589 ikan air tawar). Namun demikian, jumlah spesies ikan endemik akan bertambah terus, karena masih banyak wilayah perairan Indonesia yang belum diteliti (Omar, 2012). Sebagai contoh, jumlah ikan endemik di Pulau Sulawesi yang dilaporkan

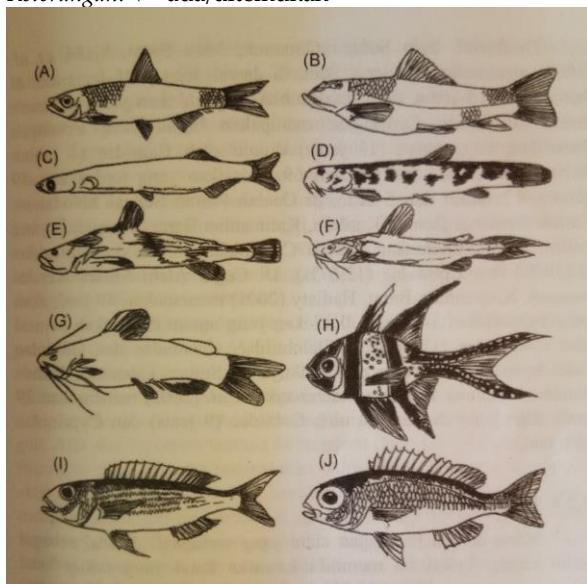
oleh Whitten *et al.* (1987) baru berjumlah 25 spesies. Kottelat *et al.* (1993) menyatakan bahwa terdapat 52 spesies endemik di antara 68 ikan asli Sulawesi. Selanjutnya Parenti (2011) dalam Omar (2012) mempublikasikan 56 spesies ikan endemik yang berasal dari 7 famili dan 3 ordo, yaitu Atheriniformes (18 jenis), Beloniformes (26), dan Perciformes (12).

Tabel 12. Jenis ikan endemik di Kompleks Danau Malili (Omar, 2011)

Spesies	Danau Towuti	Danau Matano	Danau Mahalona	Danau Wawontoa	Danau Masapi
<i>Glossogobius flavipinnis</i>	√				
<i>Glossogobius intermedius</i>	√		√		
<i>Glossogobius matanensis</i>	√	√	√	√	
<i>Mugilogobius latifrons</i>		√	√		
<i>Nomorhamphus megarhamphus</i>	√		√		
<i>Nomorhamphus towotii</i>	√				
<i>Nomorhamphus weberi</i>		√			
<i>Oryzias celebensis</i>			√		
<i>Oryzias marmoratus</i>	√		√	√	√
<i>Oryzias matanensis</i>		√			
<i>Oryzias profundicola</i>	√				
<i>Paratherina cyanea</i>	√		√		
<i>Paratherina labiosa</i>	√		√	√	
<i>Paratherina striata</i>	√		√	√	
<i>Paratherina woltericki</i>	√		√		
<i>Telmatherina abendanoni</i>		√			
<i>Telmatherina antoniae</i>		√			
<i>Telmatherina bonti</i>	√	√	√		
<i>Telmatherina celebensis</i>	√	√	√	√	
<i>Telmatherina obscura</i>		√			
<i>Telmatherina opudi</i>		√			
<i>Telmatherina prognatha</i>		√			
<i>Telmatherina sarasinorum</i>		√			
<i>Telmatherina wahjui</i>		√			
<i>Tominanga aurea</i>	√		√		
<i>Tominanga sanguicauda</i>	√				

Sumber: Omar (2012)

Keterangan: √ = ada/ditemukan



Gambar 17. Beberapa spesies ikan endemik di Indonesia (Omar, 2012)

Keterangan: (A) = *Clupeichthys bleekeri*; (B) = *Gyrinocheilus pustulosus*; (C) = *Sundasalanx microps*; (D) = *Lepidocephalichthys lorentzi*; (E) = *Acrochordonichthys chamaeleon*; (F) = *Pseudomystus vaillanti*; (G) = *Nanobagrus armatus*; (H) = *Peterapogon kauderni*; (I) = *Nemipterus gracilis*; (J) = *Parasclopsis qantasi* (A. Whitehead, 1985; B, C, D, E, F, G, Roberts, 1989; H. Froese & Pauly, 2012; I, J. Russell, 1990).

Salah satu perairan tawar di Sulawesi Selatan yang memiliki tingkat endemisme yang tinggi adalah Kompleks Danau Malili yang terdiri atas lima danau. Komposisi jenis ikan endemik yang terdapat di Kompleks Danau Malili disajikan pada Tabel 12. Spesies lain ikan endemik yang ditemukan di Sulawesi Selatan adalah: *Dermogenys montana*, *Marosatherina ladigesii*, *Mugilogobius sarasinorum*, *Nomorhamphus ravnaki*, *Nomorhamphus sanussii*, *Nomorhamphus australis*, *Nomorhamphus brembachii*, dan *Nomorhamphus liemi* (Kottelat *et al.*, 1993).

Wargasmita (2002) dalam Omar (2012) melaporkan bahwa di Pulau Sumatera terdapat 589 jenis ikan air tawar dan 58 jenis di antaranya merupakan ikan endemik. Tujuh di antara ikan endemik tersebut terancam punah (*threatened species*), yaitu: *Betta burdigala*, *Betta chloropharynx*, *Betta miniopinna*, *Betta spilotozona*, *Neolissochilus thienemani*, *Poropuntius tawarensis*, dan *Rasbora tawarensis*. Lebih lanjut dinyatakan bahwa ikan-ikan endemik di Pulau Sumatera terdiri atas 22 spesies dari famili Cyprinidae, 11 spesies dari Belontiidae, 9 spesies dari Balitoridae, 6 spesies dari Bagaridae, masing-masing 2 spesies dari Akysidae dan Gobiidae, serta masing-masing 1 spesies dari Chandidae, Channidae, Clariidae, Cobitidae, Siluridae, dan Tetraodontidae. Famili Chandidae, Gobiidae, dan Tetraodontidae termasuk dalam kelompok ikan air tawar primer.

Di Pulau Kalimantan juga memiliki tingkat endemisitas yang tinggi. Di Kalimantan ditemukan 394 jenis ikan air tawar, dan sekitar 38 % merupakan ikan-ikan endemik. Beberapa di antara jenis ikan endemik tersebut telah terancam punah. Lampiran 1 disajikan ikan-ikan endemik di Perairan Indonesia.

Menurut *The IUCN Red List of Threatened Species* versi 2011.2, bahwa seluruh ikan-ikan endemik yang terdapat di Kompleks Danau Malili, kecuali *Mugilogobius latifrons* dan *Telmatherina bonti*, telah termasuk dalam kategori rentan punah (*vulnerable*). Demikian pula ikan pelangi sulawesi atau ikan beseng-beseng *Marosatherina ladigesii*. Bahkan, *Nomorhamphus towoetii* sudah berada dalam kategori resiko tinggi untuk terancam punah (*endangered*). Hal ini diakibatkan oleh tingginya tingkat penangkapan terhadap ikan-ikan tersebut. Selain digunakan sebagai bahan makanan, ikan-ikan tersebut dikenal memiliki corak warna yang indah sehingga sering ditangkap untuk dijadikan sebagai ikan hias (Omar, 2012).

B. INTRODUKSI, ANTARA EKONOMI DAN EKOLOGI

Pertengahan September 2013, pembudidaya ikan di Waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, digegerkan oleh munculnya ikan buaya atau *aligator gar* (*Atractosteus spatula*) yang berkeliaran di sekitar keramba dan memangsa ikan yang dipelihara. Ikan buaya yang berkeliaran di waduk ini diduga lepas dari salah satu KJA milik pembudidaya yang memelihara ikan tersebut (Hadi & Sutisna, 2013). Sementara itu, pada 24 Februari 2005, seorang nelayan menjala seekor ikan buaya di sebuah sungai di Bogor, Jawa Barat. Ikan ini diduga lolos ke perairan umum (sengaja atau tidak). Masyarakat berbondong-bondong dan harus antri untuk dapat melihat ikan yang dianggapnya aneh itu (TV 7, 25/02/2005).

Ikan buaya merupakan ikan introduksi dari Amerika Utara dan Amerika Tengah. Ikan buaya dikenal sebagai salah satu monster dari perairan tawar, karena panjangnya mencapai 3 m dan berat sekitar 150 kg. Ukuran panjang maksimum ikan buaya spesies aligator gar (*Atractosteus spatula*) yang pernah tertangkap dalam olahraga pancing di Amerika Serikat adalah 305 cm dan berat 137 kg. Oleh karena ukurannya sangat besar, ikan tersebut pernah diberantas di Amerika Serikat sehingga populasinya di alam berkurang. Untuk memenuhi kegemaran para pemancing, pemerintah Amerika Serikat mulai berupaya membenihkan aligator gar untuk tujuan restocking ke alam (Zairin, 2004).

Ikan aligator gar adalah ikan karnivor (pemakan daging/hewan) yang bersifat predator (pemangsa) yang memakan ikan, udang, kodok, bahkan bebek dan unggas air. Karena itu menebar atau melepaskan ikan ini ke perairan umum dikhawatirkan merusak habitat ikan asli. Lolosnya ikan buaya ke perairan umum adalah contoh introduksi yang mengancam ekologi perairan umum.

Introduksi dilakukan untuk dua tujuan. Tujuan pertama terkait dengan pemulihan populasi ikan di suatu perairan, terutama perairan umum atau air tawar. Spesies yang dipilih adalah spesies yang dapat beradaptasi dengan lingkungan perairan baru, namun bukan spesies ekspansif. Sebagai contoh adalah introduksi ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) di Danau Toba. Ikan bilih adalah ikan endemik Danau Singkarak. Ikan ini ditebarkan di Danau Toba pertama kali pada 2003 oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (Kartamihardja & Sarnita, 2008). Introduksi ini dilakukan sebagai upaya pemulihan populasi ikan karena terjadi krisis populasi ikan asli, seperti menurunnya kelimpahan ikan pora-pora (*Puntius binotatus*) sebagai dampak penurunan kualitas lingkungan dan dampak biologis dari penebaran ikan introduksi lain seperti mujair (Lukman, 2013).

Tujuan kedua terkait dengan akuakultur, terutama untuk diversifikasi komoditas dan upaya menghasilkan atau mendapatkan komoditas unggul. Ikan-ikan unggul yang pernah diintroduksi untuk kepentingan akuakultur antara lain ikan mas (*Cyprinus carpio*), lele dumbo (*Clarias gariepinus*), nila (*Oreochromis niloticus*), bawal air tawar (*Colossoma macropomum*), dan patin siam atau jambal siam (*Pangasius hypophthalmus*).

Introduksi, terutama yang dilakukan antarnegara, seringkali tidak mempertimbangkan faktor ekologi. Introduksi biota air untuk kepentingan akuakultur telah memberikan hasil secara ekonomis, namun sangat sedikit perhatian terhadap dampak ekologis yang ditimbulkan oleh introduksi tersebut. Introduksi merupakan salah satu faktor penyebab menurunnya populasi ikan-ikan asli dan endemik di beberapa perairan umum.

Restocking di perairan tawar, terutama danau dan waduk, yang menggunakan ikan introduksi, seperti seperti mas (*Cyprinus carpio*) dan nila (*Oreochromis nilotica*) dapat meningkatkan produksi perikanan tangkap di perairan tersebut, namun di sisi lain dapat menekan spesies asli. Di beberapa perairan danau dan waduk, ikan-ikan introduksi, terutama mas dan nila telah mendominasi hasil tangkapan nelayan.

Berbagai penyebab menurunnya populasi ikan-ikan asli dan endemik di suatu perairan umum hingga ancaman kepunahan disebabkan oleh penggundulan hutan dan konversi lahan, pencemaran, penangkapan yang intensif, tidak selektif dan destruktif, belum adanya perlindungan secara sistematis, perdagangan ikan hias, dan introduksi.

Di antara ikan ekonomis penting perairan umum, beberapa spesies merupakan ikan endemik. Dalam Daftar Merah Jenis Terancam Punah (*Red List of Threatened Species*) yang dikeluarkan oleh Organisasi perlindungan satwa internasional (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, IUCN) tahun 1990, tercantum 29 jenis ikan dari Indonesia. Dari jumlah tersebut, 27 jenis bersifat endemik di Sulawesi dan dua sisanya ikan arwana (*Scleropages formosus*) dan *Balantiocheilos melanopterus* yang merupakan sasaran perdagangan ikan nasional dan internasional. Namun, menurut *The IUCN Red List of Threatened Species* versi 2011.2, bahwa seluruh ikan-ikan endemik yang terdapat di Kompleks Danau Malili, kecuali *Mugilogobius latifrons* dan *Telmatherina bonti*, telah termasuk dalam kategori rentan punah (*vulnerable*). Demikian pula ikan pelangi sulawesi atau ikan beseng-beseng *Marosatherina ladigesii*. Bahkan, *Nomorhamphus towoetii* sudah berada dalam kategori resiko tinggi untuk terancam punah (*endangered*).

Studi-studi terbaru di Sulawesi sendiri menemukan beberapa spesies ikan endemik dan terancam punah, namun belum dimasukkan ke dalam *Red List of Threatened Species*, misalnya ikan bungo atau beloso (*Glossogobius bungo*/*G. aureus*) dari keluarga ikan gobi dan ikan paruh bebek atau buntingi yang diidentifikasi sebanyak 4 spesies yaitu *Adrianichthys kruiyi*, *Adrianichthys poptae*, *Adrianichthys oophorus* dan *Adrianichthys roseni*.

Introduksi perlu mendapat perhatian, karena diduga telah menyebabkan menurunnya populasi ikan-ikan lokal dan endemik. Introduksi organisme budi daya dimaksudkan untuk memasukkan jenis organisme dari suatu daerah ke daerah lain karena organisme tersebut tidak terdapat pada daerah tujuan. Pada mulanya kegiatan introduksi bertujuan untuk mencari kondisi terpenuhinya berbagai kebutuhan pada daerah tujuan. Dan bahan baku pemenuhan kebutuhan berasal dari organisme yang diintroduksi. Introduksi organisme dilakukan antardaerah, antarpulau, atau antarnegara.

Introduksi biasanya dilakukan melalui beberapa pertimbangan, terutama menyangkut keunggulan biota tersebut secara biologis dan ekonomis. Beberapa spesies ikan diintroduksi karena kandungan gizinya tinggi, pertumbuhannya cepat seperti ikan nila (*Oreochromis nilotica*) dan mas (*Cyprinus carpio*), tumbuh mencapai ukuran yang besar seperti ikan mola (*Hypophthalmichthys molitrix* dan *H. nobilis*), karper rumput (*Ctenopharingodon idellus*), lele dumbo (*Clarias gariepinus*), dan patin siam atau jambal jambal siam (*Pangasius sutchi*/*P. hypophthalmus*), serta mudah dikembangbiakkan, seperti nila (*Oreochromis nilotica*) dan mas (*Cyprinus carpio*). Dengan kondisi seperti ini, ikan atau biota tersebut dipandang sangat menguntungkan dari sudut ekonomi.

Introduksi jenis-jenis biota air asing, baik disengaja maupun tidak, dapat menimbulkan dampak negatif terhadap fauna air asli, yaitu berupa penurunan populasi atau kepunahan sejumlah biota air asli. Dampak yang ditimbulkan berupa penurunan kualitas ikan asli, gangguan terhadap komunitas ikan asli, penurunan materi genetik ikan asli, menyebarkan penyakit dan parasit serta menimbulkan masalah sosial ekonomi bagi masyarakat nelayan di sekitarnya (Kottelat *et al.*, 1993). Selain itu, ada juga ikan introduksi yang memakan telur-telur ikan asli (Lachner *et al.*, 1970).

Walaupun introduksi tidak selalu membahayakan, tetapi lebih sering bersifat sangat merugikan (Miller, 1989). Ikan predator hasil introduksi merupakan penyebab umum punahnya jenis-jenis ikan di suatu pulau. Resiko yang paling berat ialah bila jenis ikan introduksi dapat berkembangbiak dengan sangat cepat dan bersaing dengan ikan asli, misalnya dalam kasus introduksi ikan mujair (*Oreochromis mossambica*) di danau oligotrofik. Beberapa kasus yang menggambarkan dampak negatif dari introduksi ikan asing, seperti introduksi kakap sungai nil (*Lates niloticus*) ke Danau Viktoria, Afrika Timur tahun 1950 guna dibudidayakan secara komersial. Namun tidak ada yang menyadari bahwa ukurannya sangat besar serta sifat dasarnya yang agresif berakibat fatal terhadap ekosistem di danau tersebut. Tercatat bahwa kakap nil telah menyebabkan punahnya ratusan ikan endemik, bahkan diperkirakan mencapai 60 % ikan endemik dari famili Cichlidae di danau tersebut terancam punah (Primack, 1993; Hanung, 2009). Penurunan populasi dan punahnya beberapa jenis ikan asli memberikan peluang berkembangnya populasi ikan asing tersebut. Introduksi ikan *Cichla ocellaris* yang dikenal sebagai ikan *piscivor* (rakus) pemangsa ikan lain ke Danau Gatun, Panama, sekitar tahun 1967, telah mengakibatkan punahnya 8 dari 11 jenis ikan asli dan menurunnya populasi 3 jenis ikan lainnya 75-90 %.



Gambar 18. Bungo (*Glossogobius bungo*/*G. aureus*), ikan endemik yang terdesak oleh ikan introduksi (Foto: Andi Tamsil)

Introduksi ikan kepala ular (*Channa argus*), keluarga ikan gabus (*Channa striata*) dan toman (*Channa micropeltes*), ke Amerika Serikat (AS) menggegerkan pemerintah setempat. Ikan yang habitat aslinya di Asia dan Afrika ini berkembang dengan baik di AS. Pada tahun 2002, peneliti untuk Pengawasan

Kehidupan Liar AS menemukan pada sebuah kolam di Maryland telah dipenuhi oleh ikan ini. Para peneliti mengkhawatirkan bahwa ikan tersebut mungkin melakukan perjalanan pendek sejauh 75 yard (68 meter) menuju ke sungai Patuxent, Maryland dan memulai sebuah pengambilalihan habitat perairan negara bagian. Para peneliti kemudian meracuni perairan kolam tersebut dan kemudian menyurvei ikan-ikan yang mati dan mengambang. Meskipun populasi ikan tersebut berasal dari sepasang ikan yang dimasukkan oleh seorang penduduk setempat dua tahun sebelumnya, tetapi jumlah ikan kepala ular yang mati karena diracun mencapai 800 ekor. Hal itulah yang membuktikan bahwa kemampuan ikan kepala ular dalam bereproduksi sangat cepat dan mengerikan.

Kejadian itu sangat mengkhawatirkan sehingga pejabat federal dan negara bagian sekarang mengajukan proposal untuk menjatuhkan denda dalam jumlah besar serta hukuman penjara untuk setiap penduduk yang melepaskan ikan tersebut ke perairan umum negara bagian tersebut. Meskipun demikian, akhir tahun 2004 sembilan ekor ikan kepala ular ditemukan di sungai Potomac, Maryland.

Kehadiran ikan pemangsa di suatu perairan dapat mempunyai pengaruh yang besar terhadap habitat yang digunakan oleh jenis ikan yang dimangsa dan juga mempengaruhi interaksi yang terjadi antara jenis ikan yang dimangsa dengan jenis ikan lain. Selain itu, kehadiran ikan pemangsa dapat mengintensifkan kompetisi, terutama bila ada keterbatasan sumber daya pakan di habitat yang digunakan oleh anak-anak ikan sebagai tempat berlindung dari ikan pemangsa (Werner, 1986 dalam Wargasasmita dan Wardhana, 1996).

Dampak introduksi ikan-ikan asing di perairan Indonesia belum diteliti secara mendalam, tetapi diduga mempunyai dampak negatif terhadap komunitas ikan asli. Whitten (1987) menyebutkan bahwa beberapa jenis ikan asli dari danau Lindu dan Poso di Sulawesi Tengah diduga musnah sebagai dampak introduksi ikan gabus (*Channa striata*), ikan mujair (*Oreochromis mossambica*), dan ikan nila (*O. nilotica*). Mekanisme terjadinya penurunan populasi ikan-ikan endemik di danau Poso yang dikenal sebagai ikan buntingi dan bungo barangkali karena adanya penyakit dan parasit. Hampir setiap spesimen ikan asli yang ditangkap dari danau tersebut selalu terdapat parasit yang menempel pada sirip-siripnya, leher atau mata dan juga banyak ikan yang luka-luka di tubuhnya ditumbuhi jamur (Kottelat, 1990).

Sedangkan Tamsil (2000) megemukakan bahwa ikan bungo (*Glossogobius bungo*/*G. aureus*) di danau Tempe, Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu ikan ekonomis penting dan endemik telah terdesak oleh beberapa jenis ikan introduksi seperti ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), dan ikan tawes (*Barbodes gonionotus*/*Puntius javanicus*).

Introduksi ikan setan merah—*red devil cichlid*—(*Amphilophus labiatus*) secara tidak sengaja ke Waduk Sermo, Kulon Progo, Yogyakarta, menjadi petaka bagi ikan-ikan ekonomis di waduk tersebut. Ikan predator asal Nikaragua, Amerika Latin, ini memangsa benih berbagai jenis ikan di waduk tersebut, seperti nila, mas, tawes, dan berbagai ikan lainnya. Setan merah juga merupakan ikan yang perkembangbiakannya sangat cepat sehingga dalam waktu singkat dapat mendominasi suatu perairan. Setan merah juga telah menjadi ikan dominan di Waduk Cirata dan Kedung Ombo. Menurut penuturan Karsin—pembuat kripik krispi dari ikan setan merah—sebelum ada setan merah, Karsin dapat menjaring 70-150 kg ikan nila/hari di Waduk Sermo. Setelah setan merah menjadi hama di Waduk Sermo, Karsin menjaring ikan tersebut sebanyak 30 kg/hari.

Ikan setan merah diduga mulai masuk di perairan air tawar Indonesia sekitar tahun 2003. Diduga setan merah masuk melalui bibit nila yang ditebar pemerintah di Waduk Cirata. Sebab Waduk Cirata lebih dahulu dibanjiri setan merah. Artinya bibit nila yang ditebar di Waduk Cirata bercampur dengan setan merah (Trobos, Agustus 2009).

Dari beberapa kasus, introduksi tidak bersifat membahayakan dan pengaruhnya hanya sedikit terhadap komunitas fauna asli. Tetapi menurut pengalaman yang dilakukan di seluruh dunia, introduksi sering bersifat sangat merugikan. Karena itu, introduksi spesies baru tidak boleh dilakukan tanpa didahului oleh suatu penelitian yang mendalam mengenai dampaknya (Welcomme, 1988).

Tabel 13. Spesies introduksi yang menjadi penghuni perairan umum Indonesia dan biota akuakultur air tawar penting.

No	Nama Ikan	Nama Ilmiah	Tahun introduksi	Keterangan
1	Ikan mas	<i>Cyprinus carpio</i>	Tidak jelas kapan diintroduksi ke Indonesia. Namun, sejak tahun 1860 sudah dipelihara di daerah Galuh (Ciamis). Tahun 1927 & 1930 dimasukkan strain galisia dan frankisia dari Belanda. Tahun 1974 diintroduksi strain taiwan, strain jerman, dan <i>fancy carp</i> masing-masing dari Taiwan, Jerman, dan Jepang. Tahun 1977 dimasukkan lagi strain yamato dan koi dari Jepang.	Ikan mas merupakan ikan konsumsi dan ikan budi daya penting di air tawar, baik untuk konsumsi maupun untuk produksi ikan hias. Ikan mas juga menjadi penghuni perairan umum dan berkembang biak dengan baik secara alami. Ikan mas juga merupakan ikan utama yang digunakan untuk restocking di danau dan waduk.
2	Nila	<i>Oreochromis nilotica</i>	Nila didatangkan secara resmi oleh Balai Budidaya Air Tawar (BBAT) tahun 1969 dari Taiwan. Tahun 1981 didatangkan nila hibrid berwarna merah dari Taiwan. Tahun 1990 juga didatangkan nila hibrid berwarna merah dari Thailand. Tahun 1994 didatangkan lagi nila hibrid dari Filipina yang dikenal sebagai nila gift (<i>genetic improvement of farmed tilapias</i>). Ada juga nila jica yang didatangkan tahun 2000-an dari Jepang dan nila nifi yang didatangkan tahun 2000-an dari Thailand.	Nila merupakan ikan konsumsi dan ikan budi daya penting. Nila dibudidayakan di air tawar, payau, dan bahkan di laut. Nila juga menjadi penghuni perairan umum, termasuk air payau. Ikan nila berkembang biak secara alami di perairan umum. Selain ikan mas, nila juga merupakan ikan utama yang digunakan untuk restocking di danau dan waduk.
3	Mujair	<i>Oreochromis mossambica</i>	Tidak jelas kapan ikan mujair didatangkan ke Indonesia. Namun, pertama kali ditemukan oleh Mujair di Muara Sungai Serang, Blitar, Jawa Timur tahun 1939. Untuk mengabadikan namanya, ikan ini dinamakan ikan mujair.	Mujair merupakan ikan konsumsi penting. Budi daya mujair banyak dilakukan di tambak, karena mujair dapat tumbuh dengan baik di air tawar dan payau. Mujair menjadi ikan penghuni perairan umum dan berkembangbiak secara dengan baik di air tawar dan payau.
4	Lele dumbo	<i>Clarias gariepinus</i>	Lele dumbo dimasukkan ke Indonesia tahun 1985 dari Taiwan.	Lele dumbo adalah ikan konsumsi penting. Lele merupakan ikan budi daya yang mudah dibudidayakan di berbagai perairan tawar, termasuk perairan tergenang. Lele merupakan penghuni perairan umum dan berkembang biak secara alami di perairan umum.
5	Patin siam	<i>Pangasius hypophthalmus</i>	Patin siam didatangkan pertama kali ke Indonesia pada tahun 1972, tepatnya di Bogor.	Patin merupakan ikan konsumsi penting dan menjadi ikan budi daya air tawar. Hidup dengan baik di perairan umum dan dapat berkembang biak secara alami. Mulai digunakan untuk restocking di danau dan waduk.
6	Bawal air tawar	<i>Colossoma macropomum</i>	Bawal air tawar dimasukkan ke Indonesia pertama kali pada tahun 1986 sebagai ikan hias.	Bawal air tawar mulai populer sebagai ikan konsumsi dan ikan budidaya. Hidup dengan baik di perairan umum dan dapat berkembangbiak secara

				alami.
7	Mola	<i>Hypophthalmichthys molitrix; H. nobilis</i>	Mola didatangkan pertama kali tahun 1964 dari Jepang, kemudian didatangkan lagi tahun 1969 dari Taiwan.	Hidup dengan baik di perairan umum dan dapat berkembang biak secara alami. Merupakan ikan konsumsi, namun belum dibudidayakan.
8	Karper rumput	<i>Ctenopharingodon idellus</i>	Karper rumput atau kowan didatangkan pertama kali ke Indonesia (Aceh) tahun 1915. Tahun 1949 dimasukkan lagi dari Thailand, menyusul 1964 dari Jepang dan 1969 dari Taiwan.	Menjadi ikan konsumsi dan ikan budi daya, namun pembudidayaan ikan tidak berkembang dengan baik. Hidup dengan baik di perairan dan dapat berkembangbiak secara alami. Direstoking di danau dan waduk untuk mengendalikan gulma.
9	Sepat siam	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Sepat siam pertama kali didatangkan ke Indonesia tahun 1934 dari Thailand.	Sepat siam merupakan ikan konsumsi penting dan menjadi ikan budi daya. Sepat siam beradaptasi dengan baik di perairan umum Indonesia. Sepat siam hidup di danau, waduk, rawa, dan genangan air lainnya. Sepat siam juga berkembang biak secara alami di berbagai perairan umum.
10	Lobster air tawar	<i>Cherax sp.</i>	Dimasukkan pertama kali ke Indonesia dari Australia pada tahun 1990 sebagai ikan hias/lobster hias.	Menjadi komoditas budi daya untuk konsumsi sejak tahun 2002 dan mulai populer pada tahun 2004. Lobster air tawar merupakan komoditas yang banyak dibudidayakan di perkotaan. Spesies yang paling banyak dibudayakan adalah <i>Cherax quadricarinatus</i> , karena memiliki banyak strain/varietas unggul. Belum ada informasi mengenai keberadaan lobster air tawar introduksi di perairan umum.
11	Kodok lembu/bullfrog	<i>Rana catesbeiana</i>	Dimasukkan pertama kali di Indonesia pada tahun 1980 dari Taiwan	Menjadi kodok yang paling banyak dibudidayakan karena merupakan kodok unggul, yaitu pertumbuhan cepat dan ukuran pahaannya yang besar.
12	Labi-labi taiwan	<i>Trionyx sinensis taiwanese</i>	Didatangkan dari Taiwan pada tahun 2000	Merupakan labi-labi yang mulai dibudidayakan di Indonesia
13	Setan merah	<i>Amphiphophus labiatus</i>	Diduga mulai masuk di perairan umum Indonesia (Waduk Jatiluhur) tahun 2003.	Sejak tahun 2003 ditemukan di Waduk Cirata dan Kedungombo. Kemungkinan bercampur dengan bibit ikan nila yang ditebar ke waduk. Merupakan ikan yang berkembangbiak sangat cepat di perairan umum
14	Ikan buaya	<i>Atractosteus spatula</i>	Dimasukkan ke Indonesia sebagai ikan hias	Diduga pertama kali lolos di perairan air tawar di Jawa Barat, seperti di Waduk Jatiluhur dan Sungai di Bogor. Merupakan ikan berukuran besar dan bersifat predator
15	Ikan arapaima/giant arapaima	<i>Arapaima gigas</i>	Dimasukkan ke Indonesia sebagai ikan hias	Pada 25 Juni 2018 warga menangkap seekor arapaima di Sungai Berantas sekitar Mojokerto dan Sidoarjo. Diduga sengaja dilepas oleh pemiliknya

Ironis, karena selama ini introduksi dilakukan hanya mempertimbangkan ekonomi semata, sehingga tidak ada atau sedikit sekali upaya yang dilakukan untuk melindungi spesies endemik, yang beberapa spesies tidak hanya merupakan kekayaan genetik dan keanekaragaman hayati perairan Indonesia, tetapi juga memiliki nilai ekonomis tinggi. Sebagai contoh adalah ikan bunto (*Glossogobius aureus*) adalah salah satu ikan endemik yang terdapat di danau Tempe, Sulawesi Selatan dan merupakan ikan bernilai ekonomis tinggi yang dikonsumsi dalam bentuk segar maupun kering. Dalam sejarah, ikan bunto hanya bisa dikonsumsi oleh para bangsawan. Namun, hingga kini belum ada upaya perlindungan sistematis bagi

ikan ini, sementara introduksi beberapa spesies ikan terus mendesak ikan bungo, di samping berbagai faktor lain, seperti penangkapan yang intensif dan destruktif, kerusakan habitat, dan sebagainya.

Kini sebagian ikan introduksi telah menjadi ikan ekonomis penting, seperti mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis nilotica*), lele dumbo (*Clarias gariepinus*), patin siam (*Pangasius sutchi*/*P. hypophthalmus*), dan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*). Ikan-ikan ini telah ditebar secara besar-besaran ke beberapa danau yang memiliki ikan endemik. Namun, sampai saat ini sangat sedikit studi tentang dampak dari introduksi besar-besaran tersebut. Sampai kini sudah sekitar 17 jenis ikan introduksi yang ditebar ke perairan umum. Introduksi biota budi daya perairan paling banyak dilakukan pada ikan air tawar, baik ikan konsumsi maupun ikan hias. Selain itu, kini diintroduksi udang laut untuk budi daya tambak jenis vannamei (*Litopenaeus vannamei*).

Ikan air tawar populer di perairan umum yang merupakan ikan introduksi di antaranya mas, nila, mujair, lele dumbo, patin siam, mola, karper rumput, dan sepat siam (*Trichogaster pectoralis*) (Tabel 13). Ikan-ikan tersebut telah menjadi penghuni tetap perairan umum, karena beradaptasi dengan baik dan dapat berkembangbiak secara alami. Beberapa ikan introduksi baru pun mulai menjadi penghuni perairan umum seperti ikan setan merah (*Amphilophus labiatus*) dan ikan buaya (*Atractosteus spatula*) yang bersifat ekspansif.

Akuakultur merupakan salah satu cara untuk mencegah dan mengurangi punahnya ikan-ikan asli dan spesies endemik. Di samping itu, akuakultur juga dapat mengontrol perkembangan organisme patogen. Pada introduksi langsung ke suatu perairan untuk menambah stok dalam rangka kepentingan penangkapan, organisme patogen sulit dikontrol.[]

BAB V. SEKSUALITAS IKAN

Reproduksi pada ikan sama halnya pada makhluk hidup lainnya, yaitu untuk keberlanjutan atau regenerasi jenis dan kelompok ikan bersangkutan. Untuk bereproduksi, ikan terbagi menjadi dua, yaitu ikan jantan dan betina, yang dikenal sebagai jenis kelamin atau seks. Ikan jantan adalah ikan yang menghasilkan sperma dan ikan betina yang merupakan ikan penghasil telur. Namun, untuk membedakan antara keduanya cukup sulit. Sebagian besar jenis ikan tidak menunjukkan perbedaan tubuh luar antara jantan dan betina. Perbedaan kedua jenis kelamin ini secara nyata hanya dapat dilakukan dengan membedah ikan untuk melihat ciri seksual primer. Ciri seksual primer ditandai oleh organ yang berhubungan langsung dengan proses reproduksi, yaitu testis dan salurannya pada ikan jantan, dan ovarium dan salurannya pada ikan betina. Ciri ini tampak dengan jelas dan pasti pada ikan yang dewasa.

Jika dibandingkan dengan vertebrata yang hidup di darat, tipe seksualitas ikan sangat beraneka ragam, yaitu terdiri atas hermaphrodit, uniseksual, dan biseksual (Price, 1984). Beragamnya tipe seksualitas pada ikan diduga merupakan salah bentuk adaptasi yang berhubungan dengan habitat ikan. Ikan-ikan hermaphrodit (*hermaphrodite*) yang membawa jaringan ovarium dan testis pada tubuhnya, yang kemudian suatu waktu menjadi jantan dan di waktu yang menjadi betina, atau sebaliknya, adalah salah bentuk adaptasi terhadap lingkungannya. Ikan-ikan hermaphrodit (Lampiran 2) umumnya terdiri dari ikan-ikan air tawar, ikan-ikan karang, dan ikan-ikan di perairan dangkal. Ikan-ikan yang mempunyai habitat di daerah tersebut mengalami hambatan dalam berpindah habitat.

Jika tidak ada proses perubahan kelamin pada sebagian ikan-ikan tersebut, kemungkinan kepunahannya lebih cepat. Dengan adanya perubahan kelamin, maka selalu tersedia induk-induk yang dapat melakukan reproduksi. Pada kakap putih yang hermafrodit protandri, suatu waktu kemungkinan tidak tersedia induk betina di suatu habitat karena kemungkinan ikan betina yang berukuran lebih besar telah habis tertangkap. Begitu juga pada ikan kerapu yang bersifat hermaphrodit protogini, suatu waktu kemungkinan ikan-ikan jantan habis tertangkap, karena ikan-ikan jantan berukuran besar. Dengan perubahan kelamin dari ikan betina menjadi jantan atau sebaliknya, maka reproduksi terus terjadi sehingga regenerasi tetap terpelihara dan populasi ikan tetap tersedia.

A. HETEROSEKSUAL

Bila dalam suatu populasi terdiri dari ikan-ikan yang berbeda seksualitasnya, maka populasi yang demikian disebut heteroseksual atau biseksual. Pada setiap individu hanya terdapat satu jenis kelamin, yaitu jantan atau betina, dan berlaku seumur hidup. Umumnya ikan di alam bersifat heteroseksual atau biseksual.

Karena dalam suatu populasi dipastikan terdiri dari ikan jantan dan ikan betina, maka secara alami akan terjadi reproduksi. Proses reproduksi secara alami pada ikan-ikan heteroseksual dapat terganggu bila terjadi perubahan lingkungan yang menyebabkan tekanan terhadap populasi ikan. Suatu saat ditemukan jumlah ikan berkelamin jantan lebih banyak dan di waktu yang lain ditemukan jumlah ikan betina lebih banyak.

Penelitian yang dilakukan oleh Ecoton bekerjasama dengan Perum Jasa Tirta I Jawa Timur pada 2011 di Sungai Surabaya, ditemukan sebagian besar ikan berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya wilayah Karangpilang, dari 44 spesies ikan yang terjaring, 37 spesies di antaranya berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya, wilayah Gunung Sari, dari 64 spesies ikan yang tertangkap, sebanyak 42 ekor berjenis kelamin betina. Ikan-ikan itu antara lain bader putih, bader merah, keting, dan rengkik. Spesies-spesies ikan tersebut juga ditemukan di wilayah lain, seperti Kediri, Kertosono, Jombang, Mojokerto, Gresik, dan Sidoarjo. Di semua wilayah tersebut, dari total 410 ikan yang terjaring, sebanyak 337 ekor berjenis kelamin betina.

Menurut Riska Darmawati, dari penelitian, tampak ketidakseimbangan populasi ikan jantan dan betina. Perbandingan yang ditemukan adalah 1 : 26 untuk ikan jantan dan betina. Jenis ikan yang ditemukan itu adalah ikan yang tahan terhadap pencemaran. Diduga ketidakseimbangan ini terjadi karena pencemaran, terutama masuknya bahan-bahan pencemar yang dapat memengaruhi perubahan jenis kelamin ikan.

B. MONOSEKSUAL

Di alam, terdapat pula populasi ikan yang terdiri dari ikan betina saja. Populasi yang demikian dinamakan populasi monoseksual atau uniseksual. Fenomena monoseksual (kelamin tunggal) merupakan sifat sejumlah ikan. Pembentukan keturunan monoseksual ini disebut sebagai partenogenesis (*parthenos*, perawan, dan *genesis*, kejadian), yang mencakup dua bentuk yaitu ginogenesis dan hibridogenesis.

Contoh yang tepat mengenai fenomena ini adalah kelompok ikan molly mexico dari famili Poeciliidae (Moyle & Cech, 2004 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Profesor Carl Hubbs dan istrinya menemukan hal mengherankan pada ikan molly (*Poecillia* sp/*Mollienesia* sp) pada saat memeriksa contoh ikan molly amazon (*Poecillia formosa*/*Mollienesia formosa*). Perkembangan telur tampaknya dapat berlanjut dengan sperma jantan dari spesies lain tanpa langsung menyumbangkan sesuatu bagi penampilan genetik keturunannya (Anonim, 1989).

Molly amazon (*Poecillia formosa*) merupakan ikan yang ditemukan pertama kali sebagai spesies yang hanya berkelamin betina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa molly amazon bertindak sebagai parasit seksual terhadap dua spesies lain dari genus yang sama, yakni *P. mexicana* dan *P. latipinna*. Sperma dari jantan dua jenis ikan inang tersebut diperlukan untuk mengaktifkan perkembangan telur-telur *P. formosa*, tetapi penyatuan kromosom jantan dan betina tidak terjadi, sehingga hanya terbentuk betina yang secara genetik seragam. Proses terbentuknya keturunan hanya berkelamin betina tersebut dinamakan ginogenesis. Betina ginogenetik biasanya triploid dan menghasilkan telur yang juga 3n (Helfman *et al.*, 1997 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada *Poeciliopsis* sebagian besar individu berkelamin betina dihasilkan melalui proses hibridogenesis (Schultz, 1989 in Moyle & Cech, 2004). Dalam peristiwa ini perkawinan antara ikan betina *Poeciliopsis* dengan ikan jantan dari spesies lain menyebabkan terjadinya pembuahan telur-telur dan menghasilkan turunan yang betul-betul hibridis. Tetapi selama oogenesis pada hibrida betina, kromosom yang diberikan oleh ikan jantan dibuang pada proses meiosis, sehingga hanya gen betina yang diturunkan ke generasi berikutnya. Hasilnya adalah galur yang mengabadikan diri sendiri (*self perpetuating strain*) dari ikan betina. Betina hibridogenetik adalah diploid dan menghasilkan telur yang haploid. Contoh spesies hibrida antara *Poeciliopsis monacha* betina dengan *P. lucida*, *P. occidentalis*, *P. latidens*, dan *P. viriosa* jantan. Ikan jantan empat tersebut menjadi pendonor sperma dalam perkawinan (Helfman *et al.*, 1997 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada ikan-ikan yang bersifat heteroseksual atau biseksual, ketika terjadi peristiwa meiosis, maka pasangan kromosom yang ada pada masing-masing induk (jantan dan betina) akan membelah (reduksi), yang pada akhirnya akan bersifat haploid (N), yaitu yang terdapat pada sel kelamin jantan (sperma) dan sel kelamin betina (sel telur) yang membawa gamet. Peristiwa ini terjadi dimulai dari dalam sel gametosit primer yang mengalami reduksi dan bersifat haploid (N) yaitu gamet yang hanya mengandung satu kromosom (Westra, 1994). Namun pada ikan *Poeciliopsis* betina, kromosom yang diberikan oleh ikan jantan dibuang oleh ikan *Poeciliopsis* betina pada proses meiosis, sehingga walaupun pada pembentukan gamet akhirnya akan bersifat haploid (N), namun hanya membawa gen betina.

Ikan spesies monoseksual berhasil terus eksis, tersebar, dan sering lebih melimpah daripada spesies induknya. Menurut Moyle & Cech (2004) dalam Rahardjo *et al.* (2011), hal ini disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, sebagai berikut:

- (1) Heterosis (kekuatan hibrida) yang diperlihatkan oleh hibrida-hibrida tersebut (misal: ukuran lebih besar, laju sintasan lebih tinggi);
- (2) Potensi reproduksi populasi yang semua betina meningkat; dan
- (3) Kemampuan spesies untuk beradaptasi dengan aspek tertentu suatu lingkungan, sehingga tumbuh pesat di dalam lingkungan setempat yang sangat khas.

Lebih jauh Moyle & Cech (2004) dalam Rahardjo *et al.* (2011) menyatakan bahwa spesies monoseksual mempunyai dua masalah yang harus diatasi. Masalah tersebut adalah: (1) keragaman genetik yang rendah karena ketiadaan rekombinasi genetik untuk reproduksi, dan (2) ketergantungan terus-menerus ikan monoseksual kepada ikan jantan biseksual dalam reproduksi.

Menurut Balsano *et al.* (1989) yang dikutip oleh Moyle & Cech (2004) dalam Rahardjo *et al.* (2011), masalah pertama dapat diperkecil oleh kenyataan bahwa spesies monoseksual jelas telah muncul berulang-ulang, sehingga tiap spesies mewakili banyak klon (*clone*) yang berbeda. Masing-masing klon mempunyai asal-usul yang berbeda dan persyaratan ekologis yang berbeda pula. Ketika individu dari dua klon muncul bersama, mereka dapat memisahkan diri secara ekologis yang satu dari yang lainnya (tercermin dalam pembentukan gigi dan tingkah laku mencari makan), seperti halnya dari induk spesies biseksual. Masalah kedua terjadi karena spesies monoseksual tidak mampu menyingkirkan ikan biseksual dalam interaksi persaingan dengan mereka. Sebagai tambahan, sangat nyata terjadi tekanan seleksi yang kuat pada spesies inang dalam mengembangkan mekanisme agar tidak memboroskan upaya reproduktif kepada ikan monoseksual yang parasit. Jantan spesies biseksual harus memilih betina yang cocok, tetapi ia juga bebas kawin dengan betina monoseksual. Sperma bukan merupakan sumber daya terbatas bagi betina yang bersaing, setidaknya pada ikan ini.

C. HERMAPRODIT

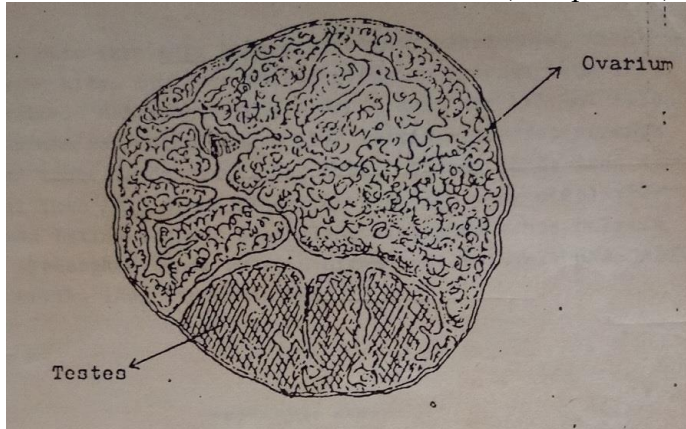
Hermaprodit (*hermaphrodite*) adalah sifat seksual ikan yang dapat membawa jaringan jantan dan betina dalam tubuhnya atau menghasilkan spermatozoa dan ovum secara bersamaan. Spesies yang demikian disebut juga hermaprodit normal. Ikan dikatakan hermaprodit apabila gonad ikan mempunyai jaringan jantan dan betina. Jika seluruhnya atau hampir seluruhnya individu tersebut mempunyai jaringan ovarium dan testis, maka spesies tersebut adalah hermaprodit.

Berdasarkan sifat perubahannya, hermaprodit dibagi menjadi 3 yaitu: hermaprodit sinkroni (*synchronous hermaphrodite*), hermaprodit protogini (*protogynous hermaphrodite*), dan hermaprodit protandri (*protandrous hermaphrodite*). Hermaprodit sinkroni adalah sifat pematangan sel kelamin jantan dan betina pada waktu yang sama. Hermaprodit protogini adalah sifat perubahan kelamin dari betina menjadi jantan, sedangkan hermaprodit protandri adalah perubahan kelamin dari jantan menjadi betina (Shapiro, 1981; Robertson & Justines, 1982 dalam Shapiro, 1984). Kadangkala sifat hermaprodit ditemukan pada ikan gonokoris sebagai suatu keabnormalan yang berlaku individual (Rahardjo *et al.*, 2011).

Hermaprodit protandri dan hermaprodit protogini sering disebut hermaprodit yang beriring, yaitu golongan ikan yang semasa hidupnya mengalami perubahan dari satu jenis kelamin ke jenis kelamin lain. Pada waktu ikan masih muda mempunyai gonad yang berorganisasi dua macam seks, dimana terdapat jaringan testes dan ovarium yang belum berkembang dengan baik. Proses suksesi kelamin dari satu populasi hermaprodit protandri atau protogini terjadi pada individu yang berbeda, baik menurun ukuran atau umur, dan merupakan suatu proses yang beriring dan belum pernah didapatkan setelah suksesi itu, satu proses yang kembali keadaan fase yang pertama (Effendie, 1978; Yudasmar, 2014). Untuk kepentingan reproduksi, seksualitas ikan yang hermaprodit perlu diketahui, terutama menyangkut fase transisi/interseks, yaitu fase peralihan kelamin, karena pergantian kelamin/diferensiasi berlangsung pada fase overlap.

1. Hermaprodit Sinkroni

Hermaprodit sinkroni (*synchronous hermaphrodite*) adalah golongan ikan yang pada gonadnya terdapat sel kelamin jantan dan sel kelamin betina yang dapat matang pada saat bersamaan (Effendie, 1978; Rahardjo *et al.*, 2011; Yudasmar, 2014). Pada saat pemijahan mula-mula ikan berlaku sebagai jantan dan mengeluarkan sperma atau sebagai betina terlebih dahulu dan mengeluarkan telur; kemudian setelah itu ikan tersebut berganti peran sebaliknya. Ikan *Serranus subligarius*, spesies laut, membuahi telurnya sendiri di tempat penangkaran Florida (Bond, 1979). Ikan *pacifik bluefin tuna* (*Thunnus orientalis*) ditemukan sebagai hermaprodit sinkroni pada panjang 145,6 cm dan berat 35,2 kg (Sawada, *et al.*, 2002 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan-ikan yang tergolong dalam hermaprodit sinkroni dari famili Serranidae, Chlorophthalmidae, Muraenidae, Rivulidae, dan Gobiidae (Lampiran 2).



Gambar 19. Penampang melintang gonad hermaprodit sinkroni (Yamamoto, 1969)

Ikan hermaprodit sinkroni dapat mengadakan pembuahan sendiri dapat pula tidak. Ikan yang mengadakan pembuahan sendiri mengeluarkan telur terlebih dahulu kemudian dibuahi oleh sperma dari individu yang sama. Ikan yang tidak mengadakan pembuahan sendiri, dalam satu kali pemijahan ikan dapat berlaku sebagai ikan jantan dengan mengeluarkan sperma untuk membuahi telur ikan yang lain, kemudian ikan tersebut berlaku sebagai ikan betina dengan mengeluarkan telur yang akan dibuahi oleh sperma individu lain. Ikan *Serranus cabrilla* dan *Hepatus hepatus* yang terdapat di daerah Mediteran gonadnya terpisah menjadi dua bagian (Gambar 19). Di alam atau di akuarium yang berisi dua ekor ikan atau lebih, dapat menjadi pasangan untuk berpijah. Ikan yang berfase betina mempunyai tanda warna yang bergaris vertikal, sesudah berpijah hilang warnanya dan berubah menjadi fase jantan (Effendie, 1978 & 1997; Yudasmar, 2014).

2. Hermaprodit Protogini

Hermaprodit protogini (*protogynous hermaphrodite*) adalah golongan ikan yang dalam hidupnya mengalami perubahan kelamin dari jenis betina menjadi jantan. Pada beberapa ikan yang termasuk ke dalam golongan ini sering terjadi satu kali pemijahan, jaringan ovariumnya mengkerut kemudian jaringan testisnya berkembang (Effendie, 1978; Yudasmar, 2014).



Gambar 20. Ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*), salah satu ikan yang tergolong hermoprodit protogini

Beberapa spesies ikan di perairan Indonesia telah diketahui termasuk golongan hermaphrodit protogini, misalnya adalah ikan belut (*Monopterus albus/Fluta alba*, *Synbranchus marmoratus*) yang merupakan ikan air tawar. Sedangkan ikan laut yang termasuk ikan hermaphrodit protogini di antaranya ikan kerapu (*Cromileptes*, *Epinephelus*, *Plectropomus*, *Cephalopholis*), dan ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*). Ikan-ikan tersebut memulai siklus reproduksinya sebagai ikan sebagai ikan betina yang berfungsi, kemudian berubah menjadi ikan jantan yang berfungsi. Urutan daur hidupnya yaitu: masa juvenil yang hermaphrodit, masa betina yang berfungsi, masa interseks, dan masa terakhir masa jantan yang berfungsi. Termasuk dalam golongan ini di antaranya ikan-ikan dalam famili Labridae, Serranidae, Scaridae, Muraenidae, Cyprinidae, Poeciliidae, Centracanthidae, Cichilidae, Cirrhitidae, Goobiidae, Grammatidae, Pseudochromidae, Sparidae, Terapontidae, Trichonotidae, dan Sybranchidae (Lampiran 2).

Ikan-ikan yang tergolong dalam hermaphrodit protogini umumnya terjadi pada ikan karang (Shapiro, 1984). Brule *et al.* (2003) dalam Rahardjo *et al.* (2011) melaporkan bahwa ikan *black grouper* (*Myteroperca bonaci*) yang bersifat hermaphrodit protogini mencapai kematangan gonad pada panjang cagak (*fork length*) 72,1 cm, dan peralihan jenis kelamin mulai pada panjang cagak 103,3 cm. Pada panjang cagak 111,4 cm betina sudah berganti menjadi jantan. Sementara Slamet *et al.* (1998) melaporkan bahwa pada ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) yang berukuran panjang 56 cm (bobot 3,8 kg) dan 64 cm (bobot 5,5 kg) berkelamin betina, sedangkan ikan yang berukuran 91 cm (bobot > 14 kg) semuanya berkelamin jantan (Tabel 14).

Tabel 14. Persentase ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) masing-masing tingkat kematangan gonad menurut golongan ukuran panjang total dan bobot tubuh

Panjang total/ Bobot tubuh	Jumlah sampel (ekor)	Tingkat kematangan gonad (stadia)					
		Betina				Jantan	
		I	II	III	IV	(+1)	(+2)
40 - 50 cm (2,0 – 2,5 kg)	4	100	-	-	-	-	-
51 - 60 cm (2,3 – 5,0 kg)	15	67	13	20	-	-	-
61 - 70 cm (4,7 – 6,5 kg)	21	48	14	24	14	-	-
71 - 80 cm (6,0 – 10,5 kg)	8	25	12,5	25	25	12,5	-
81- 90 cm (10,2 – 14 kg)	8	-	25	25	37,5	12,5	-
91 – 100 cm (13,0 – 19,0 kg)	2	-	-	-	-	50	50
101 – 110 cm (16,0 – 25,0 kg)	4	-	-	-	-	25	75
111 – 120 cm (25,0 – 33,0 kg)	3	-	-	-	-	-	100

Sumber: Slamet *et al.* (1998)

Keterangan:

TKG I : oocyt diameter < 100 µm

TKG II : oocyt diameter 100-200 µm

TKG III : oocyt diameter 200-300 µm

TKG IV : oocyt diameter 300-400 µm

(+1) : sperm can be got from canulation

(+2) : sperm can be got from striping

Tabel 15. Ukuran dan jenis kelamin kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) dari beberapa perairan Sulawesi dan Maluku

Jenis kelamin	Jumlah	Panjang standar (mm)			Berat (g)		
		Min	max	Rataan Mean ± SD	Min	max	Rataan Mean ± SD
Jantan	27	185	430	308,3 ± 75,54	230	2.625	1041,48 ± 689,17
Betina	82	205	428	301,9 ± 53,41	260	2.750	902,17 ± 538,45
Hermaphrodit	9	380	437	409,3 ± 16,44	1.600	2.500	2043,89 ± 302,08
Tak teridentifikasi	3	341	365	354 ± 12,12	1.025	1.500	1291,67 ± 242,81
	121	185	437	312,9 ± 6,33	230	2.750	1027,83 ± 629,03

Sumber: Andamari (2005)

Pada kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) transisi dari betina ke jantan terjadi setelah ikan mencapai 1,5 kg. Ikan-ikan yang berbobot lebih dari 2 kg telah berkelamin jantan, sedangkan induk betina berbobot antara 1-1,5 kg (Andamari, 2005), atau pada ukuran panjang antara 23-62 cm atau panjang total rata-rata 42 cm ikan mengalami perubahan kelamin. Ikan-ikan yang ukurannya < 42 cm kemungkinan masih berkelamin betina (Tabel 15). Penelitian Andamari (2005) mengemukakan bahwa pengamatan histologi gonad kerapu sunu (*P. leopardus*) dengan jumlah 121 ekor dari empat lokasi, yaitu di Teluk Piru (Maluku Tengah), Manado (Sulawesi Utara), Gorontalo, dan Pulau Bacan (Maluku Utara) menunjukkan bahwa sebagian besar (68 %) kerapu sunu berjenis kelamin betina. Dari sampel terlihat pula bahwa jumlah ikan betina lebih banyak dibandingkan dengan jumlah ikan jantan atau ikan yang hermaphrodit. Sementara itu, pergantian kelamin (*sex reversal*) tidak dapat ditentukan secara visual karena dari pengamatan gonad secara histologis kerapu sunu pada ukuran yang sama dapat berjenis kelamin betina, jantan, ataupun hermaphrodit.

Chen *et al.* (1980) menyatakan, selain berat tubuh, perubahan kelamin juga dapat dilihat dari umur, dan perubahan ini tidak sama atau berbeda pada setiap spesies. Misalnya, pada kerapu spesies *Epinephelus diacanthus*, presentase betina, jantan, dan interseks pada umur 2-3 tahun adalah 79,8 %; 8,5 %; dan 11,7 %, sedangkan umur 5-6 tahun adalah 27,8 %; 62,8 %; dan 9,4 %. Pada kerapu lumpur (*Epinephelus suillus*/*E. tauvina*) transisi dari betina ke jantan terjadi setelah ikan mencapai ukuran panjang badan 660-7200 mm. Teste mulai mulai matang pada ukuran 740 mm atau berat 11 kg. Transformasi dari betina ke jantan ini memerlukan waktu yang cukup lama dan dalam kondisi alami. Akan tetapi peralihan kelamin ini dapat dipercepat dengan penggunaan *methytestosterone* secara oral (Sofyan, 1992). Pada kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) transisi dari betina ke jantan terjadi setelah mencapai umur 2,0-2,5 tahun. Pada umur 1,5-2,5 tahun, biasanya ikan masih berkelamin betina. Adapun ikan-ikan yang berumur 2,5 tahun ke atas berkelamin jantan (Kordi, 2001).

Pengamatan terhadap ikan kerapu batu (*Epinephelus bontoides*) dijumpai pada ukuran 30,7-75 gram bobot tubuh, dan 13,6-17,7 cm panjang total dengan berat gonad antara 0,50-1,85 gram dan GSI (*Gonade Somatic Index*) antara 0,73-3,43 %. Sedangkan jantan matang gonad diketahui dengan panjang lebih dari 18,5 cm dan bobot tubuh lebih dari 100 gram. Hasil pengamatan secara histologi diketahui bahwa induk ikan dengan panjang 14,5 cm merupakan awal masa transisi. Masa transisi masih dijumpai pada ikan dengan panjang 19,3 cm. Masa transisi ini ditandai dengan sel *oocyte* mulai mengkerut dan *nucleus cromatin* (CN), *perinucleus* (PN) berada di antara sel *oocyte*. Sedangkan perubahan awal sel kelamin jantan ditemui mulai ukuran panjang antara 14,5-20,5 cm, dan testis mencapai perkembangan sempurna terjadi pada induk dengan panjang total 21,5 cm (Priyono *et al.*, 1998). Yashiro *et al.* (1993) menggambarkan perubahan sel kelamin ikan kerapu *Epinephelus malabaricus* pada masa inteseks yaitu dalam sel gonad diketahui adanya spermatogonia (SG), spermatocyte (SC), spermatid (SD), spermatine (SN), dan masih ditemui beberapa sel *oocyte*.

Perubahan sel kelamin kerapu batu (*Epinephelus bontoides*) berbeda dengan jenis kerapu lainnya, yaitu ditentukan berdasarkan berat individu, misalnya spesies *Epinephelus malabaricus* matang ovarium dengan bobot 3,7 kg dan interseks terjadi pada bobot 6 kg (Yashiro *et al.*, 1993), kerapu *Epinephelus mario* inteseks terjadi pada bobot 11 kg (Moe, 1969), kerapu *Epinephelus akaraa* matang ovarium dengan bobot 500 gram dan inteseks terjadi pada ukuran bobot 700 g.

Selain bobot tubuh yang menjadi pedoman menentukan inteseks, juga didasarkan pada umur ikan, dan perubahan ini tidak sama di antara spesies ikan. Misalnya kerapu lumpur (*Epinephelus tauvina*) ovarium matang pada umur tiga tahun dengan panjang total 70 cm (Tan & Tan, 1974), kerapu *Epinephelus suillus* interseks terjadi pada umur 7-9 tahun (Doi *et al.*, 1991 dalam Yashiro *et al.*, 1993). Kerapu spesies *Epinephelus diacanthus* ovarium matang pada umur satu tahun dan interseks terjadi pada umur dua tahun (Chen *et al.*,

1980), sedangkan Davy & Chouinard (1980) melaporkan kerapu *Epinephelus tauvina* matang pada umur satu tahun dan inteseks terjadi pada umur empat tahun dengan rangsangan hormon methyltestosterone.

Menurut Tamsil (2000 & 2009) bahwa ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) di Danau Tempe dan Danau Sidenreng (Sulawesi Selatan) ukuran terkecil hingga kisaran panjang 100-119 mm didominasi oleh ikan bunto betina, sedangkan mulai pada kisaran 120-139 mm, didominasi oleh ikan bunto jantan. Selanjutnya dikatakan bahwa tahapan perkembangan gonad ikan bunto dari fase betina fungsional, transisi hingga jantan fungsional, menunjukkan bahwa pada fase awal peralihan dari betina ke jantan terlihat dominasi oosit masih tinggi, kemudian berimbang antara oosit dengan spermatosit, selanjutnya spermatosit mulai dominan hingga pada tahap akhir fase peralihan seluruh gonad telah berubah menjadi testis.

Sedangkan pada belut (*Monopterus albus*, *Synbranchus marmoratus*) ketika masih muda, gonadnya mempunyai dua sel kelamin, ovarium dan testis. Yang berkembang lebih dahulu adalah sel ovariumnya dengan menghasilkan telur. Pada waktu mencapai ukuran panjang sekitar 40 cm dan umur sekitar 9 bulan, ovariumnya akan mengecil dan jaringan sel testisnya membesar sehingga belut akan mengeluarkan cairan sperma pada waktu reproduksinya. Pada belut yang sudah tua, ovariumnya telah tereduksi dan hampir seluruh gonadnya telah terisi oleh jaringan testis.

Awal kehidupan belut muda berkelamin betina, kemudian berubah menjadi jantan. Pada saat perubahan dari betina menjadi jantan ini terdapat masa transisi atau interseks. Perubahan betina menjadi jantan sangat tergantung pada lingkungan di mana belut itu hidup. Karena itu, spesies belut yang sama karena berbeda wilayah geografi dan lingkungan hidupnya, maka perubahan kelamin dari betina menjadi jantan pun tidak sama. Belut yang hidup di lingkungan yang cocok dan subur, kaya dengan makanan bisa cepat besar dan panjang, dibandingkan dengan belut yang hidup di tempat yang tidak subur. Dengan demikian, bisa jadi belut yang hidup di tempat yang subur walau telah memiliki panjang tubuh lebih dari 40 cm, tetapi belum mengalami perubahan kelamin.

Penelitian yang dilakukan oleh Handojo (1986) di daerah Secang (Magelang, Jawa Tengah), Desa Gadingsari (Bantul, Yogyakarta), dan Dinoyo (Malang, Jawa Timur), menemukan bahwa belut yang mencapai ukuran > 36 cm berkelamin jantan, dan belut ukuran 20-28 cm berkelamin betina. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Kordi (1994) di Manimpahoi, Sinjai (Sulawesi Selatan), ditemukan belut betina berukuran 19-32 cm dan belut jantan ukuran > 37 cm. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Chan & Philips (1967) di Hongkong menemukan belut ukuran > 70 cm berkelamin jantan dan belut ukuran 20-30 cm berkelamin betina. Informasi ini dapat menjelaskan bahwa, lingkungan sangat berpengaruh terhadap perubahan kelamin.

Pada ukuran panjang hingga 50 cm, belut masih ada yang berkelamin betina. Namun pada ukuran 55 cm, biasanya belut sudah menjadi jantan (Taufik & Saporinto, 2008). Apabila sudah menjadi jantan, belut akan menjadi ganas karena membutuhkan daerah teritorial yang lebih luas. Sewaktu belut mengalami perubahan kelamin dari betina menjadi jantan akan terjadi masa transisi karena terjadi diferensiasi fase sel kelamin. Pada saat transisi, terjadi kekosongan sel kelamin sehingga belut menjadi kanibal dengan saling memangsa sesamanya.

Menurut Robertson (1972) yang dikutip oleh Helfman *et al.* (1997) dalam Rahardjo *et al.* (2011) bahwa pada ikan *Labroides dimidiatus* membentuk suatu harem yang berisikan satu jantan besar dan sampai 10 ekor betina. Sering terjadi ketika ikan jantan dominan yang menguasai harem betina dihabiskan oleh predator atau karenan sebab lain mati, maka dalam beberapa hari kemudian ikan betina yang terbesar dalam harem tersebut akan menjadi jantan dominan dan berfungsi sebagai jantan.

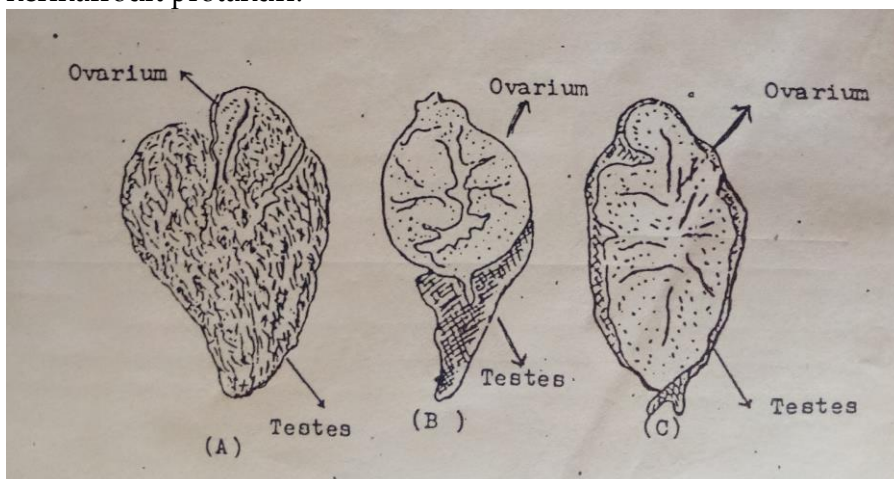
Perubahan kelamin ini dipengaruhi ukuran, umur, dan jenisnya. Perubahan kelamin jantan menjadi betina atau betina menjadi jantan pada ikan kerapu sangat drastis apabila rasio (perbandingan) kelamin jantan dan betinanya tidak seimbang. Dalam hal ini sifat *polygyny* atau *polygamy* adalah faktor pembatas penting dalam produksi *zygot*. Pada spesies *monogamy*, jumlah jantan dan betinanya sama sehingga setiap jantan hanya dapat membuahi telur dari satu ekor betina. Beda lagi dengan spesies *polygyny*. Pada spesies ini ukuran induk jantan lebih besar dari betinanya, sehingga sang jantan dapat membuahi telur-telur lebih dari satu betina. Sedangkan *polyandry* sebaliknya (betina lebih besar) dan dibutuhkan lebih dari satu ekor jantan untuk membuahi telur-telurnya.

Terdapat dua macam jantan yang berbeda. Ikan jantan yang pertama terlihat seperti betina tetapi tetap jantan selama hidupnya, sedangkan jantan yang kedua adalah jantan yang berasal dari perubahan ikan betina. Pada ikan-ikan yang mempunyai dua fase dalam satu siklus hidupnya, pada tiap-tiap fasenya sering didapatkan ada perbedaan, baik dalam morfologi maupun warnanya. Keadaan demikian menyebabkan terjadinya kesalahan dalam mendeterminasi ikan itu menjadi dua nama, yang sebenarnya spesies ikan itu sama. Misalnya pada ikan *Larbus ossifagus* ada dua individu yang berwarna merah dan ada yang berwarna biru. Ternyata ikan yang berwarna merah adalah ikan betina, sedangkan yang berwarna biru adalah ikan jantan (Effendie, 1978; Yudasmara, 2014).

3. Hermaprodit Protandri

Hermaprodit protandri (*protandrous hermaphrodite*) adalah golongan ikan yang dalam hidupnya mengalami perubahan kelamin dari jantan menjadi betina. Ketika masih muda gonadnya mempunyai daerah ovarium dan testes, tetapi jaringan testes tadi mengisi sebagian gonad pada bagian lateroventral. Setelah jaringan testesnya berfungsi dan dapat mengeluarkan sperma, kemudian akan menjadi masa transisi di mana selama itu jaringan ovariumnya membesar dan testesnya mengkerut (Effendie, 1978; Yudasmara, 2014).

Pada ikan yang sudah tua umumnya testes tadi sudah tereduksi sekali sehingga sebagian besar dari gonad tadi diisi oleh jaringan ovarium yang berfungsi. Lama waktu untuk tiap fase yaitu jantan, transisi, dan fase betina belum diketahui dengan pasti. Ikan-ikan yang termasuk ke dalam golongan ini antara lain *Sparus auratus*, *Pagellus centrodontus*, *Pagellus mormyrus*, *Acanthopagrus schlegeli*, *Grammoplites*, *Lates calcalifer*, *Amphiprion percula*, *A. ocellaris*, dan *Premnas biaculeatus*. Sedangkan famili ikan yang tergolong hermafrodit protandri di antaranya Muraenidae, Clupeidae, Cobitidae, Latidae, Elegendopsidae, Polynemidae, Pomacentridae, dan Sparidae (Lampiran 2). Gambar 21 disajikan penampang melintang gonad hermafrodit protandri.



Gambar 21. Penampang melintang gonad hermaphrodit protandri (Yamamoto, 1969).

Keterangan: A = fase jantan; B = fase transisi; C = fase betina.

Ikan *black porgy* (*Acanthopagrus schlegeli*) pada umur tiga tahun berubah kelamin dari jantan menjadi betina (Jin-Lien *et al.*, 2003 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan *Acanthopagrus latus* jantan berubah dari jantan

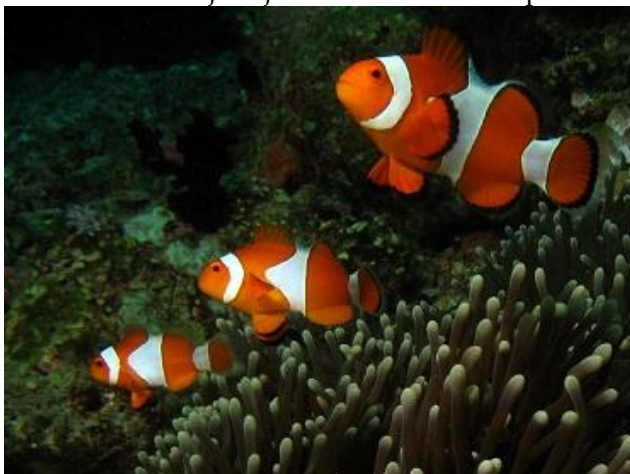
menjadi betina pada panjang total 250 mm ketika umurnya mencapai 2,5 tahun (Hesp *et al.*, 2004 *dalam* Rahardjo *et al.*, 2011). Hermaprodit protandri juga ditemukan pada ikan baji-baji (*Grammoplites scaber*) (Yuniarti *et al.*, 2005).

Kakap putih (*Lates calcalifer*) mengalami perubahan kelamin (*change sex*) dari ikan jantan menjadi betina, yang terjadi pada berat 2-4 kg. Hasil penelitian menunjukkan, proporsi jantan menurun seiring bertambahnya berat badan. Pada berat badan 2,4 kg terjadi peningkatan jumlah betina dari jantan dewasa setelah mengalami perubahan kelamin (*secondary female*). Ukuran biologi minimal induk jantan yang matang adalah 1,4 kg dan panjang 45 cm dan induk betina adalah 1,5 kg dan dan panjang 47 cm. Pengamatan ini juga menunjukkan, perubahan kelamin kakap putih dari jantan menjadi betina berlangsung selang antara umur 21-157 hari, di mana perubahan ini banyak dijumpai pada ikan berukuran 2,0-3,0 kg. Hasil ini diasumsikan bahwa pada ukuran tersebut kakap putih mengalami masa transisi (*intersex*) atau masa perubahan kelamin (Mayunar & Ahmad, 1994).

Meskipun telah dilakukan beberapa penelitian mengenai kakap putih, namun pengetahuan mengenai perubahan kelamin, ukuran biologis minimal, dan sifat hermaproditnya belum diketahui secara pasti. Mayunar *et al.* (*dalam* Ravael, 1996) telah mencoba mengamatinya di Serang selama 4 tahun. Menurutnya, perubahan kelamin kakap putih dari jantan menjadi betina sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan geografi suatu daerah. Selain berat tubuh, perubahan kelamin juga dapat dilihat dari tingkatan umurnya. Dan setiap spesies berbeda (tidak sama) tingkatan perubahan kelaminnya.

Di perairan Australia, masa transisi kakap putih di Van Diemen Gulf terjadi pada panjang total 84-97 cm (rata-rata 90,7 cm) atau umur 4-8 tahun, sedangkan di tenggara Carpentaria Gulf pada panjang total 68-90 cm (rata-rata 82 cm) atau umur 3-7 tahun (Davis, 1986). Selanjutnya disebutkan bahwa di Van Diemen Gulf, proporsi jantan lebih besar pada panjang total 50 cm dan betina 60 cm, sedangkan di Carpentaria Gulf pada panjang total 95 cm dan 100 cm. Sementara menurut Kungvankij *et al.* (1986) bahwa kakap putih yang memiliki berat badan 1,5-2,5 kg sebagian besar terdiri dari jantan, sedangkan berat badan 4-6 kg sebagian besar betina.

Namun demikian, berdasarkan hasil pengamatan selama 4 tahun, ternyata tidak semua induk betina berasal dari induk jantan dewasa yang mengalami perubahan kelamin (*secondary female*), tetapi dari awal tetap betina (*primary female*) (Mayunar & Ahmad, 1994). Sebagaimana dikemukakan oleh Larranete *dalam* Smith (1967) bahwa 5 % populasi ikan *Pagellus erythrinus* selama hidupnya sebagai jantan, 45 % berubah dari betina menjadi jantan dan 50 % tetap betina.



Gambar 22. Ikan badut atau klon (*Amphiprion ocellaris*) tergolong hermaprodit protandri

Pada Ikan badut atau ikan klon (*Amphiprion percula*, *A. Ocellaris*), ketika baru menetas, ikan badut berkelamin jantan, setelah dewasa berubah menjadi betina. Namun perubahan kelamin jantan menjadi betina ini tidak sekaligus pada satu koloni ikan badut. Dalam satu koloni hanya ada satu jantan yang

berubah menjadi betina sekaligus menjadi pemimpin dalam koloni tersebut. Jika ikan betina tersebut meninggalkan koloni karena mati, akan ada pejantan lain yang berubah menjadi betina untuk menggantikan posisinya.

Karena itu, badut bersifat monogami tetapi juga poliandri. Spesies *Amphiprion percula*, *A. ocellaris*, dan *Premnas biaculeatus* biasanya ditemukan sepasang, jantan dan betina pada satu anemon. Ikan betina umumnya mempunyai ukuran lebih besar dari jantan.

D. GONOKORISME

Selain hermaphrodit, pada ikan terdapat juga gonokoris atau gonokorisme (*gonochorisme*), yaitu kondisi seksual berganda, dimana pada ikan tahap juvenil gonadnya tidak mempunyai jaringan yang jelas statusnya, apakah jantan atau betina. Gonad tersebut kemudian berkembang menjadi semacam ovarium, setelah itu setengah dari individu ikan-ikan itu gonadnya menjadi ovarium (menjadi ikan betina) dan setengahnya lagi menjadi testis (menjadi ikan jantan).

Sifat gonokoris pada ikan terbagi dua, yaitu **ada yang berdiferensiasi** dan **ada yang tidak berdiferensiasi**. Pada spesies pertama, gonad yang berbeda langsung berdiferensiasi menjadi testis dan ovarium. Pada spesies ke dua, gonad yang tidak berbeda mula-mula berkembang menjadi gonad yang menyerupai ovarium dan kemudian lebih kurang setengahnya menjadi jantan dan setengahnya yang lain menjadi betina (Effendi, 1979; Tamsil, 2000 & 2009).

Gonokoris yang tidak berdiferensiasi menunjukkan tidak stabil karena terjadi inteseks yang spontan, misalnya pada ikan *Anguilla anguilla* dan *Salmo gairdneri irideus*. Tetapi pada ikan *Salmo gairdneri irideus* tersebut pernah terjadi interseks walaupun tidak sering. Sedangkan pada ikan *Clupea harengus* gonadnya banyak yang inteseks.

Interseks juga terdapat pada ikan gelodok (*Periophthalmus vulgaris*). Menurut Eggert (1933) dalam Sjafei *et al.* (1992) berpendapat bahwa interseks pada ikan gelodok (*Periophthalmus vulgaris*) terdapat dua ras geografis pada spesies yang sama. Pada ikan di pantai selatan Pulau Jawa, kedua seks berdiferensiasi secara bebas sejak awal, sedangkan pada ikan yang ada di pantai utara, testis ikan muda beranjak dari struktur ovarium yang menunjukkan bahwa ikan jantan melalui fase betina lebih dahulu.

Ikan gonokoris yang berdiferensiasi sejak dari mudanya sudah ada perbedaan antara jantan dan betina dan perbedaan itu tetap. Karena selalu stabil maka tidak ada spesies yang inteseks (Effendi, 1978). Ikan gonokoris yang berdiferensiasi juga dapat disebut sebagai ikan heteroseksual atau biseksual. Pada sifat tersebut, setiap individu hanya terdapat satu jenis kelamin, yaitu jantan atau betina, dan berlaku seumur hidup.

E. SIFAT SEKSUAL SEKUNDER DAN PRIMER

Ikan jantan adalah ikan yang menghasilkan sperma dan ikan betina yang merupakan ikan penghasil telur. Namun, untuk membedakan antara keduanya cukup sulit. Sebagian besar jenis ikan tidak menunjukkan perbedaan tubuh luar antara jantan dan betina. Kondisi ini dinamakan monomorfisme. Perbedaan kedua jenis kelamin ini secara nyata hanya dapat dilakukan dengan membedah ikan dengan melihat ciri seksual primer. Ciri seksual primer ditandai oleh organ yang berhubungan langsung dengan proses reproduksi, yaitu testis dan salurannya pada ikan jantan, dan ovarium dan salurannya pada ikan betina. Ciri ini tampak dengan jelas dan pasti pada ikan dewasa (Rahardjo *et al.*, 2011).

Karena itu, untuk mengetahui dan memastikan kedua jenis kelamin ikan harus dilakukan pembedahan. Namun hasil pembedahan ikan belum tentu positif. Lebih-lebih kalau belum diketahui bahwa ikan

tersebut mempunyai sifat seksual yang lain. Biasanya pada ikan-ikan muda sifat seksual primernya sukan ditentukan walaupun ikan itu gonokoris berdiferensiasi (Effendi, 1978; Yudasmar, 2014).

Pada beberapa spesies tertentu, jenis jantan dan betina dapat diamati dari ciri seksual sekundernya; meskipun kadang kala tidak memberikan hasil yang positif atau meragukan. Dilihat dari fungsinya, ciri seksual sekunder terdiri atas dua jenis. Jenis pertama menyangkut organ yang merupakan alat bantu pada pemijahan seperti alat bantu kopulasi, penempatan telur (ovipositor), dan pengeraman. Jenis kedua adalah organ yang tidak mempunyai hubungan dengan kegiatan reproduksi secara keseluruhan. Ciri seksual sekunder bertalian dengan bentuk dan warna bagian tertentu tubuh ikan. Perbedaan seksual antara jantan dan betina berdasarkan perbedaan bentuk disebut dimorfisme seksual (*sexual dimorphism*), sedangkan yang didasarkan perbedaan warna disebut dikromatisme seksual (*sexual dichromatism*) (Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada dasarnya sifat seksual sekunder dibagi menjadi dua, yaitu: (1) sifat seksual sekunder yang bersifat sementara. Misalnya ovipositor pada ikan biterling (*Rhodeus amarus*) yaitu alat yang dipakai menyalurkan telur ke bivalvia. Pada ikan *Nocomis biguttatus* dan *Semotilus atromaculatus* jantan terdapat semacam jerawat di atas kepalanya pada musim pemijahan. Selain itu, banyaknya jerawat dengan susunannya yang khas pada spesies tertentu bisa dipakai untuk tanda menentukan spesies. Jadi penentuan spesies ikan ini hanya dapat dilakukan pada musim pemijahan saja. Di luar musim pemijahan tanda-tanda tidak ada; (2) sifat seksual sekunder yang bersifat permanen atau tetap, yaitu tanda ini tetap ada sebelum, selama, dan sesudah musim pemijahan. Misalnya tanda bulatan hitam pada ekor ikan *Amia calva* jantan, gonopodium pada ikan *Gambusia affinis*, calsfer pada golongan ikan Elasmobranchia, warna yang lebih menyala pada ikan Lebistes, Beta, dan ikan-ikan karang, ikan *Photocorynus spiniceps* yang berparasit pada ikan betina dan sebagainya (Effendi, 1978; Yudasmar, 2014).

Biasanya tanda seksual sekunder itu terdapat positif pada ikan jantan saja. Apabila ikan jantan tadi dikastrasi (testisnya hilang), bagian yang menjadi tanda seksual sekunder menghilang, tetapi pada ikan betina tidak menunjukkan sesuatu. Sebaliknya tanda bulatan hitam pada ikan amia betina akan muncul pada bagian ekornya seperti pada ikan amia jantan, bila ovariumnya dihilangkan. Keterangan mengenai hal tersebut di atas ialah bahwa hormon yang dikeluarkan oleh testes mempunyai peranan pada tanda seksual sekunder. Tetapi tanda hitam pada ikan amia menunjukkan bahwa hormon yang dikeluarkan oleh ikan betina menjadi penghalang timbulnya tanda bulatan hitam. Sedangkan tanda bulatan hitam tadi terdapat pada kedua kelamin ikan amia muda (Effendi, 1978; Yudasmar, 2014).

1. Dimorfisme Seksual

Sifat seksual sekunder adalah tanda-tanda luar yang dapat dipakai untuk membedakan ikan jantan dan betina. Spesies ikan yang mempunyai sifat morfologi atau perbedaan bentuk yang dapat dipakai untuk membedakan jantan betina dengan jelas, maka spesies tersebut bersifat dimorfisme seksual (*sexual dimorphism*).

Pada ikan salmon (*Oncorhynchus goburscha*) jantan mempunyai punggung meninggi dan rahang seperti kait dibandingkan dengan yang betina. Ikan lemadang (*Coryphaena hippurus*) jantan bagian atas kepalanya melengkung seperti kubah dan posisi sirip dorsal lebih ke depan dibandingkan dengan sirip dorsal ikan betina. Genus *Sebastes* (*Sebastes melanops*, *S. flavidus*, dan *S. serranoides*) jantan mempunyai mata yang lebih lebar dan jari-jari sirip pektoral yang lebih panjang daripada mata dan sirip pektoral ikan betina (Echeverria, 1986 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Sirip pada ikan sering menunjukkan ciri seksual sekunder. Sirip ekor bagian bawah yang memanjang terdapat pada ikan jantan cingir putri (*Xiphophorus helleri*). Ujung sirip dorsal sepat siam (*Trichogaster pectoralis*) jantan memanjang melewati pangkal ekor, sedangkan pada ikan betina tidak melewatinya. Ikan

laut dalam *Photocorynus spiniceps* jantan bersifat parasit terhadap ikan betina. Ikan jantan tidak mempunyai saluran pencernaan karena sifatnya yang parasit. Ikan jantan menempel pada kulit ikan betina menggunakan mulutnya. Ikan jantan semata-mata hanya berfungsi dalam reproduksi (Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada ikan viper dari famili Stomiidae yang juga hidup di laut dalam, pada bagian bawah sisi badan ada deretan organ-organ bercahaya, kelihatannya seperti tingkapan-tingkapan atau jendela-jendela. Biasanya ada suatu kelenjar bercahaya di bawah mata yang pada ikan jantan lebih besar dari pada ikan betina, dan dapat ditutup dengan memuatarkannya. Sedangkan pada ikan mercusuar (*Hemigrammus ocellifer*), ikan berukuran kecil dari Sungai Amazon dan Guyana, pada ikan jantan badannya lebih langsing dan gelembung renangnya mudah terlihat kalau ikan dipandang dengan cahaya di belakangnya. Pada ikan betina gelembung renangnya terselubung (Anonim, 1989).

Pada ikan *Ceratis* sp yang juga menghuni laut dalam, ukuran ikan jantan jauh lebih kecil daripada ikan betina. Sebegitu kecilnya sehingga ukuran ikan jantan masih lebih kecil daripada ovarium ikan betina yang matang. Buncak pemijahan (*nuptial tubercle*) tampak pada banyak ikan jantan, yang merupakan suatu benjolan yang timbul tepat sebelum musim pemijahan dan menghilang sesaat sesudah pemijahan, misalnya ikan minnow (*Osmerus* sp) dan gulamah (*Semotilus atromaculatus*) (Rahardjo *et al.*, 2011).

Beberapa organ tambahan pada pemijahan dapat digunakan sebagai ciri seksual. Ovipositor atau alat penyalur dan peletak telur ditemukan pada ikan biterling (*Rhodeus amarus*, *R. sericeus*) dan ikan *Careproctus* sp betina. Ovipositor ini merupakan organ berbentuk pipa sepanjang 5 cm, yang berfungsi untuk bertelur. Dengan ovipositor, ikan betina secara hati-hati meletakkan telurnya di dalam suatu kerang air tawar (Anonim, 1989). Pada kuda laut (*Hippocampus*) jantan dilengkapi dengan kantong pengeraman (*brood pouch*) di bagian ekor (Poernomo *et al.*, 2003). Ketika hendak melakukan perkawinan, kuda laut jantan akan melilitkan ekornya pada betina sehingga terlihat jantan dan betina saling melilitkan ekornya. Selanjutnya telur-telur kuda laut betina dimasukkan ke dalam kantong (*brood pouch*) kuda laut jantan. Telur di dalam kantong ini kemudian dibuahi oleh jantan dan disimpan atau dierami di dalam kantong. Begitu telur dibuahi, lapisan di dalam kantong berubah menjadi semacam spons yang dipenuhi pembuluh darah untuk memberi makan telur.

Gonopodium terdapat pada ikan seribu (*Poecilia reticulata*), black molly (*Mollinesia sphenops*), platy variatus (*Xyphophorus variatus*), laty coral (*X. maculatus*), dan *Gambusia* sp jantan. Gonopodium merupakan modifikasi sirip anal. Pada ikan cyprinodont jantan *Xenodexia*, modifikasi sirip pectoral (dinamai heterochir) digunakan dalam perkawinan untuk memegang gonopodium pada kedudukannya sehingga memudahkan untuk masuk ke dalam oviduct betina. Pada beberapa anggota Elasmobranchii sirip ventral bermodifikasi menjadi miksopterigium (klasper) yang berfungsi sebagai penyalur sperma yang membantu menjamin keberhasilan fertilisasi internal. Selain itu, ikan jantan mempunyai gigi yang lebih tajam atau lebih panjang daripada betina yang berfungsi untuk mencengkeram betina selama kopulasi; sebaliknya ikan betina mempunyai kulit yang lebih tebal. Pada *Chimaera* jantan berkembang suatu organ klasper di bagian atas kepalanya yang dinamakan tenakulum (Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada ikan *Leptoscarus vaigiensis* jantan dewasa pada rahangnya terdapat beberapa gigi seperti taring, sedangkan pada ikan betina dan ikan-ikan masih mudah tidak ada (Peristiwady, 2006). Pada ikan meru (*Kurtus indicus*) jantan mempunyai tonjolan tulang dari tengkorak bagian depan yang ujungnya berbentuk kaitan yang berfungsi sebagai tempat menempelkan telur. Telur-telur yang dihasilkan dalam dua gugusan dihubungkan dengan benang dan melekat pada kaitan ikan jantan. Dengan demikian, satu gugusan telur terletak di sebelah kiri kepala, dan gugusan yang satunya lagi di sebelah kanan. Telur-telur tersebut selalu di bawa oleh ikan jantan sampai menetas seluruhnya (Djuhandha, 1981).

2. Dikromatisme Seksual

Spesies ikan yang dibedakan jantan dan betinanya berdasarkan perbedaan warna, maka ikan tersebut bersifat dikromatisme seksual (*sexual dichromatism*). Warna pada ikan sering merupakan ciri pengenalan seksual. Ikan *Leptoscarus vaigiensis* jantan mempunyai warna coklat kehijauan, bagian atas gelap, bagian bawah putih, dasar sirip dada kehitaman. Sedangkan pada ikan betina warna pada kepala dan badan coklat kehijauan gelap, bagian bawah kekuningan. Kepala, badan, dan sirip dengan bintik-bintik biru. Pada kakatua tua biru (*Scarus ghobban*), ikan jantan mempunyai warna badan dan kepala bagian atas coklat muda kemerahan, bagian bawah coklat muda keputihan. Pada kakatua tua terdapat 5 strip lebar biru yang tidak teratur. Sirip punggung dan sirip dubur kuning jingga dengan bagian tepi sirip berwarna biru. Sirip dada kekuningan dengan sisi bagian atas biru. Sirip ekor kecoklatan dengan masing-masing sirip biru. Sedangkan pada ikan betina, kepala dan badan bagian atas hijau, bagian bawah hijau muda sampai keputihan. Terdapat 2 strip tegak yang tidak teratur dan kurang jelas kadang-kadang terdapat pada badan. Bibir atas kemerahan dengan hijau terang di bagian atasnya. Sirip ekor hijau dengan bagian sisi sirip kemerahan (Peristiwady, 2006).

Ikan kakatua *Scarus sordidus* betina berwarna coklat tua, seringkali dengan dua garis memanjang dan 5 atau 6 bintik. Batang ekor bagian belakang dan sirip ekor bagian depan putih dengan bercak hitam besar. Sirip dada dengan jari-jari sirip coklat tua, lempeng gigi kemerahan. Sedangkan pada ikan jantan, badan hijau dengan bagian tengah badan kuning. Kepala dan bagian badan bawah hijau kebiruan dengan 2-3 strip biru lebar datar memanjang. Pipi hijau. Dari moncong sampai orbit dengan bercak memanjang kehijauan. Sekeliling mata dengan garis-garis hijau. Di sekitar bibir atas dan bawah dengan garis biru kehijauan. Sirip dada biru kehijauan, jari-jari sirip dada atas kuning kecoklatan. Sirip punggung biru dengan strip lebar kuning memanjang. Sirip ekor biru, selaput antara jari-jari sirip ekor kemerahan. Lempeng gigi kehijauan (Peristiwady, 2006).

Ada juga ikan yang mengalami perubahan warna karena fase atau siklus hidupnya. Pada ikan-ikan yang muda berbeda warna dengan ikan-ikan dewasa. Misalnya pada ikan kerong-kerong terbang (*Macolor niger*), pada ikan dewasa kepala dan badan bagian atas coklat kehitaman, bagian bawah abu-abu kehitaman. Badan dengan 3-6 bercak putih, iris mata kuning, dan ujung-ujung sirip kehitaman. Sedangkan ikan-ikan yang masih muda, kepala dan badan hitam, bagian tengah dan belakang sirip punggung terdapat bercak putih. Belakang kepala dan ujung moncong putih. Badan dengan dua strip lebar putih. Badan di bawah sirip punggung dengan 6-10 bercak putih (Peristiwady, 2006).

Karena itu, sering terjadi kesalahan dalam mengidentifikasi, terutama ikan-ikan mempunyai dua fase dalam siklus hidupnya. Pada tiap-tiap fasenya sering didapatkan ada perbedaan, baik dalam morfologi maupun warnanya. Keadaan demikian menyebabkan terjadinya kesalahan dalam mendeterminasi ikan itu menjadi dua nama, yang sebenarnya spesies ikan itu sama. Misalnya pada ikan *Larbus ossifagus* ada dua individu yang berwarna merah dan ada yang berwarna biru. Ternyata ikan yang berwarna merah adalah ikan betina, sedangkan yang berwarna biru adalah ikan jantan (Effendie, 1978; Yudasmara, 2014).

Secara umum boleh dikatakan bahwa ikan jantan mempunyai warna yang lebih cemerlang daripada ikan betina. Bagi ikan jantan warna berfungsi menarik perhatian ikan betina. Variasi warna yang menakjubkan ditemukan pada banyak spesies siklid jantan pada berbagai danau di Afrika (Kodric-Brown, 1998 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Pada ikan *orange spotted sunfish* (*Lepomis humilis*) jantan terdapat bintik jingga yang lebih terang dan lebih banyak dibandingkan dengan ikan betina. Pinggiran belakang sirip ekor mujair (*Oreochromis mossambicus*) jantan berwarna merah (Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) betina berwarna lebih gelap atau lebih hitam daripada ikan jantan. Ikan guppy (*Poecilia reticulata*) mempunyai sirip ekor yang lebar dengan warna yang sangat indah. Ikan cupang (*Trichopsis vittatus*) jantan mempunyai jari-jari sirip dubur, sirip punggung, dan sirip ekor yang lebih panjang dan terlihat sangat menonjol, dan masing-masing ujungnya berwarna kemerahan.

Ikan labiosa (*Colisa labiosa*) jantan lebih cemerlang dan sirip punggungnya lebih panjang dan lancip. Ikan sepat mutiara (*Trichogaster leeri*) jantan mempunyai sirip punggung yang panjang, tetapi lancip, bagian badan terutama leher dan perut terdapat hiasan berwarna merah. Ikan betina sirip punggungnya lebih pendek dan membulat, leher dan perut tidak berwarna merah. Ikan ramirezi (*Apistogramma ramirezi*) jantan pada sirip punggungnya terdapat dua duri keras yang panjang dan tegak serta berwarna hitam, di tengah badannya juga terdapat bundaran hitam. Ikan betina warna badannya lebih pucat.

Ikan akara (*Aquidens pulcher*) jantan warna tubuhnya lebih cerah, sirip punggung dan sirip dubur lebih panjang, dan terdapat bintik-bintik yang cukup banyak pada kedua sirip tersebut, sedangkan ikan betina agak gelap, sirip punggung dan sirip dubur lebih pendek, dan bintik putih pada kedua sirip sedikit. Pada ikan nyasa (*Pseudotropheus auratus*) muda, jantan dan betina sama-sama berwarna kuning emas dengan dua garis memanjang gelap sehingga agak sulit dibedakan. Pada jantan dewasa, warna tubuhnya cokelat gelap dan dua garis memanjang berwarna turquoise pucat di bagian atas tubuhnya. Bila matang kelamin, pada sirip anus ikan jantan terdapat bintik-bintik kuning, sedangkan pada ikan betina tanda-tanda itu tidak ada.[]

BAB VI. TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Kelenjar biak pada ikan disebut gonad. Gonad pada ikan betina disebut ovarium dan pada ikan jantan disebut testis. Ovarium pada kebanyakan ikan teleostei berupa sepasang organ yang terletak di rongga tubuh. Rongga ovarium berlanjut dengan saluran telur yang terbuka ke arah ovipore pada papila urogenital. Pada sebagian spesies pasangan ovarium menyatu menjadi satu organ.

Tipe-tipe ovarium menurut Wallace & Salman *dalam* Nagahama (1983) yang dikutip Tang & Affandi (2017) sebagai berikut: (1) ovarium sinkron/serempak, yaitu perkembangan ovariumnya sinkron atau berkembang bersama, keluar bersama dan sesudah itu mati, contohnya pada ikan sidat katadromous, (2) ovarium sinkron sebagian yaitu ovarium memiliki lebih dari dua kelompok oosit pada tahap perkembangannya, misalnya pada ikan trout pelangi, umumnya memijah satu kali setahun dan musimnya relatif pendek, (3) asinkronis (metakrom) atau ovarium tidak sinkron, yaitu ovarium memiliki oosit pada semua tingkatan perkembangan, tipe ini ditemukan pada semua spesies ikan mas, yang memijah dalam waktu dan musim yang panjang.

Testis merupakan organ reproduksi primer jantan yang terdiri atas sepasang organ memanjang dan terletak pada dinding dorsal. Pada ikan famili Poeciliidae kedua organ testis terbungkus dalam satu kantung. Dari testis keluar satu pembuluh sperma (*vas deferens*) pada bagian permukaan mesodorsal yang bermuara di antara anus dan pembuluh urinari. Struktur testis bervariasi menurut spesies, akan tetapi secara umum dapat digolongkan menjadi dua tipe yaitu: (1) Tipe lobular (lobul-lobul) yang umum ditemukan pada ikan teleostei, yaitu gabungan dari lobul-lobul yang terpisah satu sama lainnya dengan kulit luar dari kumpulan jaringan fibrous, di dalam lobul spermatogonia primer mengalami proses meiosis berkali-kali untuk menghasilkan kista spermatogonia. Selama pematangan seluruh germ sel dalam satu kista, kira-kira sama dengan tahap perkembangan spermatogenesis dan akhirnya sperma sampai ke saluran sperma. (2) Tipe tubular (tabung) hanya ditemukan pada ikan gupi, yaitu tubular berdiri sendiri antara bagian luar tunika profial dan terpusat di dalam rongga dimana sperma dilepaskan. Spermatozoa primer hanya berlokasi di bagian ujung akhir tubula. Spermatogenesis dan spemiogenesis terpusat di kista germinal bagian dalam testis di seluruh saluran *vas deferens* (Tang & Affandi, 2017).

Selama proses reproduksi, sebagian besar hasil metabolisme tertuju pada perkembangan gonad. Umumnya berat gonad pada ikan betina adalah 10-25 % dan pada ikan jantan 5-10 % dari berat tubuh (Effendi, 1978; Tang & Affandi, 2017). Perkembangan ovarium sering menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat atau menjadi kurus pada fase reproduksi, bahkan karena ingin mempertahankan populasinya, kematangan gonadnya yang pertama terpaksa dipercepat, sehingga ukuran ikan menjadi kecil.

Perkembangan gonad ikan secara garis besar dibagi atas dua tahap perkembangan utama, yaitu tahap perkembangan pertumbuhan gonad hingga ikan mencapai tingkat dewasa kelamin (*sexually mature*) dan tahap pematangan produk seksual (gamet). Tahap pertama berlangsung sejak telur menetas atau lahir hingga mencapai dewasa kelamin dan tahap kedua berlangsung setelah ikan dewasa. Proses kedua akan terus berlangsung dan berkesinambungan selama fungsi reproduksi berjalan normal (Lagler *et al.*, 1977; Harvey & Hoar, 1979; Davy & Chouinard, 1980 *dalam* Siregar, 1989).

Faktor lingkungan yang dominan memengaruhi perkembangan gonad adalah suhu dan makanan, selain itu adalah periode cahaya (fotoperiode) dan musim terutama pada daerah sub tropis (Scott, 1979). Periode penyinaran yang rendah dan suhu yang tinggi dapat mempercepat pematangan gonad.

Keterangan tentang kematangan gonad ikan diperlukan untuk mengetahui perbandingan ikan yang matang gonad dan yang belum matang dari suatu stok ikan, ukuran atau umur ikan pertama kali memijah, apakah ikan sudah memijah atau belum, kapan terjadi pemijahan, berapa lama saat pemijahan,

berapa kali memijah dalam satu tahun dan sebagainya (Sjafei, *et al.*, 1992). Perubahan gonad ikan berupa meningkatnya ukuran gonad dan diameter telur dinyatakan dengan tingkat kematangan gonad (TKG).

Semakin tinggi tingkat kematangan gonad, semakin besar diameter telur di dalam ovarium. Berdasarkan penelitian pada setiap tingkat kematangan gonad (dari TKG I sampai TKG V) tertentu, diameter telur di dalam ovarium mempunyai kisaran ukuran tertentu dan ada ukuran diameter yang paling banyak frekuensinya.

Selain TKG, perubahan gonad juga dinyatakan dalam Indeks Kematangan Gonad (IKG) yang disebut juga "*Index of Maturity*" (IM) atau "*Gonado Somatic Index*" (GSI) (Johnson, 1971). IKG merupakan persentase dari berat gonad terhadap berat badan ikan betina, berarti IKG merupakan satuan yang menyatakan perubahan gonad secara kuantitatif. Dengan melihat nilai IKG, akan didapatkan bahwa sejalan dengan perkembangan gonad, akan semakin besar nilai IKG dan mencapai nilai tertinggi pada saat akan terjadi pemijahan.

Pengamatan kematangan gonad ikan dilakukan dengan dua cara, yaitu secara histologi dan morfologi. Dasar yang dipakai untuk menentukan tingkat kematangan gonad secara morfologi adalah bentuk, ukuran panjang dan berat, warna, dan perkembangan isi gonad yang dapat terlihat. Perkembangan gonad ikan betina lebih banyak diamati daripada ikan jantan karena perkembangan diameter atau besarnya telur yang terdapat dalam gonad lebih mudah dilihat dari sperma yang ada dalam testis. Nikolsky (1969) menggunakan tanda utama untuk membedakan kematangan gonad berdasarkan beratnya dan secara alamiah hal ini berhubungan dengan ukuran dan berat tubuh ikan. Dengan penentuan berat gonad dibandingkan dengan berat tubuh ikan akan didapatkan koefisien kematangan yang dinyatakan dalam persen. Secara tidak langsung pencatatan koefisien kematangan akan didapatkan keterangan mengenai masa pemijahan.

Berikut dikemukakan pembagian tingkat kematangan gonad menurut beberapa ahli yang dikutip oleh Effendie (1978; 1979 & 1997), dan sumber lainnya sebagai berikut:

- (1) Tingkat kematangan gonad ikan jantan (testis) ikan *green sunfish* secara histologi yang dikemukakan oleh Kaya & Hasler (1972), sebagai berikut:
 - I. *Testis regresi* (akhir musim panas sampai pertengahan musim dingin). Dinding gonad dilapisi oleh spermatogonia awal dan sekunder. Sperma sisa mungkin masih tersisa.
 - II. *Perkembangan spermatogonia*. Sama dengan Tingkat I, hanya proporsi spermatogonia sekunder bertambah dibanding dengan yang primer. Sperma sisa kadang-kadang masih terlihat.
 - III. *Awal aktif spermatogenesis*. Cyste spermatocyte timbul dan kemudian semakin bertambah. Cyste spermatid dan spermatozoa juga mulai keluar.
 - IV. *Aktif spermatogenesis*. Semua tingkat spermatogenesis ada dalam jumlah yang banyak. Spermatozoa bebas mulai terlihat dalam rongga seminiferous.
 - V. *Testis masak*. Lumen penuh dengan spermatozoa. Pada dinding lobute penuh dengan cyste bermacam-macam tingkat.
 - VI. *Testis regresi*. Rongga seminiferous masih berisi spermatozoa. Dinding lobute penuh dengan spermatogonia yang tidak aktif. Ukuran testis mengkerut karena sperma dikeluarkan.
- (2) Tingkat kematangan gonad ikan *Kuhlia sandvicensis* menurut Tester & Takata (1953) sebagai berikut:
 - I. *Tidak masak*. Gonad sangat kecil seperti benang dan transparan. Penampang gonad pada ikan jantan pipih dengan warna kelabu, penampang pada ikan betina bulat dengan warna kemerah-merahan.
 - II. *Permulaan masak*. Gonad mengisi seperempat rongga tubuh. Warnanya pada ikan jantan kelabu atau putih dan bentuknya pipih, sedangkan pada ikan betina berwarna kemerahan atau kuning dan bentuknya bulat. Telur tidak tampak.

- III. *Hampir masak*. Gonad mengisi setengah rongga tubuh. Gonad pada ikan jantan berwarna putih, pada ikan betina kuning. Bentuk telur tampak melalui dinding ovarium.
- IV. *Masak*. Gonad mengisi tiga perempat rongga tubuh. Gonad jantan berwarna putih berisi cairan berwarna putih. Gonad betina berwarna kuning, hampir bening atau bening. Telur dapat terlihat. Kadang-kadang dengan tekanan halus pada perutnya ada yang menonjol pada lubang pelepasannya.
- V. *Salin*. Hampir sama dengan tahap kedua dan sukar dibedakan. Gonad jantan berwarna putih, kadang-kadang dengan bintik coklat. Gonad betina berwarna merah, lembek, dan telur tidak tampak.

(3) Tingkat kematangan gonad ikan albacore (*Thunnus germon*) menurut Otsu & Hansen (1962) sebagai berikut:

- I. *Perkembangan awal*. Ovarium berisi telur primitif yang transparan atau telur ada dalam tingkatan awal perkembangan. Pengendapan butir kuning telur tidak jelas.
- II. *Perkembangan akhir*. Telur tidak jernih, sangat banyak pengendapan kuning telur, garis tengah telur antara 0,4-0,8 mm.
- III. *Lanjut*. Ovarium mendekati tingkat masak. Telur semi transparan dan berisi butir minyak berwarna emas. Telur ini belum masak benar dan garis tengahnya 0,7 – 1,0 mm.

Catatan: pembagian ini berdasarkan kepada tingkat telur terbesar yang terdapat dalam ovarium. Dalam pembagian ini tidak dilaporkan tingkat ovarium yang masak karena ikan yang mempunyai tingkat ini tidak tertangkap. Ukuran ikan yang dipakai dalam penentuan ini ialah antara 72-110 cm.

(4) Tingkat kematangan gonad ikan menurut Nikolsky (1963):

- I. *Tidak masak*. Individu masih muda belum berhasrat mengadakan reproduksi. Ukuran gonad kecil.
- II. *Masa istirahat*. Produk seksual belum berkembang. Gonad ukurannya kecil. Telur tidak dapat dibedakan oleh mata.
- III. *Hampir masak*. Telur dapat dibedakan oleh mata. Testis berubah dari transparan menjadi warna ros.
- IV. *Masak*. Produk seksual masak. Produk seksual mencapai berat maksimum. Tetapi produk tersebut belum keluar bila perut diberi sedikit tekanan.
- V. *Reproduksi*. Bila perut diberi tekanan produk seksualnya akan menonjol keluar dari lubang pelepasan. Berat gonad cepat menurun sejak permulaan berpijah sampai pemijahan selesai.
- VI. *Keadaan salin*. Produk seksual telah dikeluarkan, lubang genital berwarna kemerahan. Gonad mengempis. Ovarium berisi beberapa telur sisa. Testis juga berisi sperma sisa.
- VII. *Masa istirahat*. Produk seksual telah dikeluarkan. Warna kemerah-merahan pada lubang genital telah pulih. Gonad kecil dan telur belum terlihat dengan jelas oleh mata.

(5) Tingkat kematangan gonad ikan menurut Kesteven (Bagenal & Braum, 1968):

- I. *Dara*. Organ seksual sangat kecil dekat di bawah tulang punggung. Testis dan ovarium transparan, dari tidak berwarna sampai berwarna abu-abu. Telur tidak terlihat dengan mata biasa.
- II. *Dara Berkembang*. Testis dan ovarium jernih, abu-abu kemerah-merahan. Panjangnya setengah atau lebih sedikit dari panjang rongga bawah. Telur satu persatu dapat dilihat dengan kaca pembesar.
- III. *Perkembangan I*. Testis dan ovarium bentuknya bulat telur, berwarna kemerah-merahan dengan pembuluh kapiler. Gonad mengisi kira-kira setengah ruang ke bagian bawah. Telur dapat terlihat seperti serbuk putih.
- IV. *Perkembangan II*. Testis berwarna kemerah-merahan. Tidak ada sperma keluar kalau bagian perut ditekan. Ovarium berwarna oranye kemerah-merahan. Telur jelas dapat dibedakan, bentuknya bulat telur. Ovarium mengisi kira-kira dua pertiga ruang bawah.
- V. *Bunting*. Organ seksual mengisi ruang bawah. Testisnya berwarna putih, keluar tetesan sperma kalau ditekan perutnya. Telur berbentuk bulat, beberapa dari padanya jernih dan masak.
- VI. *Mijah*. Telur dan sperma keluar dengan sedikit tekanan ke perut. Kebanyakan telur berwarna jernih dengan beberapa yang berbentuk bulat telur tinggal di dalam ovarium.

- VII. *Mijah/Salin*. Gonad belum kosong sama sekali. Tidak ada telur yang bulat telur.
- VIII. *Salin*. Testis dan ovarium kosong dan berwarna merah.
- IX. *Pulih Salin*. Testis dan ovarium berwarna jernih, abu-abu sampai merah.

(6) Tingkat kematangan gonad ikan *Otolithus ruber* dan *Johnius dussumieri* menurut Devados (1969):

- I. *Tidak Masak*. Ovarium berwarna pucat keruh, memanjang sampai sepertiga panjang rongga perut. Telur tidak dapat dilihat oleh mata. Keadaan telur kecil, tidak berkuning telur, transparan dengan inti yang jelas.
- II. *Tidak Masak*. Ovarium berwarna merah anggur, mengisi $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ rongga perut. Gonad tidak simetri, telur tidak dapat dilihat oleh mata. Keadaan telur, pembentukan kuning telur baru di sekitar inti.
- III. *Hampir Masak*. Ovarium berwarna merah jambu sampai kuning, berbutir-butir, memanjang sampai $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ dalam rongga perut. Keadaan telur kecil, warna tidak terang, inti sebagian atau seluruhnya terbenam dalam kuning telur.
- IV. *Hampir Masak*. Ovarium berwarna putih susu sampai kuning, pembuluh darah terlihat di atasnya, memanjang sampai $\frac{2}{3}$ bagian dari rongga perut, telur mudah terlihat. Keadaan telur, telur dalam ukuran sedang dengan warna tidak terang, belum bebas dari sel-sel folikel.
- V. *Masak*. Ovarium berwarna kemerah-merahan, pembuluh darah jelas, panjangnya sampai $\frac{3}{4}$ - $\frac{4}{5}$ rongga perut. Telur jelas terlihat. Keadaan telur, telur masak berukuran besar dan tidak terang, bebas dari folikel.
- VI. *Masak Betul*. Ovarium kemerah-merahan seperti kue pudding, mengisi seluruh rongga perut, telur terlihat dari dinding ovarium. Keadaan telur, telur masak berukuran besar, transparan, kuning telur berisi gelembung minyak.
- VII. *Salin*. Ovarium mengerut sebagai hasil dari pemijahan.

(7) Tingkat kematangan gonad ikan *Sardinops neopilcardus* menurut Baker (1972):

- I. *Tidak aktif*. Ovarium kecil, panjangnya kurang dari setengah rongga badan, kecil tapi pejal, merah jambu pucat; telur tidak terlihat. Testis pipih seperti daun, merah jambu atau transparan.
- II. *Tidak aktif/Aktif*. Ovarium mulai membesar, agak panjang sampai tebalnya 5 mm, merah jambu gelap. Testis mulai menebal dan memanjang, warna putih sedang berkembang.
- III. *Aktif*. Ovarium lebih panjang dari setengah rongga badan, ketebalannya lebih jelas, dan kuning dengan telur berpigmen. Testis memanjang sampai lebih dari setengah rongga badan, menebal, keputihan dengan pinggir agak ikal.
- IV. *Aktif/Masak*. Ovarium mengembang, hampir lengkap mengisi rongga badan, kuning cerah, berpembuluh; telur diskrete, menjadi transparan di ujung belakang. Testis mengisi hampir seluruh rongga badan, keputihan, cairan seperti susu terdapat di bagian belakang.
- V. *Masak*. Ovarium pada ukuran maksimum, kuning gelap dan semi transparan karena penyebaran merata telur masak yang transparan seluruh gonad. Testis pada ukuran maksimum, setengah dari belakang berisi cairan seperti susu.
- VI. *Masak Sekali*. Sama seperti tingkat V, tapi dengan tekanan sedikit pada perutnya menyebabkan keluar telur atau sperma.
- VII. *Salin*. Ovarium memanjang tetapi pipih, kosong dan berdarah; tidak terdapat telur besar, kecuali kadang-kadang beberapa di oviduct. Testis memanjang, seperti tali dan berdarah.
- VIII. *Salin/Tidak Aktif*. Ovarium kosong dan memperlihatkan tanda sedang membaik sampai tingkat tidak aktif; mengerut, memejal, kurang bintik darah, dan berwarna merah jambu. Testis sama.
- IX. *Salin/Tidak Aktif/Aktif*. Ovarium dan testis masih memperlihatkan tanda baru saja mengeluarkan produk seksualnya, tapi dalam keadaan membaik sampai tahap aktif.

Sementara itu, tingkat kematangan gonad menurut Holden & Raitt (1974) dalam Hariati *et al.* (2005) sebagai berikut:

- I. *Tahap Awal*. Ovarium seperti benang, permukaan licin.

- II. *Tahap Berkembang*. Ovarium lebih besar, telur belum terlihat dengan mata.
- III. *Mulai matang*. Gonad berwarna kuning, tampak butiran telur dan saluran darah.
- IV. *Matang*. Ovarium makin besar, bentuknya bening seperti agar, mengisi $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, sampai mencapai ukuran maksimum (*fully developed gonad*) yang siap mijah.
- V. *Memijah sampai spent*. Ovarium berkerut karena telur berangsur-angsur dilepaskan sampai setengah dari ruang badan. Ovarium berisi sisa pelepasan butir-butir telur yang opaque dan yang matang.

Penelitian yang dilakukan oleh Nasution (2005) pada ikan rainbow selebensis (*Telmatherina celebensis* Boulenger) di di Danau Towuti, Sulawesi Selatan mengemukakan tingkat kematangan gonad ikan jantan dan betina pada Tabel 16.

Tabel 16. Keadaan histologi ovary dan testis ikan endemik rainbow selebensis (*Telmatherina celebensis* Boulenger) dari masing-masing tingkat perkembangan

TKG	Ovari	Testis
I. Belum berkembang	Ovari belum matang didominasi oleh oosit stadia I berukuran 260-610 μm bersifat sangat basofil. Inti berbentuk bulat atau oval. Sitoplasma lebih tebal, terdapat beberapa nukleolus	Testis didominasi oleh jaringan ikat, terdapat lobus berbetuk lonjong yang berisi <i>spermatogonia</i> I dan II. Sel <i>spermatogonium</i> berwarna merah muda
II. Perkembangan awal	Ovari dipenuhi oosit bernukleus besar (oosit stadia I & II), terdapat vakuola pada perifer. Oosit berukuran 410-850 μm . Oosit yang belum matang sitoplasmanya berwarna ungu, sedangkan yang sudah matang berwarna merah muda.	Testis telah berkembang, jaringan ikat semakin sedikit. Lobus didominasi oleh <i>spermatogonia</i> stadia II, terdapat beberapa <i>spermatogonia</i> I dan <i>spermatosit</i> primer.
III. Sedang berkembang	Oosit berukuran 550-1.090 μm . Oosit stadia III (ootid) bergranula kuning telur dimulai dari daerah inti kemudian menyebar ke tengah dan terdesak ke tepi. Sitoplasma didominasi globula lipoprotein.	<i>Spermatosit</i> primer berkembang menjadi <i>spermatosit</i> sekunder. Lobus berisi sel-sel <i>spermatosit</i> primer dan sekunder. Sebagian <i>spermatosit</i> sekunder berkembang menjadi <i>spermatid</i> .
IV. Matang	Oosit berukuran 800-1.790 μm . Oosit stadia IV (ovum) adalah oosit tertua yang ditandai dengan berakhirnya pembentukan kuning telur. Oosit dengan sitoplasma yang berisi vakuola-vakuola lipoprotein berukuran besar. Oosit ini siap diovulasikan. Di samping oosit stadia IV terdapat pula oosit stadia I, II, dan III.	<i>Spermatid</i> berkembang menjadi <i>spermatozoa</i> . Lobus penuh dengan <i>spermatid</i> dan <i>spermatozoa</i> .
V. Pasca pemijahan	Bentuk oosit berbeda dengan oosit stadia IV. Dinding folikel berkerut-kerut. Jumlah oosit stadia IV sedikit, didominasi oleh oosit stadia I, II, dan III. Sebagian daerah ovary kosong	Secara umum TKG V ini hampir sama dengan TKG IV, <i>spermatogonium</i> sudah terlihat lagi, lobus mengkerut.

Sumber: Nasution (2005)

Tingkat kematangan gonad ikan bentulu (*Barbichtys laevis*) jantan dan betina dikemukakan oleh Yani (1994) yang disajikan pada Tabel 17 dan Tabel 18.

Tabel 17. Gambaran gonad ikan bentulu (*Barbichtys laevis*) jantan dari masing-masing tingkat kematangan gonad (Yani, 1994)

Gambaran Gonad	
Morfologi	Histologi
TKG I. Ikan Muda Gonad seperti sepasang benang, tetapi lebih pendek dari gonad ikan betina pada tingkat dan ukuran yang relatif sama, warna kemerahan	Sel <i>spermatogonium</i> telah terlihat dengan jelas pada pembesaran 200 x. Tubulus seminiferi jelas terlihat yang merupakan tempat <i>spermatozoa</i> dihasilkan. Banyak dijumpai jaringan ikat

TKG II. Tahap Perkembangan Ukuran gonad relatif lebih besar dari TKG I, berwarna putih santan	Gonad lebih berkembang, jaringan ikat semakin sedikit. Kantung tubulus seminiferi sudah mulai diisi spermatosit primer
TKG III. Dewasa Ukuran gonad relatif lebih besar sehingga dapat mengisi hampir separuh rongga perut, berwarna putih santan dan permukaan gonad tidak rata (berlekuk-lekuk)	Spermatosit primer berkembang menjadi spermatosit sekunder. Spermatosit sudah menyebar, namun masih terbungkus oleh sista.
TKG IV. Matang Gonad semakin besar ukurannya, semakin pejal dan mengisi sebagian besar rongga perut, berwarna putih	Spermatosit sudah berkembang menjadi spermatid dan spermatozoa. Kantung tubulus seminiferi sudah diisi oleh spermatozoa
TKG V. Mijah Salin Gonad sudah terlihat lebih kecil dan lembek, warnanya hampir sama dengan TKG IV	Hampir sama dengan TKG IV, disebut dengan mijah salin. Gonad didominasi oleh spermatosit, tetapi sudah muncul lagi spermatogonium. Sebagian ruangan gonad terlihat banyak yang kosong

Sumber: Tang & Affandi (2017)

Tabel 18. Gambaran gonad ikan bentulu (*Barbichthys laevis*) betina dari masing-masing tingkat kematangan gonad (Yani, 1994).

Gambaran Gonad	
Morfologi	Histologi
TKG I. Ikan Muda Gonad seperti sepasang benang kasar yang memanjang pada sisi lateral dalam rongga perut, berwarna bening kecoklatan dengan permukaan licin	Gonad belum matang. Diameter sel telur 7,7-30 μm , didominasi oogonium dan sedikit oosit. Inti sel lebih besar, sitoplasma lebih banyak dan berwarna ungu
TKG II. Masa Perkembangan Gonad berukuran lebih besar dan berwarna keabu-abuan, butiran telur belum dapat dilihat dengan mata telanjang	Ukuran sel telur bertambah besar, berdiameter 8,7-10,5 μm , didominasi oleh oosit. Sebagian kecil sel telur telah membentuk vesikel kuning telur. Mempunyai nukleus yang banyak
TKG III. Dewasa Gonad dapat mengisi hampir separuh rongga perut. Butiran telur sudah dapat dilihat dengan mata satu persatu, namun masih terlalu kecil. Warna gonad kuning keabu-abuan	Sel telur terus berkembang membentuk ootid. Diameter telur berkisar 10,0-785,0 μm . Sitoplasma lebih sedikit dari tingkat II dan warnanya sudah lebih terang. Globul kuning telur dan butiran minyak sudah terbentuk. Inti sel dikelilingi oleh banyak nukleolus.
TKG IV. Matang Gonad mengisi sebagian besar rongga perut, berwarna kuning keabu-abuan. Butiran telur sudah dapat dilihat secara jelas dengan mata telanjang. Ukuran relatif lebih besar dari TKG III	Ootid berkembang menjadi ovum. Diameter telur berkisar 10,0-1174,0 μm . Sel telur berwarna merah jambu, yang menandakan telur matang. Jumlah kuning telur dan butiran minyak semakin besar.
TKG V. Mijah Salin Warna gonad hampir sama dengan TKG IV, gonad lebih pendek dan kecil dari TKG sebelumnya	Jumlah ovum sudah sedikit, didominasi oleh oosit dan ootid. Diameter telur berkisar 10,0-1174,0 μm .

Sumber: Tang & Affandi (2017)

Dalam mempelajari tingkat kematangan gonad, komposisi telur yang dikandung tidak homogen melainkan terdiri dari beberapa macam telur. Komposisi telur ini ada hubungannya dengan frekuensi dan lamanya musim pemijahan, serta pengaruh lingkungan. Takata & Tester (1953) dalam Effendie (1978) yang meneliti ikan *Kuhlia sandvicensis*, selain membuat tahapan tingkat kematangan gonad, juga melakukan pembagian telur menjadi empat macam sebagai berikut:

Tipe A. Telur primitif belum berkembang, tertanam di dalam jaringan ovarium, garis tengahnya berkisar dari 0,01 – 0,10 mm dengan garis tengah yang terbanyak ialah 0,05 mm sebagai puncak distribusinya.

Telur Tipe A ini umumnya transparan kecuali telur yang intinya relatif tidak jernih. Telur macam ini ada di setiap tingkat kematangan ovarium dan merupakan telur cadangan untuk tingkat berikutnya.

Tipe B. Telur yang berkembang, sebagian atau seluruhnya tertanam di dalam jaringan ovarium. Ukurannya berkisar antara 0,1 – 0,5 mm dengan puncak distribusi yang mungkin lebih dari satu dan berlainan untuk tiap-tiap spesies ikan. Telur-telur ini seluruhnya berisi kuning telur yang belum jelas.

Tipe C. Telur masak atau hampir masak, terletak bebas di dalam lumen ovarium. Garis tengahnya di antara 0,5-0,9 mm dan telur yang terbanyak bergaris tengah 0,7 mm dan 0,8 mm. Dalam telur ini terdapat ruang di antara masa kuning telur dengan dinding telur. Kuning telurnya semi transparan dengan satu butir minyak yang bergaris tengah rata-rata 0,1 mm.

Tipe D. Telur sisa dalam berbagai tingkat kemunduran, terdapat bebas di dalam lumen. Ukuran dan bentuknya hampir sama dengan telur masak kecuali isinya hampir seperti susu warnanya dan tidak ada ruang di antara masa kuning telur dengan dinding telur. Dinding telur mengkerut kemudian pecah dalam tingkat berikutnya. Telur macam ini adalah telur matang yang tidak dikeluarkan pada waktu pemijahan dan akhirnya dihisap kembali oleh dinding ovarium.

Sementara itu Chinabut *et al.* (1991) dalam Tang & Affandi (2017) mengemukakan lima tingkatan perkembangan testis ikan lele (*Clarias batrachus*) secara anatomi, sebagai berikut:

Tingkat I: Spermatogonia. Sel-sel germinal aktif membentuk spermatogonia hampir di seluruh tubulus. Kebanyakan sel spermatogonia mempunyai sebuah nukleus yang bentuknya tidak beraturan dengan membran kista yang tidak jelas kelihatan. Nukleus mengandung granula-granula berwarna terang dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi, serta mempunyai sebuah nukleolus.

Tingkat II: Spermatosit Primer. Proses akhir spermatogonia akan tumbuh dan membelah menjadi spermatosit primer. Membran kista spermatosit primer terlihat dengan jelas dan setiap kista mengandung banyak sel spermatosit primer. Spermatosit primer mempunyai nukleus berbentuk bola dan mengandung granula-granula berwarna gelap.

Tingkat III: Spermatosit Sekunder. Spermatosit primer akan membelah secara mitosis dan membentuk spermatosit sekunder (James dalam Chinabut *et al.* 1991). Ukuran spermatosit sekunder lebih kecil daripada spermatosit primer dan nukleusnya mengandung kromatin yang tebal.

Tingkat IV: Spermatid. Kista-kista yang berisi spermatosit sekunder akhirnya berkembang dan melepaskan sel-selnya ke dalam lumen tubulus, kemudian matang sempurna menjadi spermatid (Cooper dalam Chinabut *et al.*, 1991).

Tingkat V: Spermatozoa. Spermatid mengalami perubahan bentuk menjadi spermatozoa yang dilengkapi dengan kepala dan ekor sehingga bisa bergerak aktif di dalam lumen tubulus.

A. UKURAN IKAN PERTAMA KALI MATANG GONAD

Ukuran ikan pertama kali matang gonad atau mencapai kematangan seksual (mampu bereproduksi) berhubungan dengan pertumbuhan ikan dan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan serta strategi reproduksinya. Tiap spesies ikan tidak sama ukuran dan umur pertama kali matang gonad, bahkan ikan-ikan pada spesies yang sama juga akan berbeda bila berada pada kondisi dan letak geografis yang berbeda. Umur pada awal reproduksi bervariasi terhadap jenis kelamin. Bagi ikan jantan maupun betina, umur pertama kali mijah bergantung pada kondisi lingkungan yang sesuai. Pada lingkungan yang tidak sesuai untuk tumbuh dan mempertahankan sintasan, ikan-ikan cenderung akan menangguk

pemijahan, karena akan menurunkan tingkat pertumbuhan dan sintasan sehingga reproduksi cenderung akan berlangsung pada umur lebih muda (Nasution, 2005).

Tiap-tiap spesies ikan waktu pertama kali matang gonad tidak sama ukurannya. Demikian pula ikan yang sama spesiesnya. Lebih-lebih ikan yang sama spesiesnya itu tersebar pada lintang yang perbedaannya lebih dari lima derajat, maka akan terdapat perbedaan ukuran dan umur ketika mencapai kematangan gonad untuk pertama kalinya. Sebagai contoh ikan *large mouth* yang terdapat di Amerika Serikat. Ikan tersebut yang terdapat di bagian selatan pada waktu berumur satu tahun dengan berat 180 gram, gonadnya sudah masak dan dapat bereproduksi. Ikan yang sama spesiesnya yang terdapat di bagian utara pada saat berumur satu tahun, ukurannya lebih besar yaitu panjangnya 25 cm dan beratnya 230 gram tetapi dalam gonadnya tidak didapatkan telur yang masak, demikian juga spermanya. Oleh karena itu faktor utama yang memengaruhi kematangan gonad ikan di daerah bermusim empat antara lain suhu dan makanan. Tetapi untuk ikan di daerah tropis faktor suhu secara relatif perubahannya tidak besar dan umumnya gonad dapat masak lebih cepat (Effendie, 1978 & 1997; Yudasmara, 2014).

Secara umum dapat dikatakan bahwa ikan yang mempunyai ukuran maksimum kecil dan jangka waktu hidup pendek akan mencapai kedewasaan pada umur yang lebih muda dari pada ikan yang mempunyai ukuran maksimum lebih besar. Ikan seribu (*Poecilia reticulata*) mencapai kematangan seksual pada umur kurang dari satu tahun pada panjang kurang dari 3 cm. Banyak ikan yang mencapai kedewasaan pada umur satu tahun. Tetapi banyak pula spesies ikan yang mencapai kematangan seksual pertama kali pada umur 2 sampai 5 tahun, dengan panjang 8-30 cm bahkan lebih. Ikan sidat (*Anguilla* sp) mencapai kematangan seksual pada umur 10-13 tahun dengan panjang lebih dari 60 cm. Sturgeon (*Acipenser*) baru mencapai kematangan seksual pada umur 15 tahun atau lebih dengan panjang lebih dari 1 meter (Lagler *et al.*, 1977 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Ikan *spiny dogfish* (*Squalus acanthias*) yang panjang tubuhnya jarang melebihi 1,2 m dapat mencapai umur 70 sampai 80 tahun. Ikan betina menjadi dewasa pada umur sekitar 35 tahun dan selama hidupnya diperkirakan melahirkan anak 70-80 ekor (Moyle & Cech, 2004 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan *leopard shark* (*Triakis semifasciatus*) hidup selama 25-30 tahun, dan betina baru mencapai kedewasaan pada umur 17 tahun (Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan cucut atau hiu jenis *Carcharhinus falciformis* yang hidup lebih dari 20 tahun untuk jantan dan 22 tahun untuk betina matang kelamin pada ukuran 225 cm untuk jantan dan berumur sekitar 10 tahun, sedangkan betina antara 232-245 cm dan berumur lebih dari 12 tahun (Hanan *et al.*, 1993). Cucut jenis *C. brevipinna* jantan matang kelamin pada ukuran panjang 130 cm atau berumur 4-5 tahun, dan betina matang kelamin pada 150-155 cm panjang total atau berumur 7-8 tahun (Branstetter, 1987).

Cucut spesies *Alopias pelagicus* merupakan salah satu cucut berukuran besar, yang menurut Nakamura (1935) dalam Castro *et al.* (1999) mencapai panjang total 460 cm. Namun menurut Cailiet & Bedford (1983) di perairan California mencapai 636 cm untuk betina dan 493 cm untuk jantan dan diduga umur maksimumnya mencapai 45-50 tahun. Di perairan Atlantik Timur *A. pelagicus* jantan matang kelamin pada ukuran panjang sekitar 270 cm dan betina sekitar 340 cm (Moreno & Moron, 1992), sedangkan di Pasifik Tenggara cucut jantan matang kelamin pada ukuran 270-288 cm, sedangkan betina pada ukuran 332-341 cm (Chen *et al.*, 1997).

Cucut lain yang berukuran besar adalah spesies *A. superciliosus* yang dapat mencapai ukuran panjang 460 cm (Nakamura, 1935 dalam Castro *et al.*, 1999). Di perairan Atlantik bagian Timur ukuran matang kelamin jantan sekitar 270 cm dan betina pada ukuran 350 cm (Moreno & Moron, 1992), sedangkan di perairan Pasifik bagian Tenggara, cucut *A. superciliosus* jantan matang kelamin pada 270-288 cm panjang total dan betina pada 332-341 cm panjang total (Chen *et al.*, 1997) dengan umur antara 9-10 tahun untuk betina dan 12,3-13,4 tahun untuk jantan (Liu *et al.*, 1998). Spesies *A. vulpinus* betina di perairan Pasifik matang kelamin

pada ukuran panjang 315 cm, sedangkan jantan pada ukuran 333 cm dengan umur berkisar 3-7 tahun (Cailiet & Bedford, 1983).

Ikan cucut termasuk hewan vivipar dan ovovivipar dengan fekunditas yang rendah, pertumbuhan dan kematangan gonadnya lambat, siklus reproduksi dan siklus hidupnya panjang (Last & Stevens, 1994; Castro *et al.*, 1999). Ikan cucut atau hiu dan pari menghasilkan anakan dalam jumlah sedikit sepanjang hidupnya dan masa mengandung yang lama (6-22 bulan). Karena itu pemulihan populasi cucut dan pari berjalan sangat lambat dan lama (Rahardjo *et al.*, 2011).

Kantun & Mallawa (2016) menyajikan data mengenai perbedaan ukuran pertama matang gonad pada ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*). Tuna madidihang matang gonad untuk pertama kali pada panjang 107,9 cm untuk ikan yang tertangkap dengan pancing tangan (*handline*) dan pada panjang 120 cm untuk ikan yang tertangkap dengan rawai (*longline*) diperoleh di Australia. Pada perairan yang sama di daerah lepas pantai dengan menggunakan alat tangkap rawai (*longline*) diperoleh ukuran matang gonad untuk pertama kali sebesar 120 cm (Itano, 2001). Pada perairan Samudera Pasifik bagian barat dan tengah, Sun *et al.* (2005) memperoleh ukuran pertama kali matang gonad pada panjang 107,77 cm.

Data lain menyebutkan bahwa, ukuran pertama kali matang gonad tuna madidihang diperoleh pada panjang 98,2 cm untuk ikan yang tertangkap dengan pancing tangan (*handline*) dan panjang 104,6 cm dengan alat tangkap rawai (*longline*) di perairan Filipina dan Indonesia. Sedangkan ukuran pertama kali matang gonad tuna madidihang di Hawaii diperoleh pada panjang 112,3 cm (Itano, 2001), dan di Pasifik bagian barat diperoleh panjang 92,1 cm yang tertangkap dengan alat tangkap rawai (*longline*) (Schaefer, 1998).

Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPPRI) 713 (Selat Makassar, Laut Flores, dan Teluk Bone), ukuran pertama kali matang gonad tuna madidihang ikan betina dan jantan sebagai berikut: (a) di Selat Makassar, ukuran pertama matang gonad ikan betina 118,61 cm dan jantan 119,27; (b) di Laut Flores, ukuran pertama matang gonad ikan betina 118,53 cm dan jantan 119,13 cm; dan (c) di Teluk Bone, ukuran pertama matang gonad betina 107,98 cm dan jantan 109,75 cm (Kantun & Mallawa, 2016).

Menurut Kantun & Mallawa (2016) bahwa, ukuran pertama kali matang gonad tuna mengalami fluktuasi mulai tahun 1981-2012. Dari tahun 1981 sampai 2012, ada penurunan ukuran 78,12 % dalam 29 tahun atau rata-rata 2,69 % per tahun dari 112 cm tahun 1981 menjadi 87,5 cm tahun 2012. Penurunan ini diduga disebabkan oleh tekanan eksploitasi sehingga ikan akan melakukan strategi reproduksi dengan matang lebih awal untuk tetap bisa menjaga keberlangsungan hidupnya. Semakin tinggi dan intensif eksploitasi terhadap sumber daya ikan tertentu, secara tidak langsung akan memberikan tekanan secara biologi sehingga menyebabkan ikan melakukan strategi reproduksi dengan matang lebih awal dari biasanya untuk meneruskan regenerasinya. Selain matang lebih awal, fekunditas tinggi, tetapi dengan diameter semakin kecil dibandingkan sebelumnya.

Ikan *Telmatherina ladiges* yang terdapat di Sungai Maros, Sulawesi Selatan (ukuran panjang total jantan dan betina antara 55-60 mm) pertama kali berkembang gonadnya pada ukuran 15 mm (Andriani, 2000). Ikan jantan mencapai TKG IV (matang gonad) pertama kali berukuran 45,00 – 50,99 mm dan ikan betina berukuran 33,00 – 44,99 mm panjang baku. Menurut Hoedeman (1975) bahwa *T. ladiges* mencapai kematangan seksual pada ukuran ± 50 mm dalam waktu pemeliharaan intensif selama 6 bulan. Pada spesies rainbow irian (*Melanotaenia boesemani*) kematangan gonad dicapai pada ukuran panjang baku 63,40 mm (Allen & Cross, 1980). Penelitian Nasution (2005) terhadap rainbow selebensis (*Telmatherina celebensis*) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan, menemukan ikan pertama kali berkembang gonadnya dijumpai pada panjang total 37,3 mm untuk ikan jantan dan 36,4 mm untuk ikan betina. Sedangkan ukuran ikan mulai mencapai matang gonad (pertama kali matang gonad) dicapai pada ukuran panjang total ikan jantan dan

ikan betina masing-masing sebesar 74,3 mm dan 77,3 mm. Apabila diasumsikan kecepatan pertumbuhan ikan jantan dan ikan betina sama, maka dapat dikatakan ikan jantan lebih cepat mencapai ukuran matang gonad dibandingkan ikan betina.

Menurut Tamsil (2000 & 2009) bahwa, ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) betina ditemukan matang gonad pada ukuran 80-89 mm. Pada ukuran tersebut jumlah yang matang gonad sudah mencapai 80 %. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa ikan bunto betina sudah matang secara umum pada ukuran tersebut, karena sudah lebih dari 50 %. Sedangkan ikan bunto jantan mulai matang gonad pada ukuran 160 mm. Walaupun pada ukuran tersebut sudah ada yang matang, akan tetapi tidak berarti secara umum (populasi) menjadi ukuran ikan pertama kali matang gonad, karena dapat saja hanya bersifat insidental individu akibat adanya faktor lain yang berpengaruh. Pada ukuran 160 mm, jumlah ikan jantan yang matang gonad sudah mencapai 50 %. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa ukuran ikan jantan pertama kali matang gonad secara umum pada ukuran 160 mm. Selanjutnya dikemukakan bahwa hasil analisis kisaran ukuran pertama kali matang gonad tersebut, menunjukkan bahwa ada perbedaan yang mencolok antara ikan bunto betina dan ikan bunto jantan, dimana ikan bunto betina lebih cepat dibanding dengan ikan bunto jantan. Hasil analisis ini memperkuat analisis histologis yang menunjukkan bahwa pada beberapa sampel ovarium ditemukan adanya *spermatocyte crypts* yang mulai berkembang, yang berarti bahwa seksualitas ikan bunto adalah hermaphrodit protogini.



Gambar 23. Bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) lebih cepat matang gonad di perairan tropis

Ikan belida (*Chitala lopis*/*Notopterus chitala*) mulai memijah pada ukuran sekitar 2 kg untuk ikan betina dan 1,5 kg untuk ikan jantan. Ukuran tersebut mencapai umur sekitar 1,5 – 2 tahun. Sementara di habitat aslinya, Sungai Amazon (Brazil) dan sungai Orinoco (Venezuela) di Amerika Selatan, ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) mencapai matang gonad pada umur 4 tahun atau apabila pertumbuhannya normal, ikan telah mencapai berat 4 kg. Akan tetapi, bawal air tawar yang telah beradaptasi dengan lingkungan perairan tropis, ternyata mengalami kematangan gonad lebih cepat. Di Indonesia, bawal air tawar jantan berumur 2,5 tahun dengan berat 2,5 kg sudah matang gonad, sedangkan ikan betina mencapai matang gonad pada umur 3 tahun dengan berat 3 kg.

Di Tiongkok (China) yang beriklim dingin, karper rumput atau kowan (*Ctenopharyngodon idellus*) betina baru mencapai kematangan gonad pada umur 4-7 tahun dan ikan jantan pada umur 3-6 tahun. Sementara di Indonesia (Bogor), karper rumput betina telah mencapai matang gonad pada umur 3 tahun dengan berat 3,6-7,6 kg, dan ikan jantan pada umur 2,5 tahun dengan berat 2,3-3,5 kg. Usia matang gonad karper rumput yang tidak sama antara satu wilayah dengan wilayah yang lain berkaitan dengan iklim atau musim dan faktor lingkungan perairan. Di wilayah yang dingin, karper rumput mulai matang gonad sekitar 4-10 tahun. Sedangkan di wilayah yang lebih hangat sampai dengan wilayah yang panas, karper rumput lebih cepat mencapai matang gonad.

Ukuran ikan pertama kali matang gonad berhubungan erat dengan pertumbuhan ikan dan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhannya. Pada kondisi lingkungan yang baik dan cocok untuk tumbuh dan mempertahankan kelangsungan hidup, ikan-ikan cenderung akan menanggukkan pemijahan, sedangkan

apabila kondisi tidak menguntungkan sehingga menurunkan tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup, maka reproduksi cenderung akan berlangsung pada umur lebih muda, karena ikan mempercepat kematangan gonadnya untuk menjamin kelangsungan populasi (Tamsil, 2000; Tamsil, 2009).

B. MUSIM DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Selama proses reproduksi, sebelum terjadi pemijahan sebagian besar hasil metabolisme digunakan untuk perkembangan gonad. Bobot gonad bertambah sejalan dengan meningkatnya diameter telur, dimana bobot maksimum dicapai pada saat ikan memijah, kemudian bobot gonad akan menurun dengan cepat selama pemijahan berlangsung sampai selesai (Effendie, 1979; Mayunar, 1992). Secara alami perkembangbiakan ikan banyak tergantung dari kesiapan induk yang matang telur dan hal ini biasanya hanya terjadi pada musim-musim tertentu (Tridjoko *et al.*, 1998). Menurut Scot (1979) dalam Tang & Affandi (2017) bahwa faktor lingkungan yang dominan memengaruhi perkembangan gonad adalah suhu dan makanan, selain itu periode cahaya dan musim.

Penelitian Kristanto *et al.* (2008) pada ikan belida (*Chitala lopis/Notopterus chitala*) dapat mengonfirmasi informasi tersebut. Ujicoba yang dilakukan dengan melakukan pemeliharaan induk campuran (jantan dan betina), pada musim kemarau seluruh induk (100 %) mengalami matang gonad, sedangkan pemeliharaan jantan saja mencapai 80 %. Di musim hujan (November-Februari) persentase induk belida matang gonad menurun, pada pemeliharaan campuran hanya 60 %, sedangkan pemeliharaan jantan saja persentasenya tetap yaitu 80 %. Terjadinya penurunan induk matang gonad diduga terkait perubahan suhu air.

Penelitian yang dilakukan Harianti *et al.* (2005) terhadap ikan layang (*Decapterus russelli*) dan ikan banyar atau kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*) di perairan Selat Malaka menyatakan bahwa, musim pemijahan ikan layang berlangsung bulan April sampai Oktober dengan puncak pada bulan Oktober, sedangkan untuk ikan banyar dari bulan Mei sampai Oktober dan dari bulan Desember sampai dengan Februari, dengan puncak pada bulan Juli dan Oktober.

Sebagaimana disajikan pada Tabel 19, ikan layang (*Decapterus russelli*) TKG III ditemukan setiap bulan dengan persentase yang tinggi pada bulan Juli sampai dengan November, bulan Mei sampai dengan Juli dan September, yang akan berkembang menjadi lebih matang (TKG IV). Ikan layang betina TKG IV ditemukan tiap bulan, kecuali pada Oktober dan Agustus, dan Oktober sampai Desember. TKG V tidak ditemukan setiap bulan kecuali pada bulan Juni, Agustus, Oktober, November, dan April. Keberadaan ikan betina TKG V pada bulan Juni merupakan indikasi pada bulan April-Mei terjadi pemijahan.



Gambar 24. Puncak musim pemijahan ikan layang (*Decapterus russelli*) di perairan Selat Malaka pada April dan Oktober.

Pada bulan Juni persentase TKG IV (matang) meningkat, lalu pada bulan Juli sampai Agustus turun, disusul dengan terdapatnya ikan betina TKG V (memijah dan selesai memijah atau *spent*) pada bulan Agustus dan Oktober. Dari bulan November sampai dengan bulan Maret persentase TKG IV cenderung naik kemudian pada bulan April turun disertai munculnya ikan betina TKG V. Persentase ikan layang betina TKG IV pada bulan Mei turun, terus pada bulan Juni sampai Agustus. Diduga pada periode bulan Juni sampai Agustus terjadi pemijahan. Pada bulan September TKG IV naik, kemudian turun pada bulan Oktober sampai dengan bulan Desember. Turunnya persentase TKG IV pada bulan Oktober diduga

karena betina yang telah matang bermigrasi untuk melangsungkan pemijahan. Maka diduga bahwa pemijahan ikan layang terjadi pada bulan April sampai Oktober dengan puncak musim pada bulan April dan Oktober (Hariati *et al.*, 2005).

Tabel 19. Komposisi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan layang (*Decapterus russelli*) setiap bulan di perairan Selat Malaka.

Bulan	Komposisi tingkat kematangan gonad ikan layang (%)				
	I	II	III	IV	V
2003					
Mei	8,3	66,7	11,1	13,9	0,0
Juni	0,0	8,7	30,4	47,8	13,0
Juli	0,0	19,4	61,3	25,8	0,0
Agustus	0,0	25,8	48,4	19,4	6,5
September	0,0	8,0	60,0	32,0	0,0
Oktober	12,0	24,0	76,0	0,0	12,0
November	3,7	29,6	44,4	18,5	3,7
Desember	0,0	16,7	63,3	20,0	0,0
2004					
Januari	3,2	48,4	35,5	12,9	0,0
Februari	7,1	28,6	25,0	39,3	0,0
Maret	8,0	32,0	28,0	32,0	0,0
April	10,0	55,0	20,0	5,0	10,0
Mei	0,0	23,5	41,2	35,3	0,0
Juni	3,6	32,1	50,0	14,3	0,0
Juli	9,5	9,5	71,4	9,5	0,0
Agustus	84,2	10,5	5,3	0,0	0,0
September	0,0	18,8	37,5	43,8	0,0
Oktober	60,0	36,0	4,0	0,0	0,0
November	4,5	68,2	27,3	0,0	0,0
Desember	26,1	52,2	21,7	0,0	0,0

Sumber: Hariati *et al.* (2005)

Sementara pada Tabel 20, terlihat bahwa ikan banyar (*Rastrelliger kanagurta*) betina TKG I tiap bulannya sangat jarang tertangkap, kalau pun ada dalam jumlah yang kecil kecuali pada bulan Oktober dan Desember masing-masing 40 % dan 50 %. TKG II terdapat hampir pada tiap bulan dengan persentase tinggi pada bulan Oktober, Januari, Oktober sampai Desember. TKG III (gonad mulai matang) dan TKG IV (gonad matang) terdapat tiap bulan, sedangkan TKG V ditemukan pada bulan November, Maret, dan Juni, juga pada bulan Juli dan Agustus dalam persentase yang sangat tinggi.

Persentase yang tinggi ikan banyar betina TKG III terjadi terutama pada bulan Mei, September, dan Desember, serta bulan Januari, Maret, Mei, Juni dan Oktober. TKG IV mencapai puncak pada bulan Agustus sampai September dan November sampai Desember, kemudian pada bulan-bulan Februari, April, Juni, dan September. Persentase ikan banyar betina TKG IV turun dari bulan-bulan sebelumnya pada bulan Juni dan Oktober, serta pada bulan-bulan Januari, Maret, Juli sampai Agustus, Oktober sampai Desember. Turunnya persentase TKG IV diduga merupakan indikasi terjadi pemijahan.

Ikan banyar TKG V yang tertangkap pada bulan November dan Maret diduga adalah yang telah melakukan pemijahan pada bulan Oktober, Januari, dan Maret. Ikan betina TKG V yang tertangkap pada bulan Juni dan Juli sampai Agustus diduga melakukan pemijahan pada bulan Mei, Juli sampai Agustus, sedangkan yang tertangkap pada bulan November diduga melakukan pemijahan pada bulan Oktober dan November.

Berdasarkan pada fluktuasi persentase ikan banyar betina TKG III sampai TKG V dari bulan Mei sampai Desember diduga bahwa pemijahan ikan banyar di perairan Selat Malaka terjadi bulan Mei sampai

Oktober (musim timur sampa musim peralihan II) dengan puncak pada bulan Juli sampai Agustus dan Oktober, serta pada bulan Desember sampai dengan Maret (musim barat), dengan puncak pada bulan Januari sampai Maret (Hariati *et al.*, 2005). Menurut Atmadja *et al.* (1995) bahwa pemijahan ikan banyar di Laut Jawa terjadi pada bulan Maret, Mei, dan Oktober sampai November, sedangkan di perairan Selat Malaka pantai Barat Thailand berlangsung pada bulan September, Desember, Januari, dan Maret (Shuttakorn & Saranakomkul, 1987).

Tabel 20. Komposisi tingkat kematangan gonad (TKG) ikan banyar (*Rastrelliger kanagurta*) setiap bulan di perairan Selat Malaka.

Bulan	Komposisi tingkat kematangan gonad ikan banyar (%)				
	I	II	III	IV	V
2003					
Mei	0,0	7,7	69,2	23,1	0,0
Juni	0,0	18,2	77,3	4,5	0,0
Juli	3,4	27,6	48,3	20,7	0,0
Agustus	0,0	3,4	48,3	48,3	0,0
September	0,0	16,0	52,0	32,0	0,0
Oktober	40,9	45,5	13,6	0,0	0,0
November	4,2	12,5	33,3	45,8	4,2
Desember	0,0	6,9	58,6	34,5	0,0
2004					
Januari	12,0	40,0	48,0	0,0	0,0
Februari	0,0	0,0	23,1	76,9	0,0
Maret	0,0	19,2	50,0	23,1	7,7
April	0,0	0,0	7,7	92,3	0,0
Mei	0,0	9,5	23,8	66,7	0,0
Juni	0,0	0,0	20,0	75,0	5,0
Juli	0,0	0,0	10,5	5,3	84,2
Agustus	0,0	5,0	0,0	5,0	90,0
September	0,0	0,0	9,1	90,0	0,0
Oktober	8,0	56,0	36,0	0,0	0,0
November	8,7	69,6	13,0	0,0	8,7
Desember	50,0	42,3	3,8	0,0	3,8

Sumber: Hariati *et al.* (2005)

Ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) dapat dipijahkan secara alami maupun buatan. Namun, ikan jelawat memijah secara alami di bak pemijahan terkontrol pada awal musim hujan dan tidak memijah di luar musim hujan. Di alam, ikan jelawat mulai memijah di awal musim hujan yaitu pada bulan Oktober-November. Selama musim hujan, jelawat mampu memijah 2-3 kali pemijahan. Ketika hujan dan air hujan menggenangi daerah sekitarnya, maka jelawat mulai melakukan pemijahan. Ikan-ikan yang matang gonad beruaya ke muara sungai dan melakukan pemijahan pagi hari diiringi rintikan air hujan.

Sementara ikan kakap putih (*Lates calcalifer*) dapat dipijahkan secara alami di bak terkontrol dengan cara memanipulasi lingkungan. Sistem ini benar-benar meniru kebiasaan pemijahan kakap putih di alam. Ikan ikan hanya dapat bertelur di saat terang, ketika bulan purnama, yang biasanya berlangsung antara tanggal 15 hingga 6 hari berikutnya (bulan Arab). Di luar musim, ikan sulit dipijahkan secara alami. Ini diduga selain ikan mencapai matang gonad menjelang musim pemijahan di alam, serta kondisi lingkungan alam yang merangsang ikan melakukan pemijahan.

Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), lampan (*Barbonymus schwanenfeldii*), dan lalawak (*Barbonymus balleroides*) juga memijah pada awal musim penghujan. Ikan-ikan tersebut bertelur di anak-anak sungai atau bagian-bagian sungai kecil yang pada musim kemarau mengalami kekeringan. Di danau-danau, ikan-ikan tersebut berpijah di tepian yang biasanya menjadi kering pada musim kemarau tetapi kemudian terendam lagi pada musim hujan. Kebiasaan ikan tawes, lampan, dan lalawak memijah di awal musim

penghujan ini ditiru petani ikan dengan melakukan penjemuran kolam hingga tercium bau tanah agar merangsang ikan untuk memijah. Ada pula cara untuk menimbulkan bau tanah perangsang dengan membakar daun kelapa dan bata.

Pada akuakultur, penggunaan hormon untuk proses pematangan gonad akan lebih efektif apabila digunakan pada saat musim pemijahan di alam (Tamaru *et al.*, 1987 dalam Tridjoko *et al.*, 1998). Menurut Tamaru *et al.* (1988) dalam Tridjoko *et al.* (1998) bahwa organ yang berperan untuk proses pematangan gonad pada ikan dipengaruhi oleh adanya perubahan musim dan hormonal.

C. MAKANAN DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Faktor lingkungan yang dominan memengaruhi perkembangan gonad adalah suhu dan makanan, selain itu periode cahaya dan musim (Scot, 1979 dalam Tang & Affandi, 2017). Pengaruh pakan terhadap perkembangan gonad dilaporkan oleh Lovel (1988) bahwa ikan *channel catfish* sangat berhubungan dengan keseimbangan komposisi nutrisi pakan. Komposisi protein merupakan komposisi esensial yang dibutuhkan untuk pematangan gonad. Menurut Briomage & Robert (1995) dalam Satyani (2003) bahwa, kandungan protein, lemak, maupun vitamin, selain memengaruhi pertumbuhan juga akan berpengaruh besar terhadap kapasitas reproduksi ikan antara lain jumlah dan kualitas telur serta produksi larva.

Arifin & Asyari (1994) menganjurkan kadar protein untuk induk-induk patin adalah sekitar 40-47 % agar telur yang dihasilkan baik jumlah maupun kualitasnya dapat optimal. Penelitian Djajasewaka *et al.* (1998) pada ikan betutu dengan menggunakan pakan yang mengandung protein 50 % menghasilkan jumlah telur yang paling tinggi dibandingkan dengan pakan yang mengandung protein lebih rendah.

Menurut Watanabe *et al.* (1984) kadar protein 45 % baik bagi reproduksi *red sea bream* 36 % untuk *rainbow trout*. Lipida adalah komponen kedua setelah protein. Pakan induk yang kekurangan asam lemak esensial menghasilkan laju pematangan gonad yang rendah. Menurut Watanabe *et al.* (1984) proporsi lipida yang relatif rendah dengan ω -3 HUFA tinggi dapat meningkatkan kematangan gonad. Dari analisis organ dan jaringan ikan diketahui bahwa asam lemak esensial dari pakan kebanyakan disimpan di hati, *ovary*, saluran pencernaan dan jaringan *adipose* ikan (Tandler *et al.*, 1995). Lebih lanjut dilaporkan bahwa asam lemak esensial ω -3 HUFA dalam pakan ikan berpengaruh nyata terhadap jumlah produksi telur yang baik. Penggantian komponen lipid netral dari minyak cumi dengan minyak kedele pada pakan *gilthead sea bream* (*Sparus aurata*) menurunkan jumlah telur yang baik dari 70 % menjadi 9 %. Lebih jauh dilaporkan adanya korelasi langsung antara kandungan ω -3 HUFA dalam pakan induk dengan pertumbuhan larva. Larva dari induk yang diberi pakan tanpa ω -3 HUFA pertumbuhannya terhambat 34 % dibandingkan dengan yang ditambahkan ω -3 HUFA (15 mg/kg pakan). Juga keberhasilan pembentukan gelembung renangnya menurun dari 85 % pada ikan yang diberi asam lemak tersebut menjadi kurang dari 55 %. Berdasarkan data ini disimpulkan bahwa kualitas telur dan larva *gilthead sea bream* sangat dipengaruhi oleh nilai nutrisi dari lemak pakannya. Untuk mendapatkan kualitas dan sintasan larva yang baik serta terbentuknya gelembung renang dengan sempurna diperlukan 15 mg ω -3 HUFA per gram pakan, dengan 50-60 % DHA.

Watanabe *et al.* (1984) mengatakan bahwa penambahan β -carotin dan canthaxanthin atau ekstra minyak krill dapat meningkatkan jumlah telur yang mengapung dari 49,1 % menjadi 56,4 % dan 69,6 %. Meningkatnya jumlah telur yang mengapung juga dapat diperoleh dengan penambahan krill beku pada pakan induk ikan. Sebaliknya penambahan 10 % minyak jagung dalam pakan mengakibatkan menurunnya jumlah telur yang mengapung. Pengaruh yang tidak baik ini diduga karena terjadinya akumulasi asam lemak lenoleat (18:2 ω -6) dalam telur. Ini menunjukkan diperlukan adanya keseimbangan asam lemak esensial dalam pakan untuk induk ikan. Abnormalitas dalam jumlah gelembung minyak pada telur dapat dikurangi dengan penambahan pigmen, ekstrak minyak krill, atau krill beku dalam pakan induk. Tetapi peranan pigmen (*carotenoid*) pada proses reproduksi belum jelas.

Dilaporkan juga bahwa, meningkatnya kandungan bahan-bahan larut lemak seperti vitamin E dan astaxanthin atau fosfolipid pada telur ikan efektif meningkatkan pemijahan. Dari hasil analisis diketahui bahwa fraksi lemak dari krill meal dan fraksi bukan lemak dari tepung cumi merupakan komponen yang efektif berperan pada proses reproduksi dari *red sea bream* (*Pagrus major*) (Watanabe *et al.*, 1984). Ikan yang diberi pakan defisien akan asam lemak esensial menghasilkan telur yang 75 % mengendap. Sementara pada ikan yang diberi pakan yang cukup asam lemak esensial hanya 11,5 % telur yang mengendap (Giri, 1998).

Kadar HUFA terbaik bagi ikan lele (*Clarias batrachus*) adalah ω -6 0,26 %; ω -3 1,68 dalam kadar lipida rata-rata 5,87 g/100 g bobot kering pakan (Mokoginta *et al.*, 1995). Komposisi karbohidrat pakan induk ikan lele adalah serat kasar 3,19 – 5,83 % dan kadar abu 5,02 – 6,15 % (Mokoginta *et al.*, 1995). Mineral yang penting bagi pematangan gonad adalah fosfor (P), seng (Zn), dan Mn (NRC, 1993). Vitamin E adalah vitamin yang berperan penting untuk perkembangan gonad. Kandungan vitamin E 24,5 IU/g pakan terbaik bagi pematangan gonad ikan *yellow tail* (Verakunpiya, *et al.*, 1995). Pemanfaatan vitamin E (α -tocopherol) untuk beberapa spesies hewan maupun ikan tampaknya dapat menjamin adanya proses reproduksi yang sempurna. Vitamin E sebagai antioksidan sangat berguna untuk mengawetkan vitamin-vitamin dan asam lemak tak jenuh yang mudah teroksidasi, baik yang terdapat dalam makanan maupun dalam tubuh (Priyono *et al.*, 1997).

Peran pakan dalam perkembangan gonad penting untuk fungsi endokrin yang normal. Tingkatan pakan tampaknya memengaruhi sintesa maupun pelepasan hormon dan kelenjar-kelenjar endokrin. Pertumbuhan dan perkembangan organ reproduksi dihambat oleh kekurangan pakan tanpa membedakan apakah karena tingkatan rendah energi, protein, mineral, atau vitamin. Kelambatan perkembangan gonad karena kekurangan pakan mungkin disebabkan oleh kadar rendah gonadotropin yang dihasilkan oleh kelenjar adenohypofisa, kurang respon ovari atau mungkin karena kegagalan ovaria untuk menghasilkan jumlah estrogen yang cukup. Kurang jelas, apakah salah satu atau semua mekanisme tersebut terlihat (Toelihere, 1985).

Pada masa pemeliharaan induk ikan-ikan laut, misalnya kakap putih (*Lates calcalifer*), kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*), dan kakap tambak (*Lutjanus argentimaculatus*), induk dikondisikan dengan pakan dan vitamin yang cukup. Pakan yang diberikan berupa ikan rucah (*minced fish*) segar yang berkadar lemak rendah dan berprotein tinggi, misalnya ikan layur (*Trichiurus* sp), julung-julung (*Hemiramphus* sp, *Zenarchopterus dispar*), peperek/tatameri (*Leiognathus* sp, *Secutor* sp, *Gazza* sp), tembang/hipan (*Sardinella fimbriata*), lamuru (*Sardinella sirm*), selar (*Selaroides* sp, *Selar* sp, *Alepes* sp), layang (*Decapterus* sp), sotong (*Sepia* sp, *Sepiateuthis* sp), dan cumi cumi (*Loligo* sp). Induk juga diberi vitam E dan vitamin C. Dengan pemberian pakan mengandung protein tinggi dan vitamin, pematangan gonad dapat dipercepat.

D. HABITAT DAN TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Habitat (tempat hidup) juga berpengaruh terhadap reproduksi ikan. Habitat ikan yang rusak dapat mengganggu reproduksi ikan, karena beberapa faktor di antaranya: (1) menurunnya ketersediaan makanan yang dibutuhkan ikan untuk pertumbuhan dan pematangan gonad; (2) kualitas air yang tidak memenuhi syarat untuk pertumbuhan maupun reproduksi ikan; (3) rusak atau hilangnya substrat atau bahan-bahan yang digunakan ikan untuk meletakkan telur atau membangun sarang pemijahan; dan (4) pada kerusakan habitat yang sangat kritis, misalnya pencemaran bahan kimia tertentu, dapat menyebabkan ikan-ikan mengalami kemandulan atau perubahan kelamin.

Beberapa spesies ikan mudah beradaptasi dengan habitat baru, sehingga mudah bereproduksi. Misalnya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), mujair (*O. mossambicus*), dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang merupakan ikan introduksi, namun berkembang biak secara alami di berbagai perairan umum di Indonesia. Nila dan

mujair juga dapat mengalami perkembangan gonad dan memijah dengan baik di tambak-tambak air payau.

Ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) yang merupakan ikan asli Danau Singkarak, yang diintroduksi ke Danau Toba tahun 2003 (Kartamihardja & Sarnita, 2008), saat ini populasinya melimpah di Danau Toba. Lingkungan Danau Toba merupakan habitat yang cocok untuk ikan bilih sehingga bereproduksi secara alami dengan baik di Danau Toba.

Pada pembenihan, baik ikan air tawar maupun ikan laut, terdapat spesies yang dapat memijah secara alami dengan mudah pada bak atau kolam buatan. Namun beberapa ikan tidak dapat memijah dengan baik atau bahkan ikan tidak dapat memijah secara alami. Diduga kondisi bak atau kolam buatan tidak menyerupai habitat asli ikan, sehingga ikan tidak mengalami perkembangan gonad dengan baik, atau tidak ada rangsangan alami sehingga ikan tidak mampu memijah walaupun mengalami perkembangan gonad.

Ikan nila dan mujair tergolong ikan yang mudah mengalami perkembangan gonad dan memijah di berbagai wadah buatan, seperti kolam tanah dan bak semen. Beberapa ikan juga memijah pada kolam buatan yang dibuat suasana alami dan disediakan substrat sebagai sarang atau tempat menempelkan telur.

Beberapa ikan introduksi, walaupun dapat berkembang dengan baik di perairan umum Indonesia, termasuk memijah di perairan alami, namun tidak dapat memijah secara alami di kolam buatan. Ikan-ikan tersebut antara lain bawal air tawar (*Colossoma macropomum*), karper rumput atau kowan (*Ctenopharyngodon idellus*), dan mola (*Hypophthalmichthys molitrix*). Diduga lingkungan kolam yang disediakan tidak sesuai dengan habitat aslinya sehingga ikan dapat mengalami perkembangan gonad dengan baik atau tidak mampu melakukan pemijahan. Ikan-ikan tersebut hanya dapat dipijahkan secara buatan dengan teknik kawin suntik.

E. ANALISIS TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Di dalam reproduksi, sebelum terjadi pemijahan, sebagian besar hasil metabolisme tertuju untuk perkembangan gonad. Gonad semakin bertambah berat dibarengi dengan semakin bertambah besar ukurannya, termasuk diameter atau garis tengahnya. Berat gonad akan mencapai maksimum sesaat ikan akan memijah, kemudian berat gonad akan menurun cepat selama pemijahan sedang berlangsung sampai selesai (Effendie, 1979).

Semakin tinggi tingkat kematangan gonad, semakin besar diameter telur di dalam ovarium. Berdasarkan penelitian pada setiap tingkat kematangan gonad (dari TKG I sampai TKG V) tertentu, diameter telur di dalam ovarium mempunyai kisaran ukuran tertentu dan ada ukuran diameter yang paling banyak frekuensinya. Menurut Tamsil (2000) dan Tamsil (2009) bahwa ukuran telur berubah sejalan dengan meningkatnya TKG. Di dalam proses reproduksi, sebelum terjadi pemijahan, sebagian besar hasil metabolisme tubuh ditujukan untuk perkembangan gonad, sehingga sering ditemukan induk dalam keadaan kurus sebelum memijah.

Persentase komposisi tingkat kematangan pada setiap saat dapat dipakai untuk menduga terjadinya pemijahan. Ikan yang mempunyai satu musim pemijahan yang pendek dalam satu tahun atau saat pemijahannya panjang, akan ditandai dengan peningkatan prosentase tingkat kematangan gonad yang tinggi pada setiap akan mendekati musim pemijahan. Bagi ikan yang mempunyai musim pemijahan sepanjang tahun, pada pengambilan contoh setiap saat akan didapat komposisi tingkat kematangan gonad terdiri dari berbagai tingkat dengan persentase yang tidak sama. Persentase yang tinggi dari tingkat kematangan gonad yang besar merupakan puncak pemijahan walaupun pemijahannya sepanjang tahun.

Jadi dari daftar komposisi tingkat kematangan gonad ini dapat diperoleh keterangan waktu mulai dari berakhirnya kejadian pemijahan dengan puncaknya (Yudasmara, 2014).

Pengamatan dan penilaian tingkat kematangan gonad yang hanya berdasarkan pada ciri-ciri morfologi kurang informatif karena hanya menerangkan secara kualitatif. Padahal dalam perkembangan gonad, selain perkembangan secara morfologi, di dalamnya terdapat perkembangan telur dan perkembangan berat gonad. Keterangan perkembangan telur dan berat gonad dapat memberi informasi tambahan yang diukur dan dijabarkan secara kuantitatif.

Semakin berkembang gonad, telur yang terkandung di dalamnya semakin membesar diameternya, sebagai hasil dari pengendapan kuning telur, hidrasi, dan pembentukan butiran-butiran minyak berjalan secara bertahap dalam perkembangan tingkat kematangan gonad. Semakin meningkat tingkat kematangan gonad maka diameter telur semakin besar dan mencerminkan pola pemijahan ikan tersebut. Sebagaimana dikemukakan oleh Sjafei *et al.* (2008) bahwa diameter telur ikan selais (*Ompok hypophthalmus*) bervariasi antara 0,24-1,23 mm. Pada TKG II diameter telur berkisar antara 0,24-0,83 mm dengan frekuensi terbesar pada selang ukuran 0,44-0,53 mm. Pada TKG III berkisar 0,375-1,20 mm dengan frekuensi terbesar pada selang 0,84-0,93 mm. Pada TKG IV berkisar 0,30-1,225 dengan frekuensi terbesar pada selang 0,94-1,03 (Tabel 21).

Tabel 21. Persentase sebaran diameter telur ikan selais (*Ompok hypophthalmus*) berdasarkan tingkat kematangan gonad.

Kelompok ukuran (mm)	Persentase		
	TKG II	TKG III	TKG IV
0,24 – 0,33	11,3	-	1,01
0,34 – 0,43	23,71	1,03	2,02
0,44 – 0,53	42,27	4,12	2,02
0,54 – 0,63	19,59	5,16	3,03
0,64 – 0,73	2,06	6,19	4,04
0,74 – 0,83	1,03	14,43	6,06
0,84 – 0,93		29,89	17,17
0,94 – 1,03		20,62	31,31
1,04 – 1,13		16,49	26,26
1,14 – 1,23		2,06	8,08

Sumber: Sjafei *et al.* (2008)

Nikolsky (1969) dalam Effendie (1997) menggunakan tanda untuk membedakan kematangan gonad berdasarkan berat gonad, karena secara alamiah berhubungan dengan ukuran dan berat tubuh ikan keseluruhannya atau tanpa berat gonad. Selanjutnya dikatakan bahwa perbandingan antara berat gonad dan berat tubuh disebut “Koefisien kematangan” yang dinyatakan dalam persen (%).

Selain TKG, perubahan gonad juga dinyatakan dalam Indeks Kematangan Gonad (IKG) yang disebut juga “*Index of Maturity*” (IM) atau “*Gonado Somatic Index*” (GSI) (Johnson, 1971). IKG merupakan persentase dari berat gonad terhadap berat badan ikan betina, berarti IKG merupakan satuan yang menyatakan perubahan gonad secara kuantitatif. Dengan melihat nilai IKG, akan didapatkan bahwa sejalan dengan perkembangan gonad, akan semakin besar nilai IKG dan mencapai nilai tertinggi pada saat akan terjadi pemijahan. Untuk menentukan IKG digunakan rumus menurut Effendi (1979 & 1997):

$$\text{IKG} = \frac{\text{Bg}}{\text{Bt}} \times 100 \%$$

Dimana:

IKG = Indeks kematangan gonad (persen)

Bg = berat gonad (gram)

Bt = berat ikan (gram)

Dengan nilai indeks tersebut akan didapatkan bahwa sejalan dengan perkembangan gonad, indeks itu akan semakin bertambah besar dan nilai tersebut akan mencapai batas kisar maksimum pada saat akan terjadi pemijahan (Effendie, 1979). Johnson (1971) dalam Effendie (1979) mengemukakan bahwa ikan *threadfin shad* indeksnya berkisar dari 1-25 %. Ikan dengan IKG mulai dari 19 % ke atas sudah sanggup mengeluarkan telurnya dan dinggap matang. Sesudah memijah indeksnya turun menjadi 3-4 %.

Untuk tingkat kematangan gonad tertentu, nilai indeks tidak merupakan suatu nilai, melainkan suatu nilai batas kisar. Effendie & Subardja (1976) mendapatkan IKG pada ikan belanak (Tabel 22) pada TKG IV, dimana tiap bulan indeksnya bervariasi dari 1-20. Dengan demikian, IKG untuk ikan lainnya tentu berbeda-beda.

Tabel 22. Nilai GSI ikan belanak dewasa pada beberapa TKG

Kelamin	TKG	GSI rata-rata	Kisaran	Jumlah
Jantan	II	0,4953	0,03-3,03	840
	III	1,0646	0,11-3,41	251
	IV	1,4520	0,17-3,71	173
	V	0,6147	0,12-1,00	15
Betina	II	0,8204	0,03-4,54	262
	III	2,4042	0,38-8,84	97
	IV	8,6009	1,50-17,82	168

Sumber: Effendie (1997)

Tabel 23. Distribusi IKG (%) berdasarkan TKG ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) betina dan jantan

Betina								
TKG III			TKG IV			TKG V		
n	Kisaran	Rataan	n	Kisaran	Rataan	n	Kisaran	Rataan
13	5,53-15,54	9,99	13	8,80-16,67	13,70	17	2,32-3,58	2,72
41	3,72-10,91	7,04	50	3,67-11,51	7,03	36	1,91-2,88	2,39
48	8,50-18,85	12,40	59	6,90-18,06	12,29	65	1,98-4,32	2,95
56	1,78-22,26	9,42	64	3,98-23,92	12,96	60	1,18-3,41	2,27
80	8,53-21,24	13,57	83	6,72-22,81	13,84	80	124-3,63	2,36
Jantan								
28	4,41-14,53	8,62	25	6,14-9,59	8,08	33	1,10-2,57	1,81
159	2,72-10,00	8,15	35	3,24-9,28	8,12	46	1,00-1,68	1,30
39	5,22-28,51	9,28	62	3,39-10,09	8,42	60	1,30-3,30	2,29
57	3,82-11,99	7,61	16	4,05-9,61	8,16	28	0,73-2,87	1,57
74	4,93-14,23	8,79	90	5,21-12,97	8,76	59	1,21-2,18	1,71

Sumber: dimodifikasi dari Tamsil (2000) & Tamsil (2009).

Tabel 24. Distribusi IKG (%) ikan pirik (*Lagusia micracanthus*) jantan dan betina berdasarkan TKG yang tertangkap di Sungai Pattunuang, Maros

TKG	Jantan		n (ekor)	Betina		n (ekor)
	Kisaran	Rerata		Kisaran	Rerata	
I	0,0178-5,1414	0,4624±0,5149	174	0,0192-1,8495	0,4376±1,8495	114
II	0,0138-5,1394	0,74956±0,7503	76	0,0338-4,2599	0,8119±0,6513	86
III	0,4242-5,5482	2,0153±1,2721	38	0,5040-5,6827	2,7761±1,3036	38
IV	1,5131-6,4414	3,7923±1,2962	13	1,6121-14,9637	7,2718±3,2100	36
V	1,4912-5,5602	3,1450±1,5478	6	3,8766-15,2887	8,5129±3,2966	18
Jumlah			307			292

Sumber: Nur (2015)

Penelitian Tamsil (2000) & Tamsil (2009) pada ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) di Danau Tempe dan Danau Sidenreng (Sulawesi Selatan) yang mengamati IKG pada ikan yang ber TKG III, IV, dan V (Tabel

23), secara umum IKG ikan betina lebih besar dari IKG ikan jantan karena volume ovarium lebih besar dibanding dengan volume testis. IKG akan meningkat sejalan dengan meningkatnya TKG, karena bertambah volume dan berat gonad.

Sementara penelitian Nur (2015) pada ikan pirik (*Lagusia micracanthus*) (Tabel 24) di Sungai Pattunuang, Maros yang mengamati 599 ekor ikan diperoleh nilai rata-rata IKG 0,9191 % pada ikan jantan dan 2,195 % pada ikan betina. Ini menunjukkan bahwa IKG pada ikan betina lebih besar dibandingkan pada IKG ikan jantan. Umumnya berat gonad pada ikan betina adalah 10-25 % dan pada ikan jantan 5-10 % dari berat tubuh (Effendi, 1978 & 1979; Tang & Affandi, 2017).

Dalam menilai perkembangan gonad ikan betina, selain dilihat hubungan antara IKG dan TKG, dapat dihubungkan dengan diameter telur yang dikandungnya dari hasil pengendapan kuning telur selama proses vitellogenesis. Berdasarkan hubungan ini akan didapat ukuran diameter telur yang terbesar pada waktu akan terjadi pemijahan sebagai ukuran telur yang masak ikut dalam pemijahan. Penelusuran ukuran telur masak dalam komposisi ukuran telur secara keseluruhan dapat menuntun kepada pendugaan pola pemijahan ikan tersebut. Battas (1972) dalam Effendie (1997) menggunakan perbandingan lain yaitu perbandingan antara berat gonad segar (gram) dengan panjang ikan (mm) dan menamakan indeks yang didapat sebagai “Gonado Index” (GI) dengan rumus:

$$GI = \frac{Wg}{L^3} \times 10^8$$

Dimana:

GI = Gonado Index

Wg = berat gonad segar (gram)

L = Panjang ikan (mm)

Harga 10^8 merupakan suatu faktor agar didapat nilai GI mendekati harga satuan sehingga mudah melihat dan mendeteksi perubahan-perubahan yang terjadi. Tan dan Tan (1974) dalam Effendie (1997) meneliti perkembangan gonad ikan kerapu lumpur (*Epinephelus tauvina*) yang merupakan ikan hermaphrodit di Pulau Tioman dan Serawak di perairan Laut Cina Selatan menggunakan “Gonado Index” dengan rumus:

$$GI = \frac{Wg}{L^3} \times 10^7$$

Tabel 25. Klasifikasi indeks gonad kerapu betina

Kelas	Nilai Gonad Index
I	Lebih kecil dari 1 Gonad tidak matang
II	1,0 – 5,0 Gonad memasak
III	5,0 – 10,0 Gonad memasak
IV	10,0 – 20,0 Gonad masak
V	Lebih besar dari 20,0 Gonad masak

Sumber: Effendie (1997)

Sebanyak 68 ekor ikan kerapu yang diamati gonadnya didapat nilai puncak GI pada bulan Agustus. Namun selama Agustus ini didapat pula nilai indeks yang menurun. Nilai rata-rata indeks GI tidak cukup sebagai suatu kriteria yang menunjukkan puncak pemijahan karena selama dalam puncak tadi ada ikan yang sudah memijah dengan GI yang rendah akan menurunkan nilai rata-rata GI. Untuk menghindari hal tersebut, Tan dan Tan mengusulkan klasifikasi tingkat kematangan gonad berdasarkan indeks. Klasifikasi ini hanya untuk ikan kerapu betina saja dimana indeks tadi dapat dibuat di lapangan atau laboratorium. Hasil klasifikasi ikan kerapu betina berdasarkan indeks disajikan pada Tabel 25.

Pada kerapu lumpur (*Epinephelus tauvina*) yang hermaprodit protogini, ikan yang sama dari betina fungsional akan berubah menjadi jantan yang fungsional pula. Sedangkan tanda morfologi petunjuk seksual sekunder tidak didapatkan kecuali ukuran besarnya ikan. Maka untuk menelaah dengan seksama perkembangan gonad ikan hermaprodit protogini ini, Tan & Tan membuat klasifikasi perkembangan perubahan ontogenesis yang lebih seksama menjadi 10 kelas (Tabel 26). Pada waktu ikan kerapu masih menjadi betina, kelas 1 adalah gonad yang tidak masak, kelas 2, 3, dan 4 adalah kelas yang mewakili tahap-tahap perkembangan di dalam ikan betina yang masak gonad. Kelas 5 dan 6 adalah tahap transisi, serta kelas 7, 8, 9, dan 10 merupakan kelas tahap perkembangan pada fase jantan.

Tabel 26. Klasifikasi perkembangan Gonad Hermaprodit Protogini

Kelas	Keterangan
1	Ovarium tidak matang, didapatkan oosit tingkat 1 dan 2. Bila tidak dapat jaringan yang mengerut menunjukkan belum pernah terjadi pemijahan
2	Betina dengan ovarium matang beristirahat, terdapat oosit tingkat 1, 2, dan 3. Mungkin terdapat jaringan mengerut sisa pemijahan dulu.
3	Betina matang aktif, kebanyakan oosit tingkat 3 dan 4. Secara morfologi ovarium berkembang dan mudah dikenali
4	Betina pasca pemijahan, kelas ini sudah didapatkan
5	Transisi, sukar dikenal. Dari luar, gonad terlihat mengerut dan di dalamnya kosong. Jaringan mengerut banyak di dapatkan di bagian tengah
6	Testis tidak matang, hampir sama dengan kelas sebelumnya, banyak didapat kerutan.
7	Testis menuju rusak, terdapat kelompok kantung spermatogonia, spermatosit 1 dan 2
8	Testis masak, banyak spermatosit 1 dan 2. Didapatkan pula sperma di dalam kantung
9	Testis masak sekali. Banyak didapatkan spermatozoa di dalam kantung. Spermatosit tingkat awal sangat jarang
10	Testis pasca pemijahan. Kantung sperma umumnya kosong

Sumber: Effendie (1997)

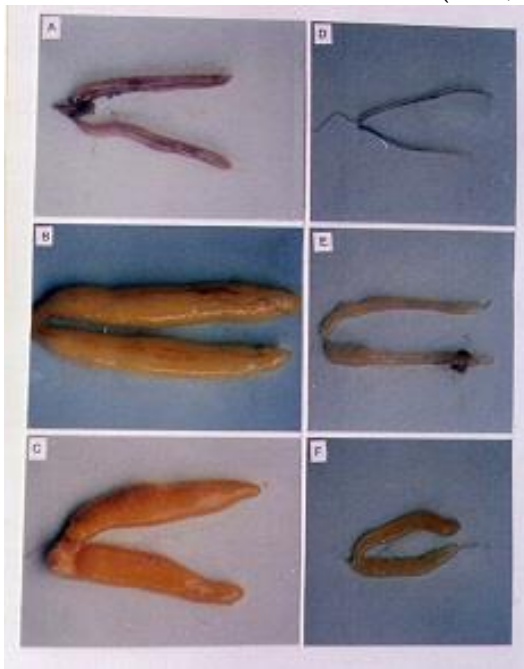
Proses perubahan kelamin pada ikan hermaprodit sangat beragam, tergantung jenis ikan dan tipe hermaproditnya. Pada ikan *Trimma okinawae*, proses perubahan kelamin sangat cepat dan dapat bolak balik, tergantung pada struktur populasinya atau perbandingan antara ikan betina dan jantan. Terjadinya perubahan yang dapat berlangsung cepat tersebut disebabkan karena pada ikan yang hermaprodit, di dalam gonadnya terdapat elemen-elemen jantan yang pada kondisi lingkungan tertentu atau apabila sudah mencapai fase transisi akan berubah menjadi testis yang fungsional. Keberadaan elemen jantan ini ada sejak awal, walaupun masih pada tahap *crypts*, atau bakal spermatosit yang nampak terlihat di sisi gonad (Tamsil, 2000; 2009).

Tabel 27. Perbedaan TKG ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) betina dan jantan

TKG	Betina	Jantan
Tingkat Perkembangan I (ikan muda)	Tingkat ini dimulai pada ikan ukuran kurang dari 43 mm, walaupun secara umum ukuran pertama kali matang gonad adalah ukuran 90 mm. Secara makroskopis, ovarium berbentuk seperti sepasang benang, terletak memanjang di sebelah kiri dan kanan rongga perut, berwarna bening dan belum nampak adanya butir telur.	Testis ikan bunto mulai berkembang pada ukuran 100 mm, yang berarti lebih besar dibanding ikan betina, walaupun kematangan gonad pertama diperkirakan secara umum pada sekitar 160 mm. Bentuk testis pada tingkat perkembangan I seperti benang dan berwarna jernih.
Tingkat Perkembangan II (tahap perkembangan)	Ovarium sudah mulai nampak dengan jelas dan berwarna kuning muda, butir telur belum terlihat dengan jelas, rongga perut terisi sekitar 25 %, dan belum nampak apabila dilihat dari bagian ventral tubuh. Oosit ikan bunto pada fase ini berwarna ungu.	Pada tahap ini ukuran testis lebih besar dan berwarna putih, saluran tubulus seminiferi berisi spermatosit primer yang merupakan hasil perkembangan dari spermatogonia.
Tingkat Perkembangan III (dewasa)	Secara morfologi, ovarium sudah mulai nampak dari luar tubuh, karena kulit perut ikan bunto transparan, ovarium berwarna kuning, dan volumenya telah mengisi 50 % dari rongga perut. Butir sel telur mulai nampak jelas, dengan ukuran panjang 100-200 μ m dan diameter 75-125 μ m. Selain oosit stadium III, juga ditemukan	Ukuran testis lebih besar dari pada tingkat perkembangan II, warna putih dan permukaannya berkerut. Hasil analisis histologi menunjukkan bahwa spermatid menyebar, tetapi sebagian terlindung oleh selaput berbentuk kantong.

	oosit stadium I dan II yang berwarna ungu di sela-sela oosit yang berwarna kuning, akan tetapi oosit yang berwarna merah lebih dominan.	
Tingkat Perkembangan IV (matang)	Secara morfologi, ovarium nampak jelas dari bagian ventral tubuh, selain karena transparan sehingga nampak jelas, juga akan menyembul keluar. Ovarium berwarna kuning keemasan, butir telur nampak jelas dan ovarium mengisi sekitar 75 % dari rongga perut. Ukuran panjang sel telur pada stadium ini 300-400 μm dengan diameter 100-175 μm . Pada tahap ini terjadi proses pematangan oosit, kemudian ikan bungo siap untuk memijah. Walaupun telah berada pada tingkat perkembangan IV, akan tetapi masih ditemukan oosit berwarna ungu di sela-sela oosit yang berwarna merah dengan butir lemak dan kuning telur yang padat (TKG IV), sedangkan oosit yang berwarna ungu tersebut berada pada TKG II.	Ukuran testis semakin besar dan berwarna seperti susu. Spermatid mulai berkembang menjadi spermatozoa, kantung tubulus seminiferi terisi oleh spermatozoa dalam bentuk massa yang padat.
Tingkat Perkembangan V (mijah/salin)	Secara morfologi, ovarium tidak nampak dari bagian ventral tubuh, karena ovarium sudah mengecil atau mengerut setelah terjadi pemijahan, dan masih terdapat sisa-sisa folikel yang tidak teratur bentuknya dan tersebar di dalam stroma lamela.	Volume testis mengecil karena sebagian besar isinya telah dilepaskan pada saat pemijahan, bentuk testis mengerut dan lembek.

Sumber: dimodifikasi dari Tamsil (2000; 2009).



Gambar 25. Perkembangan ovarium dan testis ikan bungo (*Glossogobius Cf. aureus*) betina (A, B dan C) dan jantan (D, E dan F) (Tamsil, 2000; 2009).

Penelitian Tamsil (2000; 2009) pada ikan bungo (*Glossogobius Cf. aureus*) dari fase betina fungsional, transisi hingga jantan fungsional menunjukkan bahwa pada fase awal peralihan dari betina ke jantan terlihat dominasi oosit masih tinggi, kemudian berimbang antara oosit dengan spermatosit, selanjutnya spermatosit mulai dominan hingga pada tahap akhir fase peralihan seluruh gonad telah berubah menjadi testis. Selanjutnya dinyatakan bahwa, pendugaan terhadap fase inteseks dapat dilakukan dengan melihat jaringan gonad melalui preparat histologis, termasuk kecenderungan ikan masih dominan betina atau sudah lebih mengarah pada jantan, karena pengamatan terhadap morfologi gonad sulit untuk menentukan fase inteseks, sebab morfologi gonad dapat dipengaruhi oleh tingkat kesehatan ikan dan faktor lingkungan. Selain itu, dengan pengamatan terhadap komposisi ukuran ikan yang dihubungkan

dengan jenis kelamin, dapat dikemukakan bahwa pada ukuran tertentu dimana ditemukan ikan berjenis kelamin betina dan jantan, maka ukuran ikan tersebut adalah fase inteseks menuju perubahan jenis kelamin, sehingga ikan pada ukuran inteseks ini perlu mendapat perhatian.

Tabel 28. Perbedaan TKG ikan belanak (*Mugil dussumieri*) betina dan jantan modifikasi dari Cassie (Effendie & Subardja, 1977)

TKG	Betina	Jantan
I	Ovarium seperti benang, panjang sampai ke depan rongga tubuh. Warna jernih, permukaan licin.	Testis seperti benang, lebih pendek (terbatas) dan terlihat di ujung-ujungnya di rongga tubuh. Warna jernih.
II	Ukuran ovarium lebih besar. Pewarnaan lebih gelap kekuning-kuningan. Telur belum terlihat jelas dengan mata.	Ukuran testis lebih besar. Pewarnaan putih seperti susu. Bentuk lebih jelas daripada tingkat I.
III	Ovarium berwarna kuning. Secara morfologi telur mulai kelihatan butirnya dengan mata.	Permukaan testis tampak bergerigi. Warna makin putih, testis makin besar. Dalam keadaan diawet mudah putus.
IV	Ovarium makin besar, telur berwarna kuning, mudah dipisahkan. Butir minyak tidak tampak, mengisi $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ rongga perut, usus terdesak.	Seperti pada tingkat III tampak lebih jelas. Testis semakin pejal.
V	Ovarium berkerut, dinding tebal, butir telur sisa terdapat di dekat pelepasan. Banyak telur seperti pada tingkat II.	Testis bagian belakang kempis dan di bagian dekat pelepasan masih berisi.

Sumber: Effendie (1979)

Tabel 29. Perbedaan TKG ikan selais (*Ompok hypophthalmus*) betina dan jantan

TKG	Betina	Jantan
TKG I (awal pertumbuhan)	Ovarium di awal pertumbuhan dicirikan bahwa ovarium berwarna putih kekuningan dengan permukaan yang licin. Ukuran ovarium relatif dan berbentuk oval dan ganda. Butir telur belum terlihat oleh mata telanjang. Secara histologi ovarium didominasi oleh oogonium. Beberapa oogonium mulai berkembang menjadi oosit primer. Inti sel berbentuk bulat, berada di tengah dan dikelilingi oleh sitoplasma. Ukuran inti sel (nukleus) dan jumlah anak inti (nukleolus) selalu bertambah. Tingkat kematangan ini ditemukan pada ikan betina ukuran 70-120 mm.	Testis di awal pertumbuhan berbentuk buli-buli kecil yang halus dan berwarna putih susu bening. Secara histologis testis terlihat jaringan ikat lebih dominan. Spermatogonium melekat di membran sel dan sebagian telah berkembang menjadi spermatosit primer. Ikan selais jantan yang memiliki tingkat kematangan gonad ini berukuran antara 70-220 mm.
TKG II (berkembang)	Perkembangan ovarium II (berkembang) terlihat dari ovarium berwarna kuning terang. Butir telur mulai terlihat oleh mata telanjang dengan kisaran diameter antara 0,375-1,20 mm dengan hampir mengisi $\frac{1}{3}$ dari rongga perut. Berdasarkan pengamatan histologi terlihat bahwa oogonium sebagian besar telah berkembang menjadi oosit primer. Kantung kuning telur mulai terbentuk di lapisan perifer sitoplasma (dekat membran sel). Proses ini disebut sebagai tahap awal vitellogenesis. Tingkat kematangan ini ditemukan pada ikan yang berukuran 70-270 mm.	Testis pada tahap ini terlihat dari ukurannya lebih besar dan kelompok buli-buli yang kecil mengisi $\frac{1}{5}$ dari rongga perut. Berwarna putih susu bening dengan permukaan licin. Dari sisi histologi terlihat bahwa jaringan ikat semakin sedikit dan kantung tubulus mulai diisi oleh spermatosit primer. Spermatosit berada agak jauh dari membran basal. Selisi ukuran spermatosit dan spermatogonium sangat kecil. Tingkat kematangan testis ini ditemukan pada ikan yang berukuran 120-270 mm.
TKG III (dewasa)	Ovarium pada TKG III (dewasa) ditunjukkan dengan ciri bahwa ovarium berwarna kuning telur. Butir telur mulai terlihat oleh mata telanjang dengan diameter berkisar antara 0,375-1,20 mm dan hampir mengisi $\frac{1}{3}$ dari rongga perut. Secara histologi terlihat bahwa jumlah oosit primer semakin bertambah dan letaknya mendekati lumen ovarium. Di beberapa bagian masih tampak oogonium. Sebagian oosit sekunder telah berkembang menjadi ootid. Butir kuning telur (<i>yolk egg</i>) dan vacuola minyak menyebar mulai dari inti	Testis pada TKG III (dewasa) ditunjukkan dengan ciri kelompok buli-buli yang semakin membesar dan telah mengisi $\frac{1}{4}$ dari rongga perut. Secara histologi spermatosit primer berkurang karena sebagian besar telah berkembang menjadi spermatosit sekunder. Spermatid sudah mulai terlihat dan letaknya menyebar di dalam tubulus. Tingkat kematangan ini ditemukan pada ikan jantan kisaran ukuran 170-320 mm.

	sel mengarah ke tepi. Tingkat kematangan ini ditemukan pada ikan yang berukuran panjang total 70-270 mm. Pada tahap ini proses vitelogenesis masih berlangsung dan terjadi akumulasi kuning telur sehingga diameter oosit semakin besar.	
TKG IV (matang)	Ovarium pada TKG (matang) dicirikan dengan ovarium bertambah besar, mengisi $\frac{2}{3}$ rongga perut dan mendesak usus ke bagian depan. Bentuk ovarium bulat oval dengan lekukan yang jelas di bagian anterior dan tengah, menandakan bahwa pasangan organ menyatu. Warna menjadi kuning kecoklatan dan lebih gelap. Butir telur telah terlihat karena selaput gonad transparan dengan diameter berkisar antara 0,30-1,225 mm. Pada proses pematangan telur ini terjadi penyusutan volume telur. Dilihat dari sisi histologi ovarium fase IV didominasi oleh ootid dan ovum. Vitellogenesis telah selesai; inti bermigrasi ke tepi mendekati mikropil dan melebur ke dinding sel. Ikan selais betina matang gonad pertama kali pada ukuran panjang total 115 mm. Ikan yang berada pada tahap perkembangan ini siap untuk melakukan pemijahan.	Testis pada TKG IV (matang) dicirikan dengan ukuran testis semakin membesar dan mengisi $\frac{1}{3}$ dari rongga perut. Kelompok buli-buli semakin besar dan pejal dan berwarna putih susu pekat. Dilihat dari preparat histologi nampak bahwa spermatid sudah mulai memenuhi tubulus. Terjadi proses spermiogenesis (spermatid menjadi spermatozoa). Pada akhir spermiogenesis, spermatozoa dilepaskan ke dalam lumen tubulus. Ikan mulai matang gonad pada ukuran 214 mm.
TKG V (salin)	Ovarium TKG V (salin) secara morfologi dicirikan dengan warna gonad masih sama dengan tahap perkembangan ovarium IV. Ovarium bagian posterior telah mengempis karena telur telah dikeluarkan pada saat pemijahan. Ovarium berisi butir telur sisa dan terdapat cairan/plasma warna merah. Pengamatan secara histologi menunjukkan bahwa dinding folikel telah pecah dan sel telur telah dikeluarkan. Telur-telur yang tidak dikeluarkan saat pemijahan mengalami atresia dan beberapa oogonium sudah mulai terlihat.	Perkembangan testis TKG V (salin) secara morfologi ditunjukkan dengan mengempisnya buli-buli berwarna putih bening dan pada bagian tertentu kosong karena sperma telah dikeluarkan pada saat pemijahan. Pengamatan secara histologi tidak dapat ditunjukkan.

Sumber: dimodifikasi dari Sjafai *et al.* (2008).

Pada Tabel 27 disajikan perbedaan TKG ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) betina dan jantan yang merupakan ikan hermaphrodit protogini. Sedangkan pada Tabel 28 dan 29 disajikan dua ikan yang bukan hermaphrodit, yaitu ikan belanak (*Mugil dussumieri*) dan ikan selais (*Ompok hypophthalmus*). Dari tabel-tabel tersebut dan pada Gambar 25 merupakan gambaran dan penjelasan mengenai hubungan IKG, TKG, dan diameter telur, serta perbedaan TKG ikan jantan dan betina. Sebagaimana dikemukakan oleh Effendie (1979) bahwa beberapa tanda yang dapat dipakai untuk membedakan TKG ikan betina dan jantan antara lain adalah bentuk dan ukuran ovarium/testis, pengisian ovarium/testis dalam rongga tubuh dan warna ovarium testis.[]

BAB VII. FEKUNDITAS

Fekunditas (*fecundity*) adalah jumlah keturunan yang dihasilkan oleh suatu organisme (pada hewan tingkat tinggi, umumnya pada betina dari spesies tersebut) dalam jangka waktu tertentu. Dengan asumsi bahwa setiap organisme mencapai usia reproduktif, normalnya organisme cukup produktif untuk menghasilkan keturunan beberapa kali lipat (Martin, 2012).

Istilah fekunditas digunakan untuk hal-hal berikut: (1) kemampuan potensial suatu organisme dalam menghasilkan unit-unit reproduksi (perkembangbiakan), seperti telur, sperma, atau struktur asesksual; (2) laju para betina dalam menghasilkan turunan atau anak; dan (3) mengacu pada banyaknya anak yang dihasilkan (Sudrajat, 2011). Di dalam biologi perikanan, secara sederhana fekunditas didefinisikan sebagai jumlah telur ikan betina sebelum dikeluarkan pada waktu akan memijah, atau jumlah telur yang terdapat di dalam ovarium ikan betina yang telah matang gonad dan siap untuk dikeluarkan pada saat pemijahan.

Kemampuan reproduksi ikan sangat erat kaitannya dengan jumlah telur yang dihasilkan atau fekunditas. Hal ini berpengaruh terhadap jumlah anakan yang diproduksi. Karena itu, pengetahuan atau kajian mengenai fekunditas sangatlah penting di dalam perikanan, paling tidak berhubungan dengan tiga hal, yaitu: (1) untuk memprediksi stok atau populasi ikan dalam suatu lingkungan perairan, yang berguna untuk menentukan jumlah penangkapan atau pengelolaan; (2) untuk memprediksi dan menentukan stok atau populasi spesies yang terancam, sehingga dapat menentukan status secara tepat dan pendekatan konservasinya; dan (3) dalam akuakultur, pengetahuan fekunditas penting untuk memprediksi jumlah larva atau anakan ikan yang dihasilkan oleh individu ikan pada waktu memijah.

Jumlah telur yang belum dikeluarkan sebelum ikan memijah atau fekunditas memiliki nilai yang bervariasi sesuai dengan spesies atau strain/ras. Spesies ikan yang sama pada ukuran yang berbeda, umur yang berbeda, atau habitat yang berbeda, mempunyai fekunditas yang berbeda. Ikan pada ukuran yang sama dan hidup di habitat yang sama pun dapat mempunyai fekunditas yang berbeda. Dua ekor kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) ukuran panjang 500 mm yang tertangkap di perairan Sape mempunyai fekunditas yang berbeda. Seekor kakap merah mempunyai fekunditas 434.151, sedangkan seekor yang lainnya 489.468 (Tabel 30). Ini karena kedua kakap merah tersebut mempunyai ukuran berat yang berbeda. Dan walaupun ukuran beratnya sama pun, fekunditasnya tidak selalu sama, karena pengaruh berbagai faktor lainnya.

Demikian juga strain pada ikan yang berasal dari keturunan yang sama. Misalnya pada strain ikan lele yang merupakan turunan lele dumbo (*Clarias gariepinus*), seperti pada lele sangkuriang dan lele mutiara. Fekunditas lele sangkuriang mencapai 60.000 butir, sedangkan lele dumbo hanya 30.000 butir. Fekunditas lele mutiara bahkan mencapai 104.550 butir.

Jumlah telur yang dihasilkan merupakan hasil dari pemijahan yang tingkat kelangsungan hidupnya di alam sampai menetas dan ukuran dewasa sangat ditentukan oleh faktor lingkungan. Dalam pendugaan stok ikan dapat diketahui dengan tingkat fekunditasnya. Tingkat fekunditas ikan air laut biasanya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ikan air tawar. Telur yang dihasilkan memiliki ukuran yang bervariasi. Ukuran telur dapat dilihat dengan menghitung diameter telur. Diameter telur merupakan garis tengah atau ukuran panjang dari suatu telur dengan mikrometer yang berskala yang sudah ditera. Pengamatan fekunditas dan diameter telur dilakukan pada ikan dengan TKG III dan TKG IV.

Pengukuran fekunditas harus memerhatikan tahap kematangan gonad. Perhitungan fekunditas harus dilakukan pada gonad yang sudah masak, yang diperkirakan ikan yang diukur fekunditasnya tidak lama lagi akan memijah. Namun, pada kenyataannya sering pula dilakukan terhadap ikan yang belum masak, tetapi butir telur ikan tersebut sudah dapat dipisahkan.

A. MACAM-MACAM FEKUNDITAS

Definisi mengenai fekunditas tidak tunggal, karena tiap spesies ikan mempunyai macam-macam sifat. Karena itu, para ahli mengembangkan definisi fekunditas yang lebih spesifik sesuai dengan kebiasaan dan kemampuan ikan dalam memijah. Misalnya definisi yang diberikan pada ikan salmon (*Onchorynchus* sp) dan ikan sidat (*Anguilla* sp), ikan ini selama hidupnya hanya satu kali memijah dan kemudian mati. Semua telur yang dikeluarkan pada waktu pemijahan itulah yang dimaksud dengan fekunditas.

Tetapi karena spesies ikan bermacam-macam dengan sifatnya masing-masing, maka beberapa peneliti berdasarkan pada definisi yang umum, kemudian mengembangkan lagi definisi fekunditas sehubungan dengan aspek-aspek yang ditelitinya. Misalnya kesulitan yang timbul dalam menentukan fekunditas adalah komposisi telur yang heterogen, tingkat kematangan gonad yang tidak seragam dari populasi ikan tersebut, waktu pemijahan yang berbeda, dan sebagainya. Terdapat beberapa jenis fekunditas sebagai berikut:

- (1) Fekunditas individu adalah jumlah telur yang dikeluarkan dari generasi tahun itu dan akan dikeluarkan tahun itu juga.
- (2) Fekunditas relatif adalah jumlah telur per satuan panjang dan berat.
- (3) Fekunditas total adalah jumlah telur yang dihasilkan ikan selama hidupnya.
- (4) Fekunditas tahunan adalah jumlah telur yang dikeluarkan per tahun.

Fekunditas secara langsung dapat memberi penaksiran jumlah anak ikan yang akan dihasilkan dan akan menentukan jumlah ikan dalam suatu kelas umur. Fekunditas merupakan suatu subyek yang dapat menyesuaikan terhadap beberapa macam kondisi terutama respon terhadap makanan (Effendie, 1997).

Bagenal (1978) dalam Effendie (1997) membedakan antara fekunditas, yaitu jumlah telur yang matang yang akan dikeluarkan dengan fertilitas yaitu jumlah telur matang yang dikeluarkan oleh induk. Sedangkan Hunter *et al.* (1992) dalam Nasution (2005) menyatakan bahwa fekunditas total adalah jumlah telur yang terdapat di dalam ovarium yang akan dikeluarkan pada waktu memijah. Fekunditas tahunan adalah jumlah telur yang dikeluarkan per tahun. Pada ikan yang memijah beberapa kali dalam satu tahun, fekunditas adalah rata-rata jumlah telur setiap kali pemijahan. Jumlah telur per satuan panjang atau bobot dinamakan fekunditas relatif.

Menurut Nikolsky (1963) dalam Effendie (1997) jumlah telur yang terdapat dalam ovarium ikan dinamakan fekunditas individu, fekunditas mutlak, atau fekunditas total. Dalam hal ini diperhitungkan telur yang ukurannya berbeda-beda. Oleh karena itu, dalam memperhitungkan harus diikutsertakan semua ukuran telur dan masing-masing harus mendapatkan kesempatan yang sama. Konsekuensinya harus mengambil telur dari beberapa ovarium (kalau bukan dengan metode numerikal). Kalau ada telur yang jelas kelihatan ukurannya dalam daerah yang berlainan dengan perlakuan yang sama harus dihitung terpisah. Tetapi Nikolsky (1969) juga menyatakan bahwa fekunditas individu adalah jumlah telur dari generasi tahun itu yang akan dikeluarkan tahun itu pula. Dalam ovarium ikan biasanya terdapat dua macam ukuran telur, yang besar dan yang kecil. Telur yang besar akan dikeluarkan pada tahun itu dan yang kecil akan dikeluarkan pada tahun berikutnya. Tetapi sering terjadi kalau kondisi baik, telur yang kecil pun akan dikeluarkan menyusul telur yang besar. Sehubungan dengan hal ini maka dianjurkan untuk menentukan fekunditas ikan apabila ovarium ikan itu sedang dalam tahap kematangan yang ke IV (menurut Nikolsky) dan yang paling baik sesaat sebelum terjadi pemijahan.

Fekunditas individu akan sukar diterapkan untuk ikan-ikan yang mengadakan pemijahan beberapa kali dalam satu tahun, karena mengandung telur dari berbagai tingkat dan akan lebih sulit lagi menentukan telur yang benar-benar akan dikeluarkan pada tahun yang akan datang. Jadi fekunditas individu ini baik diterapkan pada ikan yang mengadakan pemijahan tahunan atau satu tahun sekali. Sehubungan dengan hal ini maka fekunditas individu tidak relevan dengan fekunditas total. Menurut Royce (1972) bahwa

fekunditas total adalah jumlah telur yang dihasilkan ikan selama hidupnya. Ini berbeda dengan fekunditas total yang dikemukakan oleh Hunter *et al.* (1992) yang menyatakan bahwa fekunditas total adalah jumlah telur yang terdapat di dalam ovarium yang akan dikeluarkan pada waktu memijah. Fekunditas total diduga berdasarkan persamaan yang dikemukakan Bagenal (1978) berikut:

$$F = (Wg/Ws)n$$

Dimana:

F = fekunditas total

Wg = berat gonad (g)

Ws = berat gonad sub sampel (g)

N = jumlah telur dalam sub sampel

Fekunditas relatif adalah jumlah telur per satuan berat atau panjang. Fekunditas inipun sebenarnya mewakili fekunditas individu kalau tidak diperhatikan berat atau panjang ikan. Penerapan fekunditas relatif telah banyak dilakukan oleh peneliti. Ada yang mengambil berat sebagai pembagian dan ada pula yang mengambil panjang. Bahkan ada yang mengkombinasikan penggunaan fekunditas relatif yaitu ovarium per satuan berat dengan panjang ikan. Namun, baik fekunditas individu maupun fekunditas relatif tidak memperlihatkan kapasitas reproduksi dari populasi karena fekunditas individu tidak menunjukkan fekunditas populasi (Effendie, 1978; 1997).

Penggunaan fekunditas relatif dengan satuan berat lebih mendekati kepada kondisi ikan itu sendiri dari pada dengan panjang. Lebih mencerminkan status ikan betina dan kualitas dari telur kalau berat yang dipakai tanpa berat alat-alat pencernaan makanan. Ikan-ikan yang tua dan besar ukurannya mempunyai fekunditas yang relatif lebih kecil. Umumnya fekunditas relatif lebih tinggi dibandingkan dengan fekunditas individu. Fekunditas individu akan menjadi maksimum pada golongan ikan yang masih muda (Nikolsky, 1969 dalam Effendie, 1978).

Menurut Bagenal (1967) dalam Effendie (1978) untuk ikan tropik dan subtropik, definisi fekunditas paling cocok mengingat kondisinya, ialah jumlah telur yang dikeluarkan oleh ikan dalam rata-rata masa hidupnya. Parameter ini relevan dalam studi populasi dan dapat ditentukan karena kematangan tiap-tiap ikan pada waktu pertama kalinya dapat diketahui dan juga statistik kecepatan mortalitasnya dapat ditentukan untuk pengelolaan perikanan yang baik. Definisi lain mengenai fekunditas adalah jumlah berat telur yang dihasilkan oleh ikan betina. Dalam hal ini berat mempunyai relevansi dengan jumlah dan dalam beberapa hal ada hubungannya dengan produktivitas. Juga penggunaan fekunditas ini untuk menghindarkan konflik dengan ukuran telur yang tidak seragam (Effendie, 1978).

Menurut Yudasmara (2014) bahwa, pengukuran fekunditas pada beberapa spesies ikan sangat sulit ditentukan, seperti pada ikan genera *Oreochromis*, dimana jumlah anak ikan yang dihasilkan selama masa hidup individu itu. Hal ini tentu sangat sukar bahkan tidak mungkin. Sehubungan dengan sifat ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang mengerami anak-anaknya di dalam mulut, maka diusulkan istilah fekunditas untuk ikan mujair sebagai berikut:

- (a) *Ovarian Fecundity* yaitu jumlah telur matang yang ada dalam ovarium sebelum dikeluarkan dalam pemijahan, dan
- (b) *Brooding Fecundity* yaitu jumlah telur yang sedang dierami dalam mulutnya.

Lebih lanjut dikemukakan bahwa, ikan yang termasuk ke dalam vivipar, yaitu ikan yang melahirkan anak-anaknya, mempunyai tiga macam fekunditas, yaitu:

- (a) *Prefertilized Fecundity* yaitu jumlah telur di ovarium sebelum terjadi pembuahan.
- (b) *Fertilized Fecundity* yaitu jumlah telur yang dibuahi di dalam ovarium.
- (c) *Larval Fecundity* yaitu jumlah telur yang sudah menetas menjadi larva tetapi belum dikeluarkan.

Ovarian Fecundity dan *Brooding Fecundity* juga dapat diterapkan pada spesies ikan lainnya yang mengerami telur di dalam mulutnya. Pada ikan mujair dan ikan nila (*O. niloticus*), induk betina mengerami telur dalam mulut selama 6-7 hari. Namun ada juga ikan dimana ikan jantan yang mengerami telur di dalam mulut, misalnya pada ikan arowana (*Scleropages* sp), atau ada ikan yang mempunyai kantung pengeraman, seperti kuda laut (*Hippocampus* sp). Pada ikan arowana, telur yang telah dibuahi kemudian diambil oleh induk jantan dan dierami di dalam mulutnya (kantong telur). Proses pengeraman telur berlangsung dalam mulut induk jantan (*mouthbrooder* dan *mouthbreeder*) sekitar 3 bulan. Sedangkan pada kuda laut jantan mempunyai kantung pengeraman yang disebut *brood pouch*, yang terdapat pada perutnya. Telur-telur kuda laut betina dimasukkan ke dalam kantung kuda laut jantan. Telur di dalam kantung ini kemudian dibuahi oleh kuda laut jantan dan disimpan atau dierami di dalam kantung. Pengeraman telur di dalam kantung induk jantan berlangsung antara 10-15 hari.

Sementara menurut Nikolsky (1969) dalam Effendie (1997) bahwa, kapasitas reproduksi dari pemijahan populasi terutama untuk mengetahuinya harus menggunakan fekunditas populasi relatif. Misalnya fekunditas populasi relatif dari seratus, seribu, atau sepuluh ribu individu dari kelompok umur tertentu. Jumlah ikan dalam tiap-tiap kelas umur dikalikan fekunditas rata-rata dari umur itu. Hasil yang didapat dari menjumlahkan kelompok umur memberikan fekunditas populasi relatif. Fekunditas ini dapat berbeda dari tahun ke tahun karena banyak individu yang tidak memijah tiap-tiap tahun. Juga apabila dalam satu tahun terdapat individu dalam jumlah yang banyak menyebabkan fekunditas rendah pada tahun yang lainnya.

B. FEKUNDITAS DAN HABITAT

Fekunditas satu spesies ikan selain dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genetis, juga dipengaruhi oleh ketersediaan makanan bagi induk (Wootton, 1979; Ridwan, 1979; Royce, 1984). Menurut Mulyoko (2010) dalam Nur (2015) bahwa fekunditas ikan di alam akan bergantung pada kondisi lingkungannya. Apabila ikan hidup pada kondisi yang banyak ancaman maka jumlah telur yang dikeluarkan akan semakin banyak. Fekunditas ikan yang semakin tinggi sebagai upaya untuk mempertahankan regenerasi keturunannya.

Fekunditas ikan dipengaruhi atau berhubungan dengan habitat (tempat hidup) dan lingkungan di mana ikan tersebut hidup. Ada dua faktor penting yang memengaruhi fekunditas ikan berhubungan dengan habitat, yaitu makanan dan ancaman. Jika habitat dalam kondisi optimal untuk kehidupan ikan, seperti ketersediaan makanan yang memadai, maka kematangan gonad ikan akan lebih cepat dan fekunditas ikan tinggi. Karena ketersediaan makanan merupakan faktor yang penting bagi kematangan gonad dan fekunditas. Artinya ikan-ikan yang hidup di habitat yang tidak optimal karena kerusakan lingkungan, ketersediaan makanan yang terbatas, maka ikan akan mengalami hambatan dalam kematangan gonad dan fekunditas yang rendah.

Sementara itu, pada habitat yang terdapat banyak ancaman, baik oleh pemangsa maupun karena penangkapan yang intensif, maka ikan akan mempercepat kematangan gonad dan meningkatkan fekunditas. Menurut Tamsil (2000; 2009) ukuran ikan pertama kali matang gonad berhubungan erat dengan pertumbuhan ikan dan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhannya. Pada kondisi lingkungan yang baik dan cocok untuk tumbuh dan mempertahankan kelangsungan hidup, ikan-ikan cenderung akan menanggapi pemijahan, sedangkan apabila kondisi tidak menguntungkan sehingga menurunkan tingkat pertumbuhan kelangsungan hidup, maka reproduksi cenderung akan berlangsung pada umur lebih muda, karena ikan mempercepat kematangan gonadnya untuk menjamin keberlangsungan populasi.

Ikan-ikan pelagis dan ikan-ikan yang hidup di daerah terumbu karang yang merupakan habitat dengan banyak pemangsa, umumnya mempunyai fekunditas yang tinggi. Demikian juga ikan-ikan yang tidak

memerhatikan keturunannya juga mempunyai fekunditas yang tinggi. Ikan arowana (*Scleropages* sp) yang mengerami telur dan larva di dalam mulut induk jantan mempunyai fekunditas yang rendah. Seekor induk betina ikan arowana hanya menghasilkan antara 20-55 butir per tahun dengan diameter telur antara 1,5-1,8 cm. Padahal ikan arowana mulai matang gonad pada umur lebih dari 5 tahun, panjang 60 cm, dan berat sekitar 4 kg. Sedangkan ikan kakap ukuran panjang 100 cm fekunditasnya mencapai 5-7 juta (Grimes, 1987 dalam Andamari *et al.*, 2004).

Demikian juga, tingkat fekunditas ikan air laut biasanya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan ikan air tawar. Sebagian besar ikan laut merupakan ikan pelagophils atau ikan yang memijah di perairan bebas atau terbuka. Sedangkan pada ikan air tawar sebagian bersifat phytophils (ikan yang memijah di perairan bervegetasi), lithophils (ikan yang memijah pada dasar perairan berbatu), dan psamophils (ikan yang memijah pada dasar perairan berpasir). Walaupun ikan-ikan tersebut merupakan ikan yang tidak menjaga keturunannya atau tidak memperhatikan anak-anaknya, namun telur dan larva ikan-ikan air tawar lebih terlindungi dibandingkan ikan-ikan laut. Dengan demikian, kelangsungan hidup anak-anak ikan di air tawar lebih tinggi, karena terlindungi dari pemangsa.

C. FEKUNDITAS DAN MAKANAN

Menurut Effendie (1979) untuk spesies tertentu, pada umur berbeda memperlihatkan fekunditas yang bervariasi. Hal ini erat kaitannya dengan kualitas dan kuantitas pakan alami yang mendukung pematangan gonad ikan. Selanjutnya Nikolsky (1963) dalam Effendie (1979) menyatakan bahwa fekunditas ikan disesuaikan dengan aktivitas metabolisme yang dapat merombak unsur makanan, menghasilkan perubahan dalam pertumbuhan seperti ukuran ikan, jumlah telur atau siklus pemijahan dalam satu tahun.

Fekunditas dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan yang menentukan fekunditas adalah jumlah makanan yang dikonsumsi. Semakin besar jumlah makanan yang dimakan maka fekunditasnya juga semakin tinggi, sedangkan ukuran telur banyak ditentukan faktor genetik (Purdom, 1979). Semakin banyak tersedia makanan, pertumbuhan ikan akan semakin cepat dan fekunditas semakin tinggi (Wootton, 1973). Fekunditas cenderung meningkat dengan bertambahnya ukuran tubuh, serta dipengaruhi oleh jumlah makanan dan faktor lingkungan lainnya seperti suhu dan ketersediaan makanan (Effendie, 1997; Sitepu, 2006).

Ini juga dapat diamati pada induk ikan yang dipelihara secara terkontrol untuk pembenihan. Induk yang mendapat pasokan pakan yang berkualitas dan cukup lebih cepat mencapai kematangan gonad dan mempunyai fekunditas yang tinggi.

D. FEKUNDITAS DAN PANJANG

Fekunditas mempunyai keterkaitan dengan umur, panjang, atau bobot individu, dan spesies ikan. Fekunditas berhubungan dengan rongga tubuh sebagai ruang atau tempat ovari yang secara genetik ditentukan oleh panjang. Selain faktor pertambahan panjang dan penurunan diameter telur, peningkatan fekunditas juga sangat ditentukan oleh faktor genetik dan lingkungan (Sudirman *et al.*, 1997; Effendie, 1997; Pirzan *et al.*, 1998). Fekunditas cenderung meningkat dengan bertambahnya ukuran tubuh, serta dipengaruhi oleh jumlah makanan dan faktor lingkungan lainnya seperti suhu dan ketersediaan makanan (Effendie, 1997; Sitepu, 2006).

Ikan yang untuk pertama kalinya memijah (*recruit spawner*) fekunditasnya tidak sebesar fekunditas ikan yang telah memijah beberapa kali walaupun bertanya sama. Hal ini sesuai dengan sifat umum bahwa, fekunditas ikan akan bertambah selama pertumbuhan. Ikan yang besar, telurnya akan lebih banyak daripada ikan yang kecil. Tetapi korelasi ini ada batasnya dimana akan ada penurunan jumlah walaupun ikan itu bertambah besar atau tua. Ikan yang siklus hidupnya panjang seperti ikan sturgeon atau ikan mas, akan memperlihatkan penambahan jumlah telur yang cepat pada waktu umur-umur muda dan kemudian

akan diikuti dengan kecepatan pertambahan yang semakin berkurang dan terus mencapai keadaan yang tetap pada ikan-ikan yang berukuran sedang dalam waktu tertentu (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Tabel 30. Fekunditas ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) dari Sape

Panjang standar (mm)	Berat (g)	Fekunditas
540	3.550	72.666
540	3.600	53.764
580	4.800	59.193
600	5.050	83.433
431	2.000	165.603
471	3.800	441.407
575	5.300	575.625
495	3.300	587.100
510	3.500	137.418
520	3.800	29.100
530	5.500	387.899
550	4.500	643.366
620	5.700	293.576
527	4.250	302.105
571	5.250	361.545
413	2.250	293.878
450	2.400	175.950
526	3.950	346.068
520	3.200	275.553
460	2.750	360.765
460	3.530	369.976
465	2.900	453.048
470	2.800	429.030
500	3.250	404.746
500	3.250	434.151
500	3.300	489.468

Sumber: Andamari *et al.* (2004)

Fekunditas sering dihubungkan dengan panjang dari pada dengan berat, karena panjang relatif penyusutannya sangat kecil sekali, tidak seperti berat yang dapat berkurang dengan mudah. Hal yang harus diperhatikan dalam membuat hubungan fekunditas dengan panjang apabila mengambil sampel yang berulang-ulang harus berhati-hati, karena apabila ikan yang diambil pada waktu gonad sedang tumbuh hal ini tidak merupakan pertumbuhan somatik. Jadi di sini harus ada perbedaan antara pertumbuhan somatik dengan pertumbuhan gonad (Effendie, 1997; Yudasmara, 2014).

Menurut Effendie (1978; 1997) kebanyakan peneliti memplotkan fekunditas mutlak dengan panjang ikan dan hubungan itu adalah:

$$F = aL^b$$

Di mana F = Fekunditas, L = panjang ikan, a dan b merupakan konstanta yang didapat dari data. Persamaan tersebut kalau ditransformasikan ke logaritma akan mendapatkan persamaan regresi garis lurus:

$$\log F = \log a + \log b L$$

Harga eksponen b berkisar antara 2,34 -5,28 dan kebanyakan berkisar di atas 3. Ada juga yang membuat korelasi antara fekunditas dengan panjang, dengan cara regresi biasa kemudian dites dengan koefisien korelasi. Hoyt (1971) mendapatkan persamaan untuk panjang ikan dengan jumlah telur yang masak dari ikan *silver jaw* (*Ericymba bucata*), yaitu:

$Y = (-1379,3 + 32,74 X)$ dengan koefisien korelasi $r = 0,89$.

Korelasi tersebut memperlihatkan hubungan positif dan kuat dari kedua variabel. Healey (1971) mendapatkan korelasi hampir linier antara fekunditas dengan panjang ikan *sand goby* (*Gobius minutus pallas*), tetapi variasi di antara ikan yang sama panjang, fekunditasnya berbeda-beda dan koefisien korelasinya rendah yaitu $r = 0,55$.

Penelitian yang dilakukan oleh Reed (1971) pada ikan *fall fish* (*Semotilus corporalis*) didapatkan hubungan antara fekunditas dengan panjang ikan adalah: $F = -14.913,3 + 76,7 L$ dengan koefisien korelasinya $r = 0,958$. Sementara Denison & Bulkley (1972) selama dua kali musim panas meneliti potensial reproduksi ikan *bullhead* (*Ictalurus melas*) menyebutkan bahwa, tidak ada korelasi antara fekunditas dengan panjang tubuh. Koefisien korelasi yang didapatkan untuk tahun 1969 adalah $r = 0,19$ dan untuk tahun 1970 yaitu $r = 0,09$. Demikian juga Batts (1972) mendapatkan r yang rendah pada ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) menunjukkan bahwa fekunditas yang bervariasi pada ukuran panjang yang sama.

Tabel 31. Fekunditas ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) dari Kupang

Panjang standar (mm)	Berat (g)	Fekunditas
473	2.800	852.979
473	2.850	438.948
482	3.250	862.674
492	3.150	578.149
498	3.275	520.447
503	3.260	272.893
504	3.150	605.245
512	3.200	258.308
522	3.350	632.890
532	3.550	511.427
536	3.350	435.124
492	3.000	514.208
496	2.750	253.852
501	3.000	208.706
513	3.250	438.044
564	4.025	169.817
494	3.000	202.471
515	3.400	530.246
525	3.525	336.729
533	3.800	252.071
496	2.925	651.420
521	3.200	179.258
527	3.225	333.288
545	3.650	318.279
572	4.075	518.977
465	2.700	54.618
526	4.050	587.743
578	5.300	624.116
567	4.500	848.948
496	3.000	303.788
572	4.400	200.760
473	3.100	168.060
551	4.600	517.095
522	3.725	204.838

Sumber: Andamari *et al.* (2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Andamari *et al.* (2004) pada kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) di perairan Sape dan perairan Kupang (Tabel 30 dan Tabel 31) menyatakan bahwa, ikan kakap merah di Sape matang gonad pada panjang standar 413 mm dan fekunditas 293.878, sedangkan ikan kakap merah di Kupang

yang panjangnya 465 mm mempunyai fekunditas 54.618. Fekunditas rata-rata ikan kakap merah di Sape minimum 29.100 dan maksimum 643.368, sedangkan fekunditas rata-rata ikan kakap merah di Kupang minimum 54.618 dan maksimum 862.674. Selanjutnya disebutkan bahwa hubungan antara panjang standar dan fekunditas, serta fekunditas dengan berat terlihat tidak ada hubungan yang erat antara fekunditas dan ukuran panjang ikan serta beratnya baik di Kupang maupun di Sape. Untuk melihat hubungan ini telah dicoba dengan membuat regresi antara keduanya ternyata baik eksponensial maupun linier mempunyai nilai koefisien korelasi yang sangat kecil, $r = 0,05 - 0,15$. Ikan yang berukuran besar tidak selalu mempunyai fekunditas yang lebih banyak.

Pada Tabel 30 dan Tabel 31 terlihat beberapa ikan kakap merah berukuran kecil mempunyai fekunditas yang lebih tinggi dari ikan kakap merah yang berukuran besar. Misalnya ikan kakap merah berukuran panjang 460 mm dan berat 2.750 g mempunyai fekunditas 360.765, sementara ikan kakap merah ukuran panjang 540 mm dan berat 3.550 g mempunyai fekunditas 72.666. Atau ikan kakap merah ukuran panjang 473 mm dan berat 2.800 g mempunyai fekunditas 852.979, sedangkan ikan kakap merah ukuran 533 mm dan berat 3.800 g mempunyai fekunditas hanya 252.071.

Namun demikian, ikan-ikan yang mempunyai fekunditas lebih banyak biasanya merupakan ikan yang mempunyai tubuh yang lebih panjang. Menurut Grimes (1987) ikan kakap mencapai matang gonad pada saat 40-50 % dari panjang maksimum. Untuk ikan yang panjangnya 100 cm fekunditasnya mencapai 5-7 juta. Pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan panjang 15 cm mempunyai fekunditas 13.512 butir dan panjang 60 cm sebanyak 2.945.000 butir. Pada kondisi telur mencapai matang, nilai koefisien regresi dari hubungan fekunditas dengan panjang tubuh untuk berbagai jenis ikan sekitar 3,0 (Effendie, 1979) dengan variasi antara 1,0 sampai 7,0 bergantung pada jenis ikan.

E. FEKUNDITAS DAN BERAT

Fekunditas mempunyai keterkaitan dengan umur, panjang, bobot atau berat individu, dan spesies ikan. Fekunditas sering dihubungkan dengan berat karena berat lebih mendekati kondisi ikan dari pada panjang. Namun dalam hubungan fekunditas dengan berat terdapat beberapa kesukaran. Berat akan cepat berubah pada musim pemijahan. Misalnya ikan salmon dan sidat yang melakukan ruaya sebelum berpijah, keduanya tidak makan atau berpuasa sampai ke tempat berpijah. Oleh karena itu, apabila mengikutsertakan korelasi fekunditas dengan berat somatik di dalam membandingkan satu populasi atau di antara dua musim harus berhati-hati (Effendie, 1978 & 1997; Yudasmara, 2014).

Mayer *et al.* (1990) dalam Rahardjo *et al.* (2011) menyatakan bahwa fekunditas relatif cenderung lebih banyak pada ukuran ikan yang lebih besar (lebih tua) pada ikan bass (*Dicentrarchus labrax*). Rahardjo & Simanjuntak (2007) mendapatkan bahwa pada ikan tetet (*Johnius belangerii*) fekunditas relatif semakin menurun dengan semakin berat bobot ikan. Berbeda dengan hasil penelitian Kamukuru & Mgaya (2004) dalam Rahardjo *et al.* (2011) yang tidak menemukan hubungan yang signifikan antara fekunditas relatif dengan ukuran pada ikan *blackspot snapper* (*Lutjanus fulvivflamma*).

Jika fekunditas secara matematis dikorelasikan dengan berat total termasuk berat gonad akan menimbulkan kesukaran secara statistik. Sebabnya karena akan termasuk telur dalam jumlah yang lebih besar dari ikan yang sebenarnya berfekunditas kecil. Juga kesulitan yang sama akan timbul apabila fekunditas dihubungkan dengan kondisi karena dalam kondisi itu yaitu:

$$K = 100 W/L^3$$

Melibatkan berat total dari ikan itu. Karena kesulitan itu, maka banyak ahli memakai fekunditas relatif, yaitu berat telur per satuan berat ikan. Namun menggunakan fekunditas relatif pun akan mendapat

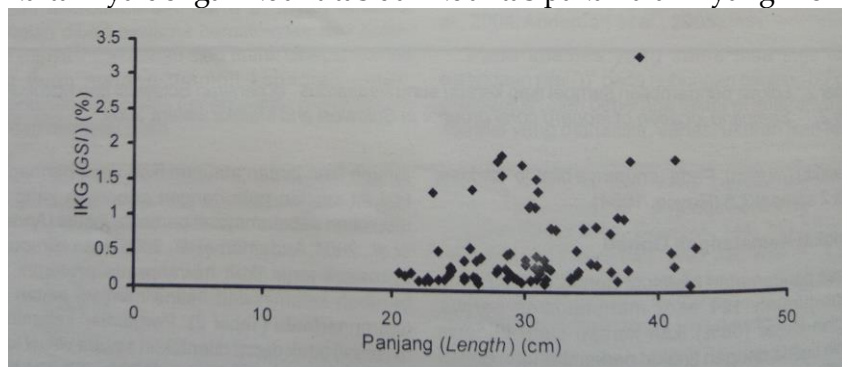
kesukaran juga karena tidak dapat dipakai membandingkan satu populasi dengan lainnya atau kondisi dari satu tahun ke tahun yang lainnya.

Semula penggunaan fekunditas relatif untuk menyatakan hasil yang menduga bahwa korelasi antara fekunditas dengan berat itu adalah linier, yang perumusannya adalah:

$$F = a + bW$$

Dalam beberapa hal menggunakan rumus tersebut hasilnya baik, tetapi beberapa ahli mendapatkan bahwa korelasi antara fekunditas dengan berat gonad adalah tidak linier. Dalam hubungan ini perlu diperhatikan bahwa berat gonad pada awal kematangan berbeda dengan berat akhir dari kematangan itu karena perkembangan telur yang dikandungnya. Selama dalam proses perkembangan tersebut terjadi pengendapan kuning telur yang berangsur-angsur serta terjadi hidrasi pada waktu hampir mendekati pemijahan (Effendie, 1978 & 1997; Yudasmara, 2014).

Dari Gambar 26 terlihat bahwa ikan-ikan yang lebih panjang dan lebih berat tidak selalu mempunyai nilai Indeks Kematangan Gonad (IKG) yang tinggi. Nilai IKG lebih ditentukan oleh tingkat kematangan gonadnya. Ukuran ikan yang lebih kecil tetapi berada pada kondisi tingkat kematangan gonad yang sudah lanjut (TKG V) akan mempunyai nilai IKG yang lebih tinggi (Andamari, 2005). Penelitian Prijono *et al.* (1998) pada kerapu batu (*Epinephelus bontoides* Bleeker) menemukan fekunditas dari setiap individu ikan sangat bervariasi antara 15.032-163.967 butir dengan panjang total rata-rata terkecil 12,6 cm dan bobot rata-rata 29,5 g, panjang terbesar 20,2 cm dengan bobot 108,9 g. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa ikan yang mempunyai bobot individu lebih besar cenderung memiliki fekunditas lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang memiliki bobot individu yang lebih kecil. Menurut Effendie (1979) untuk spesies ikan tertentu, pada umur berbeda memperlihatkan fekunditas yang bervariasi. Hal ini erat kaitannya dengan kuantitas dan kualitas pakan alami yang mendukung kematangan gonad ikan.



Gambar 26. Hubungan indeks kematangan gonad (IKG) dengan panjang ikan kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) betina di perairan Sulawesi dan Maluku (Andamari, 2005).

Namun dari bobot yang sama fekunditas ditentukan oleh besar kecilnya diameter telur, yaitu dengan diameter telur yang lebih kecil diperoleh fekunditas lebih tinggi dibandingkan dengan diameter telur yang besar. Demikian pula fekunditas dipengaruhi oleh tingkat kematangan gonad individu, besar kecilnya individu, umur serta faktor eksternal lainnya yang memengaruhi berkembangnya gonad ikan (Prijono *et al.*, 1998).

F. FEKUNDITAS DAN UMUR

Fekunditas mempunyai keterkaitan dengan umur, panjang, bobot individu, dan spesies ikan. Pada spesies ikan tertentu, pada umur berbeda memperlihatkan fekunditas yang bervariasi. Hal ini erat kaitannya dengan kuantitas dan kualitas pakan alami yang mendukung kematangan gonad ikan (Effendie, 1979). Namun pada beberapa spesies, hubungan fekunditas dengan umur tidak selalu sama dalam arti bahwa umur itu ada yang tidak berpengaruh pada fekunditas, ada yang pengaruhnya sedikit, dan ada pula yang

pengaruhnya secara positif. Hal yang demikian itu benar apabila yang dilihatnya hanya hubungan antara fekunditas dengan umur saja tanpa melihat parameter yang lainnya (Effendie, 1978; 1997).

Variasi fekunditas individu sangat besar, meliputi setiap pengaruh termasuk juga umur. Ikan yang untuk pertama kalinya memijah (*recruit spawner*) fekunditasnya tidak sebesar fekunditas ikan yang telah memijah beberapa kali walaupun bertanya sama. Hal ini sesuai dengan sifat umum bahwa, fekunditas ikan akan bertambah selama pertumbuhan. Ikan yang besar, telurnya akan lebih banyak daripada ikan yang kecil. Tetapi korelasi ini ada batasnya dimana akan ada penurunan jumlah walaupun ikan itu bertambah besar atau tua. Ikan yang siklus hidupnya panjang seperti ikan sturgeon atau ikan mas, akan memperlihatkan penambahan jumlah telur yang cepat pada waktu umur-umur muda dan kemudian akan diikuti dengan kecepatan pertambahan yang semakin berkurang dan terus mencapai keadaan yang tetap pada ikan-ikan yang berukuran sedang dalam waktu tertentu. Adapun variasi jumlah telur ikan yang didapat pada saat ini disebabkan karena variasi kelompok ukuran. Jumlah ukuran ikan yang besar hanya sedikit dan biasanya dan biasanya memperlihatkan kecepatan pertambahan fekunditas. Hal ini sebenarnya sebagai akibat karena perbaikan makanan. Tetapi pada ikan-ikan yang ukurannya terlampaui besar, fekunditasnya secara relatif lebih sedikit (Effendie, 1978; 1997).

Fekunditas (diduga dari telur yang dibuahi) ikan *black rockfish* (*Sebastes melanops*) meningkat dengan bertambahnya umur ikan, dari 299.302 embrio pada induk berusia 6 tahun sampai 948.152 embrio pada induk berusia 16 tahun. Demikian juga, fekunditas relatif (jumlah telur per bobot tubuh) meningkat seiring dengan meningkatnya umur, dari 374 butir/gram (pada umur 6 tahun) menjadi 549 butir/gram (16 tahun) (Bobko & Berkeley, 2004 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Mayer *et al.* (1990) dalam Rahardjo *et al.* (2011) menyatakan bahwa fekunditas relatif cenderung lebih banyak pada ukuran ikan yang lebih besar (lebih tua) pada ikan bass (*Dicentrarchus labrax*).

Pada beberapa kasus, ikan-ikan yang berukuran besar tidak bisa ditentukan jenis kelaminnya, bahkan tidak ditemukan gonadnya. Tentu ikan yang berukuran besar tersebut umurnya lebih tua dari ikan yang berukuran kecil. Jika ikan tersebut bersifat hermaphrodit diduga ikan sedang mengalami masa transisi perubahan kelamin (*change sex*) untuk menjadi jantan jika sebelumnya merupakan ikan betina atau sebaliknya. Pada ikan yang bersifat hermaphrodit protandri (berubah kelamin dari ikan jantan menjadi ikan betina) maka ikan betina akan berukuran lebih besar dan berumur lebih tua. Ikan kakap putih (*Lates calcalifer*) mengalami perubahan kelamin dari ikan jantan menjadi betina yang terjadi pada berat 2-4 kg. Ikan-ikan yang berukuran 2 kg dicapai pada umur sekitar 3 tahun.

Sebaliknya pada ikan yang bersifat hermaphrodit protogini (berubah kelamin dari ikan betina menjadi ikan jantan), maka ikan betina berukuran lebih kecil dan berumur lebih muda. Sebagai contoh jumlah telur ikan kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) yang berumur 4 tahun berjumlah 457.900 butir (Goeden, 1978). Penelitian Andamari (2005) pada ikan kerapu sunu di perairan Sulawesi dan Maluku menemukan kisaran fekunditas antara 45.765 butir hingga 492.243 butir dengan rata-rata 112.142 oosit. Bila dibandingkan dengan kelompok fekunditas ikan kerapu sunu yang berasal dari perairan Karimunjawa dimana terdapat 2 ekor yang telah matang gonad dengan fekunditas 340.000 butir dan 429.000 butir (Andamari *et al.*, 2003), maka ikan kerapu sunu di perairan Sulawesi dan Maluku mempunyai fekunditas yang lebih sedikit. Diduga hal ini terjadi karena perbedaan umur ikan serta pengaruh musim terhadap kematangan gonad.

Pada spesies yang sama, umur, dan ukuran yang sama, ikan tidak selalu mempunyai fekunditas yang sama karena berbagai faktor. Fekunditas cenderung meningkat dengan bertambahnya ukuran tubuh, pengaruh jumlah makanan, dan lingkungan lainnya (Effendie, 1997; Sitepu, 2006). Fekunditas juga dipengaruhi oleh perbandingan induk jantan dan betina, faktor genetik, dan respon terhadap makanan (Gassing, 2013).

G. FEKUNDITAS DAN BERAT GONAD

Kapasitas reproduksi suatu populasi bergantung pada berapa banyak individu secara seksual telah dewasa atau matang (King, 1955 dalam Gassing, 2013). Sementara tingkat kematangan gonad ikan sangat bergantung pada berbagai faktor pada ikan dan lingkungan. Ikan-ikan yang hidup di lingkungan perairan yang optimal dan tersedia makanan alami yang cukup mengalami perkembangan gonad sempurna dan fekunditas yang tinggi. Sebagaimana dinyatakan oleh Purdom (1979) bahwa, fekunditas dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan yang menentukan fekunditas adalah jumlah makanan yang dikonsumsi. Semakin besar jumlah makanan yang dimakan maka fekunditasnya juga semakin tinggi, sedangkan ukuran telur banyak ditentukan faktor genetik.

Tabel 32. Fekunditas kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) dari perairan utara Manado dan Gorontalo

Panjang (cm)	Berat (g)	Berat gonad (g)	Fekunditas
26,2	625,0	8,519	45.786
30,6	825,0	9,55	49.634
37,1	1.575,0	15,826	53.687
30,9	1.100,0	12,357	57.396
31,2	910,0	12,287	72.842
28,5	780,0	12,084	74.037
28,5	750,0	13,845	94.467
30,0	750,0	12,851	94.827
38,1	1.700,0	30,011	100.774
31,1	998,0	15,07	124.524
35,6	1.350,0	19,762	85.498
39,0	1.610,0	52,025	492.243

Sumber: Andamari (2005)

Selama proses reproduksi sebagian besar hasil metabolismenya tertuju pada pematangan gonad, sehingga dengan sendirinya terjadi perubahan-perubahan pada gonadnya, seperti pertambahan ukuran dan bobot gonad (Gassing, 2013). Nikolsky (1969) dikutip Effendie (1997) menggunakan tanda untuk membedakan kematangan gonad berdasarkan berat gonad, karena secara alamiah berhubungan dengan ukuran dan berat tubuh ikan keseluruhannya atau tanpa berat gonad.

Namun dalam berbagai penelitian ditemukan adanya perkembangan gonad yang tidak sejalan dengan ukuran gonad. Penelitian Tamsil (2000; 2009) pada ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) menemukan perkembangan gonad yang tidak sejalan dengan ukuran gonad, karena beberapa ikan menunjukkan secara histologik dan warna sudah masuk pada TKG IV yaitu dengan semakin jelasnya butir telur terpisah dan berwarna kuning, akan tetapi ukurannya masih kecil, sehingga pada analisis IKG terlihat bahwa ada IKG pada TKG III lebih besar daripada IKG pada TKG IV.

Demikian juga berat atau bobot gonad yang tidak sejalan dengan perkembangan gonad dan fekunditas. Artinya, ikan yang mempunyai gonad yang lebih besar atau lebih berat tidak selalu mempunyai fekunditas yang tinggi. Pada Tabel 32 terlihat ikan kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) yang mempunyai berat gonad 12,357 g dan 12,287 g mempunyai fekunditas 57.396 dan 72.842, sedangkan ikan yang mempunyai berat gonad 15,826 hanya mempunyai fekunditas 53.687. Atau ikan yang mempunyai berat gonad 15,07 g mempunyai fekunditas 124.524, sedangkan ikan yang mempunyai berat gonad 19,762 g hanya mempunyai fekunditas 85.494.

Pada ikan terbang (*Cypsilurus oligolepsis*) juga menunjukkan hal yang sama, di mana berat gonad yang besar tidak selalu mempunyai fekunditas yang tinggi. Pada ikan yang mempunyai berat gonad 3,136 g mempunyai fekunditas 14.442 dan berada pada TKG III. Sedangkan ikan yang mempunyai berat gonad 10,401 g dan 11,629 g mempunyai fekunditas 9.368 dan 9.588 dan telah berada pada TKG IV (Tabel 33).

Tabel 33. Fekunditas ikan terbang (*Cypsilurus oligolepsis*) menurut panjang, berat, berat gonad dan tingkat kematangan gonad dari perairan Tual, Maluku Tenggara

Panjang (cm)	Berat (g)	Berat gonad (g)	Tingkat kematangan gonad	Fekunditas
24,3	102,6	2,962	2	5.020
26,9	153,0	4,107	2	6.235
26,8	132,1	7,803	3	8.271
26,6	160,7	3,136	3	14.442
26,7	146,8	10,401	4	9.936
26,8	139,0	11,257	4	9.368
27,1	137,1	12,366	4	10.943
27,2	131,2	11,629	4	9.588
27,7	140,4	10,203	4	7.316
25,8	143,7	21,031	5	14.121
26,7	129,8	16,347	5	11.738
26,8	135,7	16,418	5	11.087
26,8	147,8	21,639	5	10.879
26,8	143,7	18,103	5	17.393
26,9	134,4	14,812	5	14.347
27,1	171,2	25,176	5	8.252
27,5	151,4	18,846	5	9.235
27,6	164,4	19,471	5	16.580
27,7	162,6	23,031	5	20.056
27,8	154,1	18,613	5	4.740
28,3	163,8	18,604	5	12.351
28,3	180,0	19,851	5	16.205
28,3	184,3	20,287	5	18.080
28,5	166,6	20,789	5	10.853
28,6	175,6	26,579	5	20.179
29,7	198,7	22,004	5	9.017
31,5	224,3	19,571	5	20.789
21,9	76,4	5,072	6	8.691

Sumber: Syam et al. (2004)

Tabel 34. Fekunditas ikan terbang (*Cypsilurus spilopterus*) menurut panjang, berat, berat gonad dan tingkat kematangan gonad dari perairan Tual, Maluku Tenggara

Panjang (cm)	Berat (g)	Berat gonad (g)	Tingkat kematangan gonad	Fekunditas
29,5	174,5	4,028	2	9.593
29,8	193,4	5,337	2	13.245
30,5	188,4	4,500	2	7.196
28,5	180,8	12,904	4	11.604
28,9	179,5	15,000	4	15.800
30,9	223,1	15,540	4	14.899
32,8	254,0	12,695	4	16.855
29,4	218,7	24,311	5	14.008
30,1	210,5	24,661	5	22.119
30,5	235,1	24,449	5	15.300
31,1	220,0	22,897	5	12.861
31,1	220,0	26,481	5	23.195
31,2	268,5	39,872	5	13.399
31,2	235,0	20,466	5	17.203
31,3	257,0	29,140	5	19.191
31,6	225,1	25,445	5	18.769
32,3	258,9	32,478	5	18.131

Sumber: Syam et al. (2004)

Demikian juga terlihat pada Tabel 34 dimana ikan terbang (*Cypsilurus spilopterus*) yang mempunyai berat gonad yang lebih besar namun mempunyai fekunditas rendah. Ikan yang mempunyai berat gonad 12,904 g mempunyai fekunditas 11.604 dan berada pada TKG IV, sedangkan ada ikan yang mempunyai berat gonad 5,337 g mempunyai fekunditas 13.245 dan berada di TKG II. Pada TKG yang sama yaitu TKG IV juga terdapat ikan yang mempunyai berat gonad lebih kecil 12,69 g mempunyai fekunditas 16.855, sedangkan ikan yang mempunyai berat gonad 15,000 g dan 15,540 mempunyai fekunditas 15.800 dan 14.899.

H. FEKUNDITAS DAN UKURAN TELUR

Ukuran telur biasanya dipakai untuk menentukan kualitas yang berhubungan dengan kandungan kuning telur di mana telur yang berukuran besar menghasilkan larva yang berukuran besar dari pada yang berukuran kecil. Dalam membuat perbandingan ukuran telur dengan fekunditas harus berasal dari ovari yang sama tingkat kematangannya. Sering diduga bahwa fekunditas dengan ukuran telur berkorelasi negatif pada ikan yang berpijah ganda didapatkan bahwa telur yang dikeluarkan pada pemijahan kemudian berukuran kecil. Walaupun tidak terdapat pada semua ikan namun didapatkan bahwa ukuran telur dan ukuran panjang ikan berkorelasi positif, di mana hal ini diikuti oleh ikan yang berukuran besar berpijah terlebih dahulu (Effendie, 1997).

Ikan air tawar di daerah tropis memiliki nilai fekunditas dan ukuran telur yang cenderung bervariasi (Winemiller *et al.*, 2008 dalam Nur, 2015). Fekunditas yang berbeda-beda antarspesies merefleksikan strategi reproduksinya. Bahkan intraspesies, fekunditas bervariasi sebagai hasil dari perbedaan adaptasi terhadap lingkungannya. Ikan yang berukuran besar memiliki fekunditas yang besar. Pada ukuran yang sama, ikan betina dalam kondisi yang baik menghasilkan fekunditas yang lebih tinggi. Fekunditas ikan yang baru pertama kali terlihat kecenderungan kualitas dan kuantitas telurnya masih rendah yang berpengaruh terhadap rekrutmennya bila dibandingkan dengan induk ikan yang telah berkali-kali memijah dengan fekunditas yang meningkat serta ukuran telur dan larva yang lebih besar. Kondisi ini akan menurun sejalan dengan mulai menurunnya kondisi ikan yang memengaruhi kualitas dan kuantitas telur yang dihasilkan (ikan yang tua) (Bagenal, 1957 dalam Siby, 2009).

Namun dari bobot yang sama fekunditas ditentukan oleh besar kecilnya diameter telur, yaitu dengan diameter telur yang lebih kecil diperoleh fekunditas lebih tinggi dibandingkan dengan diameter telur yang besar. Demikian pula fekunditas dipengaruhi oleh tingkat kematangan gonad individu, besar kecilnya individu, umur serta faktor eksternal lainnya yang memengaruhi berkembangnya gonad ikan. Hal ini terbukti dari pengamatan diameter telur, bahwa ikan kerapu batu (*Epinephelus bontoides*) yang tertangkap mempunyai ukuran telur antara 220-440 mikron dengan fekunditas antara 17.380-130.877 butir yang ditemui pada ikan dengan panjang terkecil 13 cm dan terbesar 17,9 cm (Priyono *et al.*, 1998).

Ikan-ikan yang mempunyai diameter telur berukuran besar mempunyai fekunditas yang rendah. Ikan arowana (*Scleropages formosus*) merupakan ikan yang berukuran tubuh besar, namun arowana merupakan ikan dengan fekunditas rendah. Dalam setahun seekor induk arowana rata-rata menghasilkan 20-55 butir telur. Arowana mempunyai diameter telur 1,5-1,8 cm, suatu ukuran yang relatif besar.

Menurut Noyle & Cech (1982) dalam (Priyono *et al.*, 1998) bahwa fekunditas berbanding terbalik dengan laju sintasan ikan di alam. Artinya, ikan yang mempunyai fekunditas tinggi biasanya mempunyai sintasan yang rendah, begitu sebaliknya. Karena itu Priyono *et al.* (1998) yang meneliti ikan kerapu batu (*Epinephelus bontoides*) menyatakan bahwa ikan kerapu batu memiliki laju kematian alami yang lebih rendah dibanding kerapu jenis lainnya yang pernah ditemukan oleh Tompo (1986) yang memiliki fekunditas antara 493.810-6.391.950 butir.

I. FEKUNDITAS DAN SINTASAN

Ikan mempunyai strategi alami untuk melanjutkan keturunannya. Ikan-ikan dapat beradaptasi dengan lingkungan alami dan ancaman dalam bereproduksi. Pada daerah penangkapan yang terindikasi tangkap lebih (*overfishing*), ikan-ikan mengalami proses percepatan pematangan gonad sebagai suatu strategi reproduksi dalam mempertahankan populasinya. Karenanya terdapat ikan-ikan yang berukuran kecil tetapi sudah matang gonad.

Secara alami, ikan-ikan yang dalam pemijahannya menjaga dan merawat telur dan larvanya mempunyai fekunditas yang relatif rendah. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan mujair (*O. mossambicus*) betina yang menjaga telur dan larva di dalam mulutnya hanya menghasilkan telur 250-1.500 butir sekali memijah. Ikan arowana (*Scleropages formosus*) dimana induk jantan (*mouthbrooder* dan *mouthbreeder*) yang mengerami telur di dalam mulutnya (kantong telur), rata-rata telur yang dihasilkan oleh induk betina berkisar antara 20-55 butir per tahun. Sedangkan pada kuda laut (*Hippocampus* sp) dimana kuda laut jantan mengerami telur di dalam kantung pengeraman (*brood pouch*) hanya menghasilkan 200-1.000 ekor anak. Artinya telur yang dihasilkan oleh induk betina berada pada kisaran tersebut.

Sementara pada ikan-ikan yang dalam pemijahannya tidak merawat telur dan larvanya, serta berpijah di perairan bebas, umumnya mempunyai fekunditas tinggi. Sebagai contoh ikan bandeng (*Chanos chanos*) betina dapat menghasilkan telur sebanyak 5-6 juta butir sekali memijah. Ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) betina berbobot 2 kg rata-rata mampu menghasilkan 300.000-500.000 butir telur dalam 1 siklus pemijahan.

Menurut Noyle & Cech (1982) dalam (Priyono *et al.*, 1998) bahwa fekunditas berbanding terbalik dengan laju sintasan ikan di alam. Artinya, ikan yang mempunyai fekunditas tinggi biasanya mempunyai sintasan yang rendah, begitu sebaliknya. Priyono *et al.* (1998) yang meneliti ikan kerapu batu (*Epinephelus bontoides*) mendapatkan fekunditas antara 17.380-130.877 dengan ukuran telur 220-440 mikron. Fekunditas tersebut tergolong rendah dibandingkan yang pernah ditemukan oleh Tompo (1986) yang memiliki fekunditas antara 493.810-6.391.950 butir. Karena itu Priyono *et al.* (1998) menyatakan bahwa ikan kerapu batu memiliki laju kematian alami yang lebih rendah dibanding kerapu jenis lainnya.

J. FEKUNDITAS DAN STRAIN

Fekunditas stok yang berbeda dari spesies yang sama telah dipakai untuk membedakan strain/ras oleh banyak peneliti. Ras, varietas, atau strain yang berbeda mempunyai sifat fekunditas yang tidak sama, demikian juga ukuran besar telurnya. Maka spesies yang berasal dari satu daerah penangkapan dapat diketahui dari jumlah telurnya. Berdasarkan hal ini, populasi dapat diketahui homogen atau heterogen. Ikan-ikan dari satu spesies hidup dalam berbagai habitat seperti sungai yang berbeda atau dalam perairan yang berbeda garis lintang mungkin mempunyai perbedaan telur dalam fekunditasnya (Yudasmara, 2014).

Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) menghasilkan 2.000-10.000 butir telur tergantung strainnya. Gurami strain bastar dan kapas hanya menghasilkan 2.000 – 3.000 butir telur sekali memijah. Strain soang, blausafir, dan paris menghasilkan 5.000 – 7.000 butir telur, sedangkan strain porselen mampu menghasilkan 10.000 butir telur.

Lele dumbo (*Clarias gariepinus*) menghasilkan telur antara 30.000-100.000 butir sekali memijah, sedangkan lele mutiara, salah satu strain lele menghasilkan telur sebanyak 104.550 butir/kg. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menghasilkan telur antara 250-1.500 butir sekali memijah. Namun strain-strain nila mempunyai fekunditas tinggi mencapai 3-5 kali nila biasa, misalnya nila best (*bogor enhanced strain tilapia*) menghasilkan 1.000-7.000 butir telur.

K. FEKUNDITAS PEMIJAHAN BERGANDA

Ikan yang berpijah berulang-ulang dalam waktu yang lama akan melibatkan persoalan telur cadangan dan telur yang sudah berkembang. Kriterianya yaitu ada tidaknya kuning telur. Jumlah telur yang mempunyai kuning telur yang dihitung fekunditasnya untuk musim itu. Apabila ikan mempunyai telur yang terdiri dari beberapa kelompok, maka telur kelompok yang sudah berkembang akan dikeluarkan pada suatu saat. Dengan membandingkan jumlah telur yang sudah mempunyai kuning telur dan jumlah telur yang sudah sangat berkembang, dianggap sudah memberi jumlah pada kelompok yang dikeluarkan tiap musim (Effendie, 1997).

Menurut Murua & Kraus (2013) dalam Faizah (2010) bahwa tipe perkembangan oosit asinkronis (*asynchronous*) yaitu, oosit dari setiap tahap perkembangan dan berbagai ukuran diameter ada dalam telur dan tidak ditandai dengan populasi yang dominan. Ketika proses pematangan terjadi maka akan tampak adanya perbedaan ukuran diameter telur terutama telur tahap hidrasi dan pengumpulan kuning telur. Biasanya terjadi pada spesies ikan yang memiliki musim pemijahan relatif panjang/berlanjut dan proses pematangan dan ovulasi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan di perairan. Sementara menurut Wallace & Selman (1981) dalam Saborido-Ray (2003) menyatakan bahwa, asinkronous, yaitu kelompok ikan yang tidak memiliki populasi oosit yang dominan pada seluruh tahap perkembangan oosit.

Ikan yang mempunyai tipe ovarium asinkronis (metakrom) dapat memijah dalam waktu dan musim yang panjang, dapat memijah setiap saat sepanjang tahun, dan tidak ada musim pemijahan yang spesifik. Karena itu, fekunditasnya dihitung pada telur-telur yang mempunyai kuning telur. Penelitian Tamsil (2000; 2009) pada ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) menyebutkan bahwa, hasil analisis histologis terhadap gonad ikan betina menunjukkan bahwa tipe ovarium ikan bunto adalah asinkronis (metakrom) atau ovarium tidak sinkron, yaitu ovarium memiliki oosit pada semua tingkatan perkembangan, yang siap berkembang apabila telah terjadi pemijahan. Perbedaan tingkatan oosit dapat diketahui dengan melihat warna dan ukuran masing-masing oosit.

L. FEKUNDITAS POPULASI

Fekunditas populasi yaitu jumlah semua telur dari semua fekunditas mutlak ikan betina yang akan memijah, semua telur yang akan dikeluarkan dalam satu musim pemijahan. Dalam hubungan ini fekunditas umur spesifik (*age specific fecundity*) merupakan komponen fekunditas populasi. Bila diketahui struktur umur dari populasi tersebut dan jumlah masing-masing anggotanya diketahui, maka fekunditas populasi dapat diketahui (Yudasmara, 2014).

Pada tiap tahun fekunditas populasi tidak sama. Sebab-sebab variasi (Tabel 35) ini berhubungan dengan banyak faktor yang menjadi penentu antara lain spesies ikan, umur, ukuran, kondisi lingkungan (ketersediaan makanan, musim, suhu, kepadatan populasi, dan lain-lain). Ikan-ikan yang hidup pada perairan yang kurang subur produksi telurnya rendah. Beberapa ikan yang merawat dan memelihara telur dan anaknya mempunyai fekunditas yang lebih kecil daripada ikan yang tidak memelihara anaknya. Ikan seribu yang mengandung anaknya akan mengeluarkan anakan sekitar 20 ekor.

Menurut Purdom (1979) bahwa, fekunditas dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan yang menentukan fekunditas adalah jumlah makanan yang dikonsumsi. Semakin besar jumlah makanan yang dimakan maka fekunditasnya juga semakin tinggi, sedangkan ukuran telur banyak ditentukan faktor genetik. Selain itu juga dipengaruhi oleh cahaya (fotoperiode) dan musim. Suhu air juga memengaruhi fekunditas secara tidak langsung. Begitu juga kedalaman air dan oksigen terlarut tidak merupakan faktor penghambat fekunditas, tetapi memengaruhi perkembangan fekunditas. Dalam kondisi optimum jumlah telur yang dikeluarkan lebih banyak dari pada dalam kondisi yang kurang baik. Fekunditas dan jumlah telur yang dikeluarkan pada puncak musim pemijahan lebih banyak dari pada di luar musim. Misalnya ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) diduga melakukan pemijahan sepanjang

tahun dengan puncak musim pemijahan antara bulan Januari sampai dengan Maret (Andamari *et al.*, 2004). Jumlah telur yang dikeluarkan pada puncak musim pemijahan selalu lebih banyak dari jumlah telur yang dikeluarkan di luar puncak musim, terkait dengan kondisi lingkungan yang optimum dalam mendukung pemijahan.

Tabel 35. Fekunditas beberapa jenis ikan di berbagai tipe perairan

Jenis ikan	Fekunditas	Habitat	Pustaka
Hampal (<i>Hampala macrolepidota</i>)	5.398-56.109	Waduk Jatiluhur	Rahardjo (1977)
Grass rockfish (<i>Sebastes rastrelliger</i>)	80.000-760.000	California Selatan	Love & Johnson (1998)
Perch (<i>Perca fluviatilis</i>)	2.657-63.858	Danau Pounui	Jellyman (1980)
<i>Astyanax janiroensis</i>	3.169-18.714	Sungai Ubatiba	Mazzoni <i>et al.</i> (2005)
Lemuru (<i>Sardinella longiceps</i>)	28.973-93.573	Teluk Sibolga	Tampubolon <i>et al.</i> (2002)
Blama (<i>Nibeo soldado</i>)	10.915-260.859	Pantai Mayangan	Rahardjo (2006)
Tetet (<i>Johnius belangerii</i>)	11.492-270.050	Pantai Mayangan	Rahardjo & Simanjuntak (2007)
Lalawak (<i>Barbodes balleroides</i>)	218.000-260.000	Sungai Cimanuk	Rahardjo & Sjafai (2004)
Genggehek (<i>Mystacoleucus marginatus</i>)	1.500-4.570	Sungai Cimanuk	Sjafai & Rahardjo (2003)
Belanak (<i>Mugil cephalus</i>)	2.110-3.910	Estuaria	McDonough <i>et al.</i> (2003)
Pike (<i>Esox lucius</i>)	2.033-29.050	Danau Karamik	Balik <i>et al.</i> (2006)
Ikan bunto (<i>Glossogobius Cf. aureus</i>)	1.130-466.850	Danau Tempe dan Danau Sidenreng	Tamsil (2000); Tamsil (2009)
Ikan terbang (<i>Cypsilurus oligolepis</i>)	4.740-20.789	Perairan Tual, Maluku Tenggara	Syam <i>et al.</i> (2004)
Ikan terbang (<i>Cypsilurus spilopterus</i>)	11.604-23.195	Perairan Tual, Maluku Tenggara	Syam <i>et al.</i> (2004)
Kerapu batu (<i>Epinephelus bontoides</i>)	15.035-163.967	Pantai utara Bali	Prijono <i>et al.</i> (1998)
Kerapu sunu (<i>Plectropomus leopardus</i>)	45.768-492.243	Perairan Su,awesi dan Maluku	Andamari (2005)
Ikan pirik (<i>Lagusia micracanthus</i>)	55-3.415	Sungai Pattunuang, Sulawesi Selatan	Nur (2015)
Ikan pirik (<i>Lagusia micracanthus</i>)	680-4.447	Sungai Sanrego, Sulawesi Selatan	Nur (2015)
Kakap merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	29.100-643.366	Perairan Sape	Andamari <i>et al.</i> (2004)
Kakap merah (<i>Lutjanus malabaricus</i>)	54.618-862.674	Perairan Kupang	Andamari <i>et al.</i> (2004)

Sumber: Rahardjo *et al.* (2011) & tambahan penulis

Untuk spesies tertentu, pada umur yang berbeda-beda memperlihatkan fekunditas yang bervariasi sehubungan dengan persediaan makanan tahunan. Pengaruh makanan ini terjadi untuk individu yang berukuran sama dan dapat pula untuk populasi secara keseluruhan. Sebagian dari pengaruh tadi memengaruhi telur dan persediaan telur. Dengan demikian sekarang menjadi jelas bahwa fekunditas untuk ikan berukuran tertentu atau kelompok umur tertentu variasinya sangat besar sekali (Effendie, 1978; 1997).

Apabila satu populasi dalam beberapa tahun jumlahnya sangat berkurang akibat dari penangkapan (mortalitas) misalnya, hal ini berarti akan memperbaiki persediaan makanan untuk populasi sisa. Ternyata dari populasi sisa tersebut fekunditasnya semakin bertambah, sedangkan ketika populasi tersebut masih lengkap atau jumlahnya besar, fekunditasnya kecil (Effendie, 1978; 1997). Hal ini diduga karena jumlah makanan yang dimakan oleh populasi cukup melimpah sehingga fekunditas ikan semakin tinggi, atau sebagai strategi ikan dalam reproduksi untuk mempertahankan populasi.

Hal yang sama ditemukan pada ikan-ikan yang hidup di lingkungan yang tidak stabil, maka untuk mempertahankan populasi, ikan mempercepat kematangan gonadnya. Penelitian Tamsil (2000; 2009) menyatakan bahwa, karena kondisi lingkungan yang tidak stabil, maka untuk mempertahankan populasi, ikan bunto (*Glossogobius Cf. aureus*) diduga mempercepat kematangan gonadnya sehingga banyak ditemukan ikan yang hubungan antara berat dan tubuh dengan berat gonadnya tidak proporsional (gonadnya kecil), sehingga fluktuasi nilai IKG sangat besar, bahkan pada beberapa ikan ditemukan ukuran

gonadnya masih kecil walaupun sudah matang. Selanjutnya dinyatakan bahwa, ditemukannya hubungan yang tidak proporsional antara berat dan panjang tubuh dengan fekunditas, lebih banyak disebabkan oleh faktor lingkungan, seperti persaingan makanan, ruang dan gangguan fisik, berupa kekeruhan, ketinggian air, dan suhu yang berfluktuasi.

Perbedaan yang nyata pada fekunditas dari suatu generasi terjadi pula pada ikan yang sama ukurannya tetapi mempunyai kandungan lemak yang berbeda. Ikan atau individu yang lebih gemuk mempunyai fekunditas relatif atau mutlak yang lebih tinggi dari pada ikan yang kurus. Biasanya ikan tua lebih gemuk dari pada ikan muda. Juga fekunditas populasi dapat berbeda dari tahun ke tahun karena adanya ikan-ikan yang tidak berpijah pada tiap-tiap tahun atau berpijahnya selang beberapa tahun.

Ikan sungai yang pertama kali menjadi penghuni bendungan atau waduk yang baru dibuat, dimana persediaan makanan pada tahun-tahun pertama biasanya banyak, menyebabkan ikan itu cepat masak pada umur muda dan terdapat pertambahan fekunditas baik fekunditas relatif atau mutlak. Tetapi hal ini kemudian diikuti oleh jumlah yang berpijah menjadi berkurang sehingga jumlah seluruh telur yang dikeluarkan oleh individu ikan menjadi berkurang pula. Selain dari itu ikan-ikan yang hidup di sungai, fekunditasnya mempunyai hubungan dengan tinggi air. Apabila sampai pada tahun-tahun tertentu mempunyai permukaan air selalu tinggi fekunditas ikannya tinggi pula bila dibandingkan dengan tahun lain yang permukaan airnya rendah. Mungkin kejadian yang sama dapat terjadi pula untuk ikan-ikan yang hidup di rawa, karena sering pula permukaan air rawa dari tahun ke tahun tidak sama akibat pemasukan air yang tidak tetap (Effendie, 1978; 1997).

Faktor-faktor yang memengaruhi fekunditas, serta hal-hal lain yang berhubungan dengan fekunditas, dikemukakan oleh Nikolsky (1969) *dalam* (Effendie, 1978; 1997) sebagai berikut:

- (1) Sampai umur tertentu fekunditas itu akan bertambah kemudian menurun lagi, fekunditas relatifnya menurun sebelum terjadi penurunan fekunditas mutlaknya. Fekunditas relatif maksimum terjadi pada golongan ikan muda. Ikan-ikan tua kadang-kadang tidak memijah setiap tahun. Individu yang tumbuh dan masak lebih cepat mempunyai tendensi mati lebih dahulu.
- (2) Fekunditas mutlak atau relatif sering menjadi kecil pada ikan-ikan atau kelas umur yang jumlahnya banyak, terjadi untuk spesies yang mempunyai perbedaan makanan di antara kelompok ukuran.
- (3) Pengaturan fekunditas terbanyak dalam berespon terhadap persediaan makanan berhubungan dengan telur yang dihasilkan oleh ikan yang cepat pertumbuhannya, lebih gemuk, dan lebih besar. Mekanismenya berhubungan dengan pemasakan oosit dan penghisapan telur. Kenaikan fekunditas populasi dapat disebabkan oleh kematangan gonad yang lebih awal dari individu yang tumbuh lebih cepat.
- (4) Ikan yang bentuk atau ukurannya kecil dengan kematangan gonadnya lebih awal serta fekunditas tinggi mungkin disebabkan oleh kekurangan makanan dan predator dalam jumlah besar.
- (5) Perbedaan fekunditas di antara populasi spesies yang hidup pada kondisi yang berbeda-beda, bentuk migrasi fekunditasnya lebih besar.
- (6) Fekunditas disesuaikan secara otomatis melalui metabolisme, yang mengadakan reaksi terhadap perubahan persediaan makanan dan menghasilkan perubahan dalam pertumbuhan, seperti ukuran pada umur tertentu, demikian juga ukuran dan jumlah telur atau jumlah siklus pemijahan dalam satu tahun.
- (7) Fekunditas bertambah dalam mengadakan respon terhadap perbaikan makanan melalui kematangan gonad yang terjadi lebih awal, menambah kematangan individu pada individu yang lebih gemuk dan mengurangi interval antara siklus pemijahan.
- (8) Kualitas telur terutama isi kuning telur tergantung kepada umur dan persediaan makanan dan dapat berbeda dari satu populasi ke populasi yang lain.

Ikan-ikan yang dipelihara di wadah budi daya yang subur atau dengan pemberian pakan optimal akan mengalami perkembangan gonad yang lebih cepat, dibandingkan dengan spesies yang sama yang hidup di perairan alami. Ikan-ikan yang hidup di perairan alami atau di perairan bebas harus bersaing untuk memperoleh makanan, dan dalam persaingan tersebut ikan membutuhkan energi. Berbeda dengan ikan yang dipelihara di dalam wadah budi daya yang tidak membutuhkan energi untuk memperoleh makanan, karena pasokan makanan diberikan secara teratur.

Ketersediaan makanan merupakan faktor penting dalam perkembangan gonad dan fekunditas. Semakin banyak tersedia makanan, pertumbuhan ikan akan semakin cepat dan fekunditas semakin tinggi (Wootton, 1973). Fekunditas cenderung meningkat dengan bertambahnya ukuran tubuh, serta dipengaruhi oleh jumlah makanan dan faktor lingkungan lainnya seperti suhu dan ketersediaan makanan (Effendie, 1997; Sitepu, 2006).

Karena itu, makanan dapat digunakan sebagai peubah dalam mempercepat pematangan gonad dan meningkatkan fekunditas ikan. Pemberian makanan yang bernutrisi tinggi, cukup, dan tepat waktu, dapat mempercepat pematangan gonad, peningkatan fekunditas, dan memperpendek siklus pemijahan.

Fekunditas ikan dapat dihitung dengan beberapa cara, yaitu metode jumlah atau menjumlah langsung, metode volumetrik, metode gravimetrik, metode gabungan (gravimetrik, volumetrik, dan hitung), dan metode von bayer (Effendie, 1979):

- (1) *Metode jumlah atau menjumlah langsung* merupakan metode yang paling teliti sebab perhitungan telur dilakukan satu persatu atau secara sensus. Tetapi metode ini hanya cocok diterapkan pada ikan-ikan yang mempunyai jumlah telur sedikit, seperti ikan arowana (*Scleropages formosus*) atau kuda laut (*Hippocampus* sp), atau pada ikan yang melahirkan. Apabila metode ini dilakukan pada ikan-ikan yang mempunyai jumlah telur yang banyak maka telur harus dikeluarkan dari ovarium, kemudian direndam dalam larutan formalin 10 % atau cairan gilson. Telur dibersihkan dari jaringan yang melekat kemudian dibiarkan kering diudara dan barulah dilakukan perhitungan.
- (2) *Metode volumetrik* dilakukan dengan mengukur volume seluruh telur dengan cara pemindahan air. Kemudian sebagian kecil jumlah telur tersebut diambil dan diukur volume dan jumlah telurnya. Fekunditas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$F = \frac{V}{v} \times n$$

Di mana: F = Fekunditas
 V = Volume jumlah seluruh telur
 v = Volume jumlah sebagian telur
 n = jumlah telur

- (3) *Metode gravimetrik* disebut metode berat. Cara melakukannya seperti metode volumetrik, hanya pengukuran volume diganti dengan berat. Rumusnya adalah:

$$F = \frac{W}{w} \times n$$

Dimana: F = Fekunditas
 W = Berat seluruh telur
 w = Berat sampel telur
 n = jumlah telur sampel

- (4) *Metode gabungan* (gravimetrik, volumetrik, dan hitung) digunakan untuk telur yang butirannya sangat kecil. Pada ikan-ikan yang telurnya berukuran sangat kecil sehingga cara gravimetrik masih sulit dan menyita waktu, maka dapat diterapkan metode gabungan. Dengan cara ini dapat menghemat waktu dari pada menggunakan cara volumetrik atau gravimetrik. Rumusnya adalah:

$$F = \frac{G \times V \times X}{Q}$$

Dimana: F = Fekunditas

G = Berat gonad (g)

V = Isi pengenceran (cc)

X = jumlah telur tiap cc

Q = Berat telur contoh (g)

- (5) *Metode Von Bayer* dilakukan dengan cara mengukur garis tengah (diameter) rata-rata telur dan mengukur volume telur keseluruhan, lalu dibandingkan dengan tabel Von Bayer (panjang telur dibagi dengan jumlah telur sama dengan diameter rata-rata telur). Diameter telur diukur dengan menggunakan alat seperti mistar yang berskala inci atau milimeter. Sejumlah telur dijejerkan sehingga membentuk panjang tertentu. Diameter rata-rata dari telur tersebut adalah panjang jajaran telur. Cara melakukan pengukuran ini diulang paling sedikit sebanyak tiga kali. Tabel Von Bayer (Lagler, 1966 dalam Effendie, 1979) disajikan pada Lampiran 3.[]

BAB VIII. PEMIJAHAN

Pemijahan adalah proses pengeluaran sel telur oleh induk betina dan sperma oleh induk jantan yang kemudian diikuti dengan pembuahan. Pemijahan sebagai salah satu fase dari reproduksi merupakan mata rantai siklus hidup yang menentukan kelangsungan hidup spesies. Penambahan populasi ikan bergantung pada kondisi tempat telur dan larva ikan yang kelak akan berkembang. Oleh karena itu, pemijahan menuntut keamanan bagi kelangsungan hidup larva/benih, tempat yang cocok, waktu yang tepat, dan kondisi yang menguntungkan. Berdasarkan hal ini pemijahan berdasarkan spesies ikan mempunyai kebiasaan yang berbeda tergantung pada habitat pemijahan itu untuk melangsungkan prosesnya. Dalam keadaan normal ikan melangsungkan pemijahan minimum satu kali dalam satu daur hidupnya seperti pada ikan salmon dan ikan sidat. Sesudah melakukan pemijahan, induk ikan tersebut mati karena kehabisan tenaga (Effendie, 1978; 1997).

Sebagian besar ikan melakukan pemijahan melalui mekanisme reproduksi seksual yaitu terjadi persatuan sel reproduksi organ seksual yang berupa telur dari ikan betina dan spermatozoa dari ikan jantan. Dari persatuan kedua macam sel tersebut akan terbentuk individu baru yang akan menambah besarnya populasi. Persatuan kedua macam sel seks tadi ada yang terjadi di dalam tubuh (pembuahan di dalam atau fertilisasi internal) dan ada pula yang di luar tubuh (fertilisasi eksternal). Ikan yang mengadakan fertilisasi internal mempunyai perlengkapan tubuh untuk memastikan berhasilnya fertilisasi tadi dengan organ khusus untuk keperluan ini. Organ tersebut biasanya terdapat ikan jantan saja, seperti clasper pada golongan ikan Elasmobranchia, pterygopad pada golongan ikan pari (ikan Elasmobranchia), gonopodium pada famili Poeciliidae, dan beberapa spesies lainnya. Ikan Elasmobranchia pada umumnya melakukan fertilisasi internal, sedangkan ikan teleostei yang telah diketahui melakukan hal ini adalah famili Poeciliidae, Goodidae, Yaninsiidae, dan Anablepidae (Effendie, 1978; 1997).

Setiap spesies ikan mempunyai fekunditas, perkembangan oosit, dan tipe pemijahan yang berbeda-beda, yang merupakan strategi reproduksi yang dipengaruhi oleh gen dan lingkungan. Karena itu, tiap spesies ikan memiliki strategi reproduksi yang berbeda-beda. Hal ini berhubungan dengan sistem pemijahan, jumlah pasangan, habitat, dan waktu pemijahan. Strategi reproduksi yang dilakukan oleh ikan bertujuan untuk memaksimalkan kelangsungan hidup dari keturunannya yang berhubungan dengan energi dan umur induk. Proses pemijahan adalah proses yang ditujukan kepada suatu spesies dalam bentuk tingkahlaku melakukan perkawinan atau pembuahan ovum oleh sperma. Secara umum pemijahan biota akuatik dibagi dalam beberapa tahapan yaitu proses *matting*, proses *spawning*, proses pasca *spawning*.

Berdasarkan pada perkembangan diameter telur maka ada beberapa tipe perkembangan oosit dan pemijahan pada ikan (Murua & Kraus, 2013 dalam Faizah, 2010), sebagai berikut:

- (1) Tipe perkembangan *synchronous*, semua oosit berkembang dan terevolusi pada saat yang sama. Biasanya terjadi pada ikan yang memijah satu kali kemudian mati, contohnya terjadi pada ikan salmon dan sidat. Frekuensi diameter oosit ditandai dengan kurva satu puncak (*single bell curve*).
- (2) Tipe perkembangan *group synchronous*, ditandai dengan adanya dua populasi oosit pada satu waktu. Satu populasi ukuran oositnya lebih besar dan homogen dan populasi yang kedua ukurannya lebih heterogen. Populasi telur dengan diameter yang terbesar akan diovolusi pada saat musim pemijahan, sedangkan populasi yang akan diovolusi pada musim pemijahan selanjutnya dalam rentang waktu yang cukup lama. Biasanya terjadi pada ikan yang musim pemijahannya pendek.
- (3) Tipe perkembangan *asynchronous*, oosit dari setiap tahap perkembangan dan berbagai ukuran diameter ada dalam telur dan tidak ditandai dengan populasi yang dominan. Ketika proses pematangan terjadi maka akan tampak adanya perbedaan ukuran diameter telur terutama telur tahap hidrasi dan pengumpulan kuning telur. Biasanya terjadi pada spesies ikan yang memiliki musim pemijahan relatif panjang/berlanjut dan proses pematangan dan ovulasi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan di perairan.

Hampir sama dengan yang dikemukakan oleh Murua & Kraus (2013), Wallace & Selman (1981) dalam Saborido-Ray (2003) mengemukakan tiga tipe pemijahan ikan berdasarkan dinamika pengaturan ovarium, sebagai berikut:

- (1) Sinkronous, yaitu seluruh oosit berkembang dan diovulasikan pada waktu yang sama. Ovari seperti ini dapat ditemukan pada ikan teleostei yang pemijahannya hanya sekali dan kemudian mati.
- (2) Sinkronous berkelompok, yaitu ikan yang memiliki dua populasi oosit. Oosit yang besar dikeluarkan pada musim pemijahan pertama dan selanjutnya oosit yang kecil akan dikeluarkan pada saat musim pemijahan berikutnya.
- (3) Asinkronous, yaitu kelompok ikan yang tidak memiliki populasi oosit yang dominan pada seluruh tahap perkembangan oosit.

A. PEMIJAHAN ALAMI DAN BUATAN

Di alam, ikan memijah mengikuti kebiasaan yang terjadi pada induknya. Tiap spesies mempunyai kebiasaan pemijahan berbeda tergantung pada habitat pemijahan itu untuk melangsungkan prosesnya. Ikan-ikan yang dipelihara secara terkontrol di wadah budi daya pun memijah secara alami sebagaimana induknya jika lingkungan budi daya sesuai dengan kondisi alami.

Ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), lele (*Clarias* sp), nilem (*Osteochillus hasselti*), gurami (*Osphronemus gouramy*), dan tawes (*Barbonymus gonionotus*) tergolong ikan yang mudah memijah secara alami di kolam. Ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) dapat memijah secara alami di kolam, namun baru memijah pada awal musim hujan dan tidak memijah di luar musim hujan. Ikan patin (*Pangasius* sp) bahkan tidak dapat memijah secara alami di kolam.

Ikan kerapu, seperti spesies kerapu bebek atau kerapu tikus (*Cromileptes altivelis*) dapat memijah secara alami di dalam bak. Namun ikan hanya dapat bertelur di saat gelap, ketika tidak ada bulan, yang biasanya berlangsung antara tanggal 25 hingga tanggal 5 bulan berikutnya (bulan Arab). Induk kerapu di dalam bak diberi rangsangan atau kejutan kondisi lingkungan dengan teknik penjemuran dan air mengalir (*running water system*). Metode penjemuran dilakukan dengan menurunkan permukaan air pada siang hari hingga sore hari sampai kedalaman air dalam bak hanya tersisa 40 - 50 cm. Pada petang hari, permukaan air dinaikkan dan air dialirkan sepanjang malam hingga memenuhi kapasitas bak. Perlakuan ini dilakukan setiap hari. Dengan cara itu, panas sinar matahari pada siang hari dapat mengenai tubuh ikan secara langsung, sehingga otak kecil terangsang untuk menghasilkan hormon-hormon pemijahan yang memacu pematangan kelamin. Perubahan suhu secara drastis 2 – 5 °C setiap hari juga akan berperan dalam merangsang produksi sel telur dan sperma. Biasanya 3-6 bulan setelah perlakuan tersebut, ikan mulai memijah.

Ikan-ikan yang tidak dapat memijah secara alami di kolam diduga karena lingkungan kolam yang tidak cocok. Karena itu, pada produksi benih dilakukan pemijahan buatan (*induced spawning*) atau pembenihan buatan (*induced breeding*), baik semi buatan maupun buatan. Berdasarkan sifatnya proses pemijahan dapat berlangsung secara alamiah dan buatan (Yudasmara, 2014):

- (1) Pemijahan alami adalah pemijahan yang dilakukan tanpa campur tangan manusia, yang secara alami ikan tersebut melakukannya. Pada umumnya ikan lebih suka memijah pada tempat gelap dan hangat. Banyak ikan yang memijah pada malam hari.
- (2) Pemijahan buatan adalah pemijahan yang dilakukan karena campur tangan manusia. Pemijahan buatan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu semi buatan dan buatan. Pada pemijahan semi buatan atau semi alami, induk ikan disuntik dengan kelenjar hipofisa (hipofisasi) atau hormon sintesis, kemudian ikan dibiarkan memijah secara alami di dalam kolam. Sedangkan pada pemijahan buatan, pembuahan telur oleh sperma dilakukan dengan bantuan manusia. Telur ikan dipaksa keluar dari tubuh ikan betina dengan teknik pemijatan/pengurutan atau *stripping* kemudian ditampung pada satu wadah. Lalu segera dilakukan pemijatan/pengurutan pada induk jantan untuk mengeluarkan sperma

secara paksa. Telur dan sperma kemudian disatukan dalam satu wadah lalu diaduk dengan alat lembut dan halus, seperti bulu ayam sehingga bercampur dan terjadi pembuahan.

Pemijahan alami sering disebut “tanpa campur tangan manusia”. Namun istilah “tanpa campur tangan manusia” hanya tepat pada saat ikan memijah, yaitu proses pengeluaran sel telur oleh induk betina dan sperma oleh induk jantan yang kemudian diikuti dengan pembuahan. Pada proses yang lain, banyak sekali campur tangan manusia untuk mempercepat pemijahan dan keberhasilan pemijahan, seperti seleksi induk, pemberian pakan, bahkan dengan pakan berhormon, dan manipulasi lingkungan untuk mempercepat pemijahan.

Beberapa spesies hanya matang gonad pada musim pemijahan, misalnya ikan patin (*Pangasius* sp) memijah pada musim hujan. Dengan demikian, pada musim penghujan mudah diperoleh induk yang matang gonad. Di luar musim hujan, juga ditemukan ikan patin yang matang gonad, namun tidak sebanyak pada musim hujan. Karena itu, untuk mendapatkan induk matang gonad perlu dilakukan pematangan gonad. Pematangan gonad umumnya dilakukan dengan pemberian pakan yang mengandung protein tinggi dan pemberian vitamin, serta pemberian hormon.

Dengan demikian, induk dipaksa untuk matang gonad dan memijah. Walaupun kemudian induk tersebut melakukan pemijahan secara alami, proses untuk sampai pada tahap pemijahan tidak terjadi secara alami sebagaimana di alam, melainkan karena campur tangan manusia.

Berdasarkan tekniknya, pemijahan ikan dapat dilakukan dengan 3 macam cara (Yudasmara, 2014), sebagai berikut:

- (1) Pemijahan ikan secara alami, yaitu pemijahan ikan tanpa campur tangan manusia. Terjadi secara alamiah (tanpa pemberian rangsangan hormon).
- (2) Pemijahan ikan semi intensif, yaitu pemijahan ikan yang terjadi dengan memberikan rangsangan hormon untuk mempercepat kematangan gonad, tetapi proses ovulasinya terjadi secara alamiah.
- (3) Pemijahan ikan secara intensif, yaitu memberikan rangsangan hormon untuk mempercepat kematangan gonad serta ovulasinya dilakukan secara buatan dengan teknik pemijatan/pengurutan atau *stripping*.

Karena pemijahan ikan dapat dilakukan secara terkontrol oleh campur tangan manusia, maka peningkatan populasi ikan di alam dapat dilakukan oleh manusia melalui restocking (*restocking*). Restocking adalah penebaran kembali biota ke suatu perairan untuk peningkatan stok (*stock enhancement*) maupun pelestarian biota tersebut.

Di negara-negara seperti Amerika Serikat, Jepang, RRC (Republik Rakyat China), dan negara-negara Eropa yang teknologi akuakulturnya sudah maju, telah mengintegrasikan kegiatan akuakultur dengan perikanan tangkap, yakni kegiatan restocking ikan di suatu perairan. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan stok ikan di perairan tersebut dalam rangka menaikkan pendapatan para pelaku perikanan tangkap (nelayan) dan pelestarian ikan tersebut. Kegiatan ini dilakukan secara reguler dan terus-menerus dengan menggunakan benih yang dihasilkan dari kegiatan akuakultur.

B. TEMPAT EMBRIO DAN PEMIJAHAN

Dalam kaitan dengan reproduksi dan pemijahan, ikan dapat digolongkan berdasarkan tempat embrio berkembang. Dalam hal ini terdapat dua golongan ikan, yakni golongan ovipar dan golongan vivipar. Golongan ikan ovipar adalah ikan yang embrionya berkembang di luar badan ovarium, sehingga telur dikeluarkan pada saat pemijahan. Golongan ikan vivipar adalah ikan yang embrionya berkembang dalam ovarium, sehingga embrio atau larva dikeluarkan pada saat pemijahan. Golongan kedua ini masih dipisahkan menjadi dua kelompok berdasarkan sumber makanan bagi embrio. Ikan vivipar yang

embrionya mengabsorpsi makanan dari kuning telur dimasukkan dalam kelompok lesitotrofik, sedangkan yang embrionya memperoleh makanan dari plasenta termasuk dalam kelompok matrotrofik (Rahardjo *et al*, 2011).

Sementara menurut Effendie (1978; 1997) bahwa, sehubungan dengan pemijahan, dikenal ada tiga macam ikan, yaitu vivipar, ovovivipar, dan ovipar. Ikan vivipar dan ovovivipar adalah ikan yang melahirkan anak-anaknya, sedangkan ikan ovipar adalah ikan yang mengeluarkan telur pada waktu terjadi pemijahan. Perbedaan antara ikan vivipar dengan ikan ovovivipar terletak pada perkembangan telur yang dikandung dan keadaan anak-anaknya pada waktu dilahirkan. Pada ikan vivipar, kuning telurnya sudah sangat tereduksi dan perkembangan awal dari anaknya terjadi di dalam tubuh induknya serta mendapat makanan dari induknya. Telur ikan dari kelompok ovovivipar, kuning telurnya lebih banyak dari telur ikan kelompok ovipar dan berperan sebagai makanan anaknya ketika berada di dalam tubuh induknya. Sedangkan ikan ovipar kandungan kuning telurnya yang banyak diperuntukkan pada anak ikan di luar tubuhnya (Tang & Affandi, 2017).

Ikan vivipar dan ovovivipar biasanya berfekunditas kecil dan keturunannya mendapat semacam jaminan atau keyakinan dari induk untuk dapat melangsungkan awal hidupnya dengan aman. Sedangkan pada ikan ovipar biasanya berfekunditas besar atau jumlah telur yang dikeluarkannya besar disebabkan untuk mengimbangi tekanan keadaan sekelilingnya dari hal yang tidak lazim terutama dari serangan predator. Hal ini menunjukkan bahwa ikan vivipar dan ovovivipar situasinya lebih moderen dari pada ikan ovipar dalam mempertahankan eksistensi spesies. Dalam proses biologi yaitu pada waktu terjadi pemijahan, ikan ovipar lebih banyak mengeluarkan energi dari pada ikan vivipar dan ovovivipar.

1. Ikan Ovipar

Golongan ikan ovipar adalah ikan yang mengeluarkan telur pada saat pemijahan. Sebagian besar jenis ikan termasuk golongan ikan ini. Telur yang dikeluarkan dari tubuh induk dibuahi oleh ikan jantan dengan berbagai macam cara. Semua tingkah laku yang dilakukan oleh ikan tersebut pada waktu pemijahan bertujuan agar semua telur yang dikeluarkan dapat dibuahi dengan baik. Banyak jenis ikan berpijah secara bersama-sama dan tanpa berpasangan. Sejumlah ikan jantan dan betina mengeluarkan sperma dan telur secara bersama dalam suatu lingkungan yang cocok. Ikan kembung merupakan contoh jenis ikan yang melakukan pemijahan bersama di laut terbuka. Jumlah telurnya banyak dan dibiarkan hanyut dalam perairan terbuka, terbawa, dan terapung oleh turbulensi suatu arus, kemudian menempel pada substrat atau menempel pada tumbuhan. Pemijahan sering terjadi sesudah ikan beruaya ke tempat yang cocok, meskipun sering melawan arus yang selanjutnya akan membawa telur dan larva kembali ke daerah pengasuhan (*nursery area*) (Rahardjo *et al*, 2011). Ikan kerapu walaupun hidup soliter, akan tetapi pada saat akan memijah akan bergerombol (Gassing, 2015). Beberapa ikan beruaya ke pantai termasuk kelompok anadromus seperti shad (*Alosa* sp) (Bond, 1979).

Berpasangan merupakan hal yang umum pada pada jenis ikan, misalnya ikan tuna yang memijah di perairan bebas atau di bagian dasar perairan. Beberapa spesies lain berpasangan untuk memijah setelah satu dari pasangan tersebut atau keduanya menyiapkan tempat untuk meletakkan telur. Ikan mujair jantan membuat lubang di dasar perairan dan kemudian menarik betina untuk memijah di situ. Telur yang dibuahi disimpan dan dierami oleh induk betina di rongga mulutnya. Anak ikan yang sudah menetas untuk masih di jaga dan diasuh oleh induk betina (Rahardjo *et al*, 2011).

Ikan-ikan ovipar juga ada yang memperhatikan keturunannya, baik dengan membuat sarang untuk keperluan ini atau dengan cara menyimpan dan melindungi keturunannya pada tempat-tempat tertentu pada tubuh induk jantan atau betina atau pada tempat lain. Golongan ikan ovipar yang demikian biasanya berfekunditas tidak besar. Sebaliknya ikan yang tidak memerhatikan keturunannya umumnya berfekunditas besar, namun mortalitasnya besar pula (Effendie, 1978; 1997).

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan mujair (*O. mossambicus*) adalah ikan ovipar yang membuat sarang pemijahan di dasar perairan. Induk jantan membuat sarang berbentuk cekungan di dasar perairan yang diameternya sekitar 30-50 cm. Kemudian, induk jantan “menjemput” (menggiring) induk betina pasangannya masuk ke dalam sarang tadi. Induk betina akan mengeluarkan telur dan pada saat yang sama induk jantan mengeluarkan sperma. Pembuahan terjadi di dasar sarang, kemudian induk betina mengerami telur dalam mulut selama 6-7 hari. Sekali memijah seekor induk betina mengerluarkan telur sebanyak 250-1.500 butir.

Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) membuat sarang pemijahan dari potongan-potongan rumput, tumbuh-tumbuhan air, atau serabut-serabut lain yang ada di sekitarnya. Sarang ikan gurami berukuran 30-38 cm, diletakkan tersembunyi di antara rerumputan atau tanaman air sekitar 30 cm di bawah permukaan air dengan pintu yang menghadap ke atas. Sarang pemijahan dibuat oleh induk jantan yang membutuhkan waktu sekitar 7 hari. Seekor induk gurami menghasilkan telur sebanyak 2.000 – 10.000 butir.

Belut (*Monopterus albus*) jantan membuat sarang pemijahan berupa lubang berbentuk “U” di bagian yang dangkal serta menyusun busa (buih) yang dikeluarkannya di depan salah satu ujung sarangnya dan menunggu kedatangan induk betina. Busa ini diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Belut betina akan mengeluarkan telur dan akan dibuahi oleh jantan. Setelah terjadi pembuahan, telur belut yang mengapung di bawah busa dan di sekitar lubang perkawinan, segera dicakup oleh mulut belut jantan untuk disemburkan ke dalam lubang. Yang bertugas menjaga telur hingga menetas adalah induk jantan. Selama bertugas menjaga telur, larva, dan anakan, induk jantan sangat galak dan menyerang apa saja yang mendekat. Anak-anak belut yang baru menetas masih diasuh oleh induknya sampai kira-kira berumur 2 minggu. Setelah itu, baru anak-anak belut meninggalkan sarang untuk mencari makan dan membuat lubang sendiri.

Pada kuda laut (*Hippocampus* sp), ikan jantan yang mengerami dan “melahirkan” anak-anaknya. Karena itu, pada kuda laut jantan mempunyai kantung pengeraman yang disebut *brood pouch*, yang terdapat pada perutnya. Ketika hendak melakukan perkawinan, kuda laut jantan akan melilitkan ekornya pada betina sehingga terlihat jantan dan betina saling melilitkan ekornya. Selanjutnya telur-telur kuda laut betina dimasukkan ke dalam kantong kuda laut jantan. Telur di dalam kantong ini kemudian dibuahi oleh jantan dan disimpan atau dierami di dalam kantong. Begitu telur dibuahi, lapisan di dalam kantong berubah menjadi semacam spons yang dipenuhi pembuluh darah untuk memberi makan telur. Pengeraman telur di dalam kantong induk jantan berlangsung antara 10-15 hari. Kuda laut tergolong ikan ovipar berfekunditas kecil. Seekor induk jantan dapat menghasilkan juwana sebanyak 200-1.000 ekor anak kuda laut. Dengan demikian, fekunditas kuda laut hanya sekitar itu.

Salah satu ikan ovipar yang berfekunditas sangat kecil adalah ikan arowana (*Scleropages formosus*). Rata-rata telur yang dihasilkan oleh induk arowana betina berkisar antara 20-55 butir per tahun. Ikan arowana adalah ikan dimana induk jantan (*mouthbrooder* dan *mouthbreeder*) yang mengerami telur di dalam mulutnya (kantong telur).

Sebagian besar ikan ovipar mempunyai waktu pemijahan tertentu yang dilakukan tiap tahun secara teratur. Di daerah bermusim empat, pada tiap-tiap musim ada ikan ovipar yang memijah, masing-masing melakukannya satu kali satu tahun. Golongan ikan yang memijah pada waktu musim semi akan memijah lagi tahun-tahun berikutnya pada musim yang sama. Demikian pula ikan yang memijah pada musim yang lainnya. Bagi ikan yang hidup di daerah tropik seperti Indonesia, saat pemijahan ikan sangat bervariasi. Tetapi banyak pula ikan tropik yang berpijahnya pada musim tertentu. Umumnya jadwal pemijahan pada ikan berhubungan dengan penyesuaian terhadap keadaan yang menguntungkan terutama yang

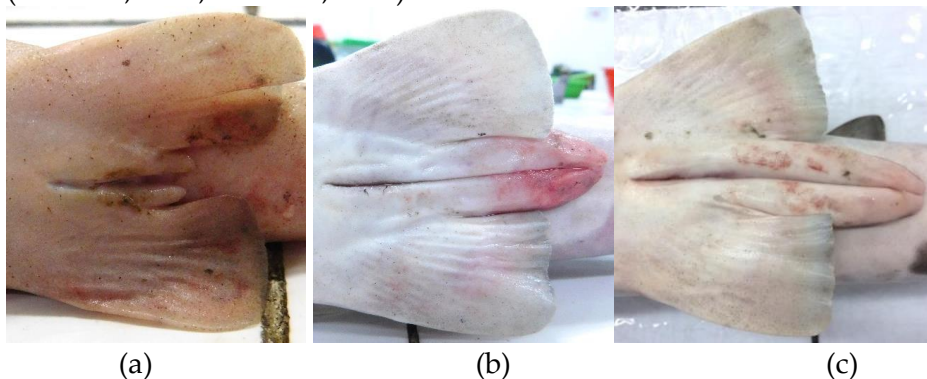
berhubungan dengan persediaan makanan bagi anak-anaknya apabila anak ikan tadi mulai makan makanan yang diambil dari luar setelah persediaan kuning telurnya habis (Effendie, 1978; 1997).

2. Ikan Vivipar

Vivipar atau viviparitas (*viviparity*) adalah reproduksi dimana embrio yang berkembang mendapatkan makanan melalui plasenta atau dengan cara lain (Martin, 2012). Golongan ikan vivipar adalah ikan yang embrionya berkembang dalam ovarium, sehingga embrio atau larva dikeluarkan pada saat pemijahan. Berangkat dari pengertian ini, dapat dikatakan ikan vivipar melahirkan anak dalam pola reproduksinya. Anak ikan yang dilahirkan hampir menyerupai individu dewasa. Golongan ikan ini umumnya berfekunditas kecil dan keturunannya mendapat semacam jaminan dari induk untuk dapat melangsungkan hidup awal dengan aman. Hal ini yang membedakan ikan vivipar dari golongan ikan ovipar yang fekunditasnya besar dengan tujuan untuk mengimbangi keadaan sekelilingnya, terutama dari serangan predator. Kondisi demikian menunjukkan bahwa ikan vivipar lebih moderen (maju) dari pada ikan ovipar dalam hal mempertahankan eksistensi spesies (Rahardjo *et al*, 2011).

Pola viviparitas ini memberikan beberapa keunggulan bagi keberlanjutan populasi (Bond, 1979). *Pertama*, viviparitas merupakan suatu bentuk perlindungan. Telur dan embrio terlindung dari serangan pemangsa kecuali jumlahnya terlalu besar untuk dikandung oleh induknya. Selain itu telur dan embrio juga terlindung dari kondisi air yang membahayakan seperti anoksia, arus yang sangat deras, dan suhu tinggi. *Kedua*, viviparitas adalah penghematan energi. Tidak diperlukan perjalanan panjang ruaya yang harus ditempuh ikan untuk memastikan suatu area pemijahan yang nyaman bagi anak-anaknya. Pembuatan sarang juga tidak diperlukan. Telur dalam jumlah yang besar tidak perlu dihasilkan, sebab telur yang mubazzir karena tidak terbuahi sangat sedikit. *Ketiga*, viviparitas merupakan salah satu keunggulan dalam dispersi spesies, sebab seekor betina tunggal yang mengandung dapat memenuhi suatu ruang persebaran. Serupa juga, sintasan seekor betina yang hamil sesudah bencana dapat melanjutkan sintasan spesies (Rahardjo *et al*, 2011).

Telur ikan vivipar mempunyai kuning telur yang sudah sangat tereduksi dan pada perkembangan awal hidup anaknya di dalam tubuh induk mendapat makanan dari induk. Pemijahan ikan vivipar tidak selamanya diikuti oleh pembuahan dan perkembangan hasil persatuan telur dengan sperma di dalam tubuh induk betina. Untuk berhasilnya pembuahan pada golongan ikan ini, maka ikan ini mempunyai alat pembantu yaitu bagian sirip dubur yang telah berubah bentuknya atau *genital papilla* yang membesar yang dinamakan "pseudopenis". Tetapi sebaliknya pada ikan *Apogon imberis* *urogenenital papilla*-nya pada ikan betina dapat ditonjolkan dan disentuh untuk menerima sperma dari ikan jantan. Pada ikan *Orthonopias tiacis* oviductnya dapat ditonjolkan untuk menerima sperma pada waktu berlangsungnya kopulasi (Effendie, 1978; Effendie, 1997).



Gambar 27. Tingkatan kematangan kelamin berdasarkan keadaan klasper; *not calcified*, NC (a), *not full calcified*, NFC (b), dan *full calcified*, FC (c) hiu *Chilloscyllum punctatum* (Fitriya *et al.*, 2017).

Fertilisasi ikan vivipar dilakukan secara internal; tidak eksternal seperti umumnya pada kelompok ovipar. Berkenaan dengan hal tersebut fertilisasi memerlukan modifikasi perilaku dan pengembangan alat

penyalur spermatozoa ke dalam lubang genital ikan betina. Famili Poeciliidae mengembangkan alat yang dinamakan spermatofora (Bond, 1979). Ikan hiu atau cucut mengembangkan alat klasper yang merupakan modifikasi sirip ventral. Untuk mengetahui tingkat kematangan kelamin ikan hiu jantan dapat dilakukan dengan membandingkan ukuran klasper dengan ukuran panjang badannya. Kematangan kelamin ikan hiu jantan biasanya ditandai dengan mengerasnya klasper karena terjadi pengapuran pada alat kelamin tersebut. Pembuahan pada ikan hiu terjadi secara internal, dimana hiu jantan mengeluarkan spermatozoa melalui klasper. Klasper yang berisi spermatozoa dimasukkan ke dalam lubang alat kelamin betina menuju kantong telur, dalam kantong telur sperma dikeluarkan sehingga terjadi pertemuan antara sperma dan telur, maka terjadi pembuahan (FAO, 1984). Tingkat kematangan hiu jantan dilihat dari perubahan klasper (Dharmadi & Fahmi, 2007) yaitu: (a) Klasper yang belum mengandung kapur (*not calcified*, NC). Pada tingkatan ini ukuran klasper relatif kecil dan terasa lunak saat ditekan; (b) Klasper yang sebagian mengandung zat kapur (*not full calcified*, NFC). Ukuran klasper sedang dan belum mengeras penuh; dan (c) Klasper yang penuh berisi atau mengandung zat kapur (*full calcified*, FC). Seluruh bagian klasper dalam kondisi mengeras dan berukuran lebih besar.

Hasil fertilisasi internal ikan vivipar ketika anaknya dilahirkan ialah individu ikan yang telah hampir sempurna seperti induk dan untuk mengawali hidup di dalam perairan tidak lagi bergantung pada induk melainkan pada usaha sendiri. Dengan kata lain, induknya tidak lagi memberi perbekalan kepada anaknya setelah anak itu dilahirkan. Anak ikan vivipar pada waktu di dalam kandungan induk mendapat makanan dan mengeluarkan kotorannya melalui semacam plasenta yang banyak mempunyai vili atau trophomenata dan dilengkapi oleh pembuluh darah kapiler. Lain halnya dengan golongan mamalia, ikan vivipar masa mengandungnya dapat berubah-ubah. Karena ikan itu poikilothermal maka apabila suhu perairan itu semakin bertambah dari pada biasanya, masa kandungan ikan dapat menjadi semakin pendek, atau sebaliknya. Sedangkan anak ikan yang dapat dikandung oleh induknya bergantung kepada besarnya induk. Semakin besar induk ikan semakin banyak anak ikan yang dapat dikandungnya. Akan tetapi pada ikan vivipar yang dapat mengandung anak banyak sekali, biasanya anak-anak yang dilahirkannya tidak sepenuhnya seperti induk melainkan dalam bentuk larva (Effendie, 1978; 1997). Sementara Rahardjo *et al* (2011) menyatakan bahwa lama anak dalam kandungan dapat berubah-ubah bergantung pada kondisi lingkungannya. Suhu yang lebih tinggi daripada yang biasanya dapat menyebabkan masa mengandung menjadi semakin pendek atau sebaliknya. Jumlah anak ikan yang dikandung oleh induknya bergantung kepada besar kecil induk. Semakin besar induk ikan akan semakin banyak pula jumlah anak yang dapat dikandung.

Umumnya ikan bertulang rawan (cucut/hiu dan pari) merupakan golongan ikan vivipar. Meskipun demikian beberapa ikan bertulang sejati misalnya Poeciliidae, Goodidae, Yaminsiidae, dan Anablepidae dapat dikategorikan melahirkan anak.

Golongan ikan vivipar dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasarkan sumber makanan bagi embrio. Ikan vivipar yang embrionya mengabsorbsi makanan dari kuning telur dimasukkan dalam kelompok lesitotrofik, sedangkan yang embrionya memperoleh makanan dari plasenta termasuk dalam kelompok matrotrofik.

a. Matrotrofik. Pada golongan ini, perkembangan embrio ditentukan oleh hubungannya dengan plasenta pada tahap awal untuk mencukupi kebutuhan makanannya; juga termasuk formasi pseudoplasenta. Pada spesies ikan yang nonplasenta, perkembangan anakan mendapat makanan dari kuning telur untuk beberapa waktu, dan selanjutnya kuning telur mendapat tambahan (suplemen) dari sekresi (susu uterin) induk. Tambahan tersebut pada sebagian kecil spesies dapat berasal dari telur dan embrio yang mati. Pada beberapa spesies Elasmobranchii sekresi nutritif diambil melalui mulut atau spirakel. Pada yang lain, villi (trofonemata) yang mensekresikan cairan nutritif memanjang melewati spirakel embrio menuju ke saluran pencernaan (Bond, 1979). Di antara ikan Teleostei yang matrotrofik struktur

tambahan yang dikembangkan berfungsi sebagai perluasan permukaan serapan, perluasan kantung perikardial pada sebagian Poeciliidae.

- b. Lesitotrofik. Ikan lesitotrofik merupakan golongan ikan yang juga melahirkan anak seperti halnya ikan matrotrofik, namun anak yang dikandung selama perkembangannya mendapat makanan dari persediaan kuning telur yang non-plasental. Induk hanya memberikan perlindungan kepada perkembangan telur tadi. Banyak anggota *rockfish* (Scorpaenidae) yang termasuk kelompok lesitotrofik melepaskan larva yang baru menetas. Tidak ada bagian tertentu ovarium yang dikembangkan sebagai tempat telur berada selama masa pengeraman (Bond, 1977). Pada ikan Poeciliidae anakan tinggal sampai tahap juvenil tercapai, baru dilahirkan. Anakan tinggal pada folikel ovarium serta dibekali kuning telur dalam jumlah yang cukup untuk berkembang. Pada ikan *Gambusia* dan *Xipophorus* kantung perikardial meluas menjadi struktur mirip kerudung yang berlipat di atas kepala, yang berfungsi sebagai alat respirasi. Banyak anggota Elasmobranchii menyimpan kapsul telur dalam oviduk (*oviduct*) sampai anakan berkembang sempurna. Pada *sawfish* dan *guitarfish* kapsul tersebut berisikan dua sampai empat telur. Pada beberapa anggota lain Elasmobranchii (*Acanthias* dan *Squalus*) kapsul telur tidak berkembang baik, dan anakan dengan kantung kuning telur berada pada bagian uterus dan oviduk (Bond, 1977).

3. Ikan Ovovivipar

Ovovivipar atau ovoviviparitas (*ovoviviparity*) adalah reproduksi dimana telur yang dibuahi berkembang dan menetas di dalam oviduk induknya. Dengan demikian, ovovivipar berbeda dengan vivipar dimana embrio yang berkembang mendapatkan makanan melalui plasenta atau cara lain (Martin, 2012). Sementara menurut Effendie (1978; 1997) perbedaan antara ikan vivipar dengan ikan ovovivipar terletak pada perkembangan telur yang dikandung dan keadaan anak-anaknya pada waktu dilahirkan. Spesies ikan ovovivipar jumlahnya jauh lebih banyak dari pada ikan vivipar.

Telur ikan ovovivipar mempunyai kuning telur lebih banyak yang berguna untuk makanan anaknya ketika berada di dalam tubuh induknya, dimana dalam hal ini ada sebagian dari induk tadi hanya sebagai pelindung saja. Perkembangan anak di dalam kandungannya mendapat makanan dari persediaan kuning telur yang tersedia dan pada golongan ikan ini keadaannya nonplasental. Dengan demikian, golongan ini dapat dikategorikan sebagai ikan vivipar-lesitotrofik.

Namun, menurut Hoar (1969) dalam Effendie (1978; 1997) pada golongan Elasmobranchii yang vivipar terdapat pula yang keadaannya nonplasental. Hal demikian pada golongan ikan Elasmobranchii merupakan contoh yang lengkap kontribusi makanan dari induk terhadap keturunannya mulai dari keadaan yang tidak ada pemberian makanan dari induk sampai kepada yang bentuknya kompleks. Pada Elasmobranchii betina, ovari dan oviduknya tidak semua berpasangan. Misalnya pada ikan *Urolophus halleri*, ovari dan oviduk bagian kanannya mengerut dan tidak berfungsi. Ikan *Trygon bleekeri* tidak mempunyai ovari dan oviduk yang sebelah kanan. Tetapi pada golongan ikan hiu atau cucut terdapat tanda-tanda bahwa ovari dan oviduk sebelah kiri yang tidak berfungsi.

Pada ikan *Urolophus halleri* setelah terjadi ovulasi, telurnya bergerak ke bagian depan yaitu kira-kira di daerah oesophagus dan kemudian masuk ke dalam corong oviduk. Tempat terjadinya pembuahan telur ini ialah di tempat oviduk yang biasanya mengeluarkan kelenjar untuk kulit telur. Ikan betinanya dapat menyimpan sperma dalam oviduknya sampai tiga bulan setelah terjadinya kopulasi. Sperma tadi tidak langsung membuahi telur. Pembuahan telur tadi dilakukannya oleh sperma yang telah disimpan. Jadi kopulasi di sini berlaku sebagai pengiriman sperma saja kepada ikan betina (Effendie, 1978; 1997).

Telur pada ikan ovovivipar mengandung material organik 20-40 % lebih banyak dari pada anak-anak ikan yang dilahirkan. Mungkin karena hal ini induk hanya memberikan perlindungan saja kepada

perkembangan telur tadi. Tetapi ada juga ikan ovovivipar yang mempunyai telur dimana kandungan material organikny sedikit. Untuk perkembangannya tadi anak ikan mendapat keperluan material untuk pertumbuhannya dari induk walaupun tanpa melalui organ semacam plasenta tetapi melalui semacam penyerapan zat-zat yang dikeluarkan oleh uterus. Zat makanan tadi dinamakan “susu uterin” atau embriotrophe. Pada embrio ikan *Squalus acanthias* terdapat dua macam kantung kuning telur yaitu kantung yang di luar tubuh dan kantung yang di dalam tubuh. Kantung kuning telur di dalam tubuh itu sebagai hasil perkembangan batang kantung kuning telur bagian luar yang tumbuh bagian dalam. Butir-butir kuning telur dari kantung yang luar bergerak ke bagian kantung yang dalam terus ke usus untuk dicerna. Pada ikan *Torpedo* embrionya selain mengambil material organik dari kantung telur yang kemudian terus dicerna oleh usus, juga embrio ini mendapat susu uterin melalui mulut dan *spiracle*-nya dimana zat-zat tadi akan dicerna di dalam lambung (Effendie, 1978; 1997).

Ikan *Mustelus canis* dan *Sphyrna tiburo* sebenarnya ikan vivipar, akan tetapi pada permulaan perkembangan telurnya seperti ikan ovovivipar untuk beberapa bulan. Telur yang mengandung banyak kuning telur merupakan makanan untuk perkembangan embrio tadi sebelum terbentuknya semacam plasenta. Masing-masing telur membentuk jaringan luar dari kuning telur sehingga akhirnya seperti masing-masing berada dalam ruangan terpisah. Kemudian dari uterus juga tumbuh jaringan yang akhirnya akan saling menjalin dengan jaringan yang berasal dari telur sehingga terbentuk semacam plasenta. Batang kuning telur yang akan menempel kepada semacam plasenta tadi, dimana embrio kemudian akan menerima makanannya dari induk (Effendie, 1978).

Pada ikan dari famili Scorpaenidae telah ditemukan banyak sperma yang menempel pada lapisan epitel folikel yang masak, tetapi sperma itu tidak pernah didapatkan di dalam folikel. Pembuahan pada golongan ikan ini terjadinya setelah kopulasi yaitu oleh sperma yang telah ada di dalam tubuh ikan betina. Pada beberapa ikan dari famili Embiotocidae setelah terjadi kopulasi sperma yang masuk ke dalam tubuh ikan betina apabila tidak membuahi telur masih dapat hidup sampai enam bulan kemudian. Sperma ini akan membuahi telur yang masih berada di dalam folikel. Telur yang telah dibuahi ini ketika masuk ke dalam ovarium sudah mencapai tahap segmentasi awal dan berada di situ selama 10-12 bulan sehingga mencapai tahap perkembangan yang lebih lanjut (Effendie, 1978).

C. DAUR PEMIJAHAN

Berapa kali ikan memijah selama hidupnya, sulit untuk dinyatakan secara pasti. Ikan yang memijah beberapa kali dalam hidupnya dikenal sebagai ikan iteroparous (*itero* = berulang; *parous* = melahirkan), sedangkan ikan yang hanya sekali memijah selama hidupnya kemudian mati dikenal sebagai ikan semelparous.

Sebagian besar ikan melakukan pemijahan beberapa kali dalam masa hidupnya atau ikan iteroparous. Kelompok ikan iteroparous ada yang memijah setahun sekali. Namun di antara kelompok ini ada juga yang pemijahannya berulang lebih dari satu kali dalam setiap tahun, misalnya ikan mujair (*Oreochromis mossambica*). Bahkan ikan *Lebistes* memijah pada setiap interval empat minggu (Lagler *et al.*, 1977). Beberapa spesies ikan seperti sidat (*Anguilla*) dan salmon pasifik (*Onchorhynchus*), yang melakukan pemijahan hanya sekali dalam masa hidupnya dan kemudian mati setelah memijah atau ikan kelompok ikan smelparous. Ikan salmon menetas di perairan tawar, kemudian beruaya ke laut untuk periode sekitar 4 tahun, dan kemudian kembali ke perairan tempat dimana dulu ditetaskan untuk memijah dan mati (Rahardjo *et al.*, 2011).

Sementara itu Lowe McConnel (1991) mengemukakan empat pola atau daur pemijahan ikan sebagai berikut:

- (1) Tipe *big bang spawner*, yaitu ikan yang memijah hanya sekali seumur hidupnya dan kemudian mati. Contohnya pada *Anguilla* dan *Salmon*.

- (2) Tipe *total spawner*, yaitu ikan yang memijahkan telurnya sekaligus pada satu kali musim pemijahan. Contohnya pada kebanyakan Characoidae, Cyprinidae, dan beberapa Siluridae.
- (3) Tipe *partial spawner*, yaitu ikan yang memijahkan telurnya tidak sekaligus dalam satu musim pemijahan. Contohnya pada beberapa Cyprinidae, Characoidae, Siluridae, dan Anabantoidae.
- (4) Tipe *small brood spawner*, yaitu ikan yang mempunyai fekunditas kecil dan telur dipijahkan sekaligus pada satu musim pemijahan. Contohnya pada kebanyakan Cichilidae dan Poecilidae.

Setiap jenis ikan memiliki daur pemijahan tersendiri, pemijahan jenis yang periodik sehingga dapat dibedakan menjadi empat macam pola pemijahan (Yudasmara, 2014), sebagai berikut:

- (1) Tipe A. Pemijahan hanya berlangsung satu kali dalam satu tahun dalam waktu yang pendek. Kelompok telur yang matang dalam ovarium dapat dibedakan dengan kelompok telur stok. Pemijahan ini ditemukan pada ikan-ikan *Therapon jarbua*, *Macrones vittatus*, dan *Chirocentrus dorab*.
- (2) Tipe B. Pemijahan berlangsung satu tahun satu kali tetapi dalam waktu yang lama, lebih lama dari tipe pemijahan A. Pemijahan tipe ini ditemukan pada ikan *Palates quadrilineatus*, *Cypsilurus oligolepis*. Kadang-kadang ada dua kelompok telur yang sama tahap kematangannya.
- (3) Tipe C. Pemijahan berlangsung dua tahun sekali. Pemijahan macam ini ditemukan pada ikan-ikan *Psammoperca waigiensis*, *Therapon puta*, dan *Caranx leptolepis*. Di samping kelompok telur yang sudah matang didapatkan kelompok kedua dengan pembentukan kuning telur telah jelas menunjukkan sedang menjadi matang.
- (4) Tipe D. Pemijahan sepanjang tahun, tapi terputus-putus, seperti terdapat pada ikan *Stelophorus indicus*. Telur matang didapatkan lebih dari satu kelompok yang mungkin berbeda satu dengan kelompok lainnya tapi memperlihatkan proses berkesinambungan.

Sebagian besar ikan mempunyai musim pemijahan yang pasti. Ikan-ikan di daerah bermusim empat umumnya memijah pada musim semi atau musim panas. Ikan-ikan di daerah tropik memijah sepanjang tahun, namun sebagian memijah pada awal musim penghujan terutama ikan penghuni sungai (Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) mulai memijah di awal musim hujan yaitu pada bulan Oktober-November. Selama musim hujan, jelawat mampu memijah 2-3 kali pemijahan. Ketika hujan dan air hujan menggenangi daerah sekitarnya, maka jelawat mulai melakukan pemijahan. Ikan-ikan yang matang gonad beruaya ke muara sungai dan melakukan pemijahan pagi hari diiringi rintikan air hujan. Ikan betok (*Anabas testudineus*) juga memijah pada awal musim hujan di daerah-daerah yang kering pada saat kemarau dan kemudian digenangi pada musim hujan. Ikan gabus atau gapo (*Channa striata*) memijah dua kali setahun, yaitu pada November-Desember atau dimulai dari awal musim hujan dan selama musim hujan, dan pada bulan Mei-Juli, yang biasanya juga masih ada hujan.

Lagler *et al.* (1977) dalam (Rahardjo *et al.*, 2011) melukiskan satu contoh ikan yang menakjubkan karena sangat tepat waktu dalam pemijahan, yaitu ikan grunion (*Leuresthes tenuis*) di pantai California. Grunion memijah tepat sesudah pasang naik tertinggi pada suatu waktu tertentu setiap tahun. Ikan ini memijah di bagian luar tepi air ke arah darat sejauh mungkin dari pantai ketika ombak terbesar membawanya bersama dengan pasang naik tertinggi. Ikan grunion menyimpan telur dan sperma di lubang di pasir yang basah pada kedudukan yang menjadikan tidak tercuci oleh ombak sampai dua minggu atau sebulan kemudian pada saat pasang naik tertinggi berikutnya datang, pada ketika itulah ombak datang lagi ke pantai dan memukul lubang tempat sarang anak grunion dan mengaduknya. Anakan sebagian besar menetas dan segera meninggalkan sarang menuju laut bersama ombak tadi sebelum pasang surut.

Ikan kerapu bersifat soliter tetapi pada saat akan memijah bergerombol. Di perairan Indo Pasifik puncak pemijahan berlangsung beberapa hari sebelum bulan purnama pada malam hari. Dari hasil pengamatan di wilayah Indonesia, musim-musim pemijahan ikan kerapu terjadi pada bulan Juni-September dan November-Februari terutama di perairan Kepulauan Riau, Karimunjawa, dan Papua (Gassing, 2013).

D. SISTEM PEMIJAHAN

Yang dimaksud dengan sistem pemijahan di sini adalah jumlah pasangan yang terlibat dalam perkawinan pada satu musim pemijahan. Dalam sistem pemijahan terdapat tiga kategori, yakni *promiscuous*, poligami, dan monogami (Rahardjo *et al.*, 2011). Ikan *promiscuous* tidak melakukan kawin dengan pasangan tertentu, melainkan kawin campur di antara ikan dengan banyak pasangan. Beberapa ikan termasuk dalam kelompok ini antara lain Clupeidae, Poeciliidae, Serranidae, Pomacentridae, dan Labridae (Helfman *et al.*, 1997). Perkawinan *promiscuous* atau kawin campur ini juga disebut sebagai perkawinan yang dilakukan secara berkelompok (*mating group*).

Sebagai contoh adalah ikan kerapu (*Cromileptes*, *Epinephelus*, *Plectropomus*). Ikan kerapu bersifat soliter dan ada yang membentuk gerombolan kecil, tetapi pada saat akan memijah bergerombol sehingga melakukan kawin campur di antara banyak pasangan. Kebiasaan memijah bergerombol ini ditiru dalam pemijahan ikan kerapu secara alami di bak terkontrol. Dalam pemijahan alami peluang keberhasilan pemijahan secara berkelompok lebih besar daripada hanya satu pasang setiap bak.

Pada sistem poligami, satu individu dari satu jenis kelamin mengawini banyak individu dari jenis kelamin lain. Poligami dapat mewujudkan dalam bentuk poliandri, yaitu satu individu betina kawin dengan banyak individu jantan, atau poligini yakni satu individu jantan kawin dengan banyak individu betina. Poliandri relatif bukan hal yang umum, hanya anemonefish (Pomacentridae). Termasuk poliandri ialah ikan *Ceratias*, yang pada tubuh betina menempel lebih dari satu jantan. Poligini merupakan bentuk yang paling umum. Poligini juga dapat berkembang menjadi formasi harem. Pada formasi ini, ikan jantan memiliki dan mengawal beberapa betina. Harem banyak ditemukan di antara ikan-ikan karang, seperti *tilefishes*, *damselfishes*, *parrotfishes*, dan *surgeonfishes* (Helfman *et al.*, 1997).

Pada sistem pemijahan poligini dan poliandri terjadi pada ikan hermaphrodit, baik hermaphrodit protogini maupun protandri. Pada ikan badut (*Amphiprion*) yang hermaphrodit protandri, atau berubah kelamin dari jantan menjadi betina, dimana perubahan kelamin jantan menjadi betina ini tidak sekaligus pada satu koloni ikan badut. Dalam satu koloni hanya ada satu jantan yang berubah menjadi betina sekaligus menjadi pemimpin dalam koloni tersebut. Jika ikan betina tersebut meninggalkan koloni karena mati, akan ada pejantan lain yang berubah menjadi betina untuk menggantikan posisinya.

Belut (*Monopterus albus/Fluta alba*) tergolong hermaphrodit protogini, yaitu berubah kelamin dari betina menjadi jantan. Pada pemijahan, induk belut betina mendatangi sarang pemijahan yang dibuat belut jantan. Belut betina akan mengeluarkan telur dan akan dibuahi oleh jantan, kemudian belut betina pergi mencari sarang jantan yang lain. Belut betina mendatangi beberapa sarang belut jantan hingga telurnya habis. Sementara itu, seekor belut jantan juga didatangi oleh beberapa ekor belut betina. Dengan demikian, pada saat pemijahan belut, induk belut jantan menjadi induk yang poligini, sedangkan induk betina menjadi induk yang poliandri.

Monogami adalah satu perkawinan antara satu individu jantan dan satu individu betina dan pasangan ini bersifat tetap tidak berganti-ganti. Sistem monogami banyak ditemukan pada *butterflyfishes* yang berpasangan bersama selama beberapa tahun selama hidupnya (Reese, 1975 dalam Helfman *et al.*, 1997). Pada ikan karang monogami melakukan perkawinan tanpa memelihara keturunannya, sedangkan ikan cichlid kawin dan kemudian keduanya cenderung menjaga anaknya (Rahardjo *et al.*, 2011). Kuda laut (*Hippocampus* sp) juga merupakan ikan monogami. Kuda laut merupakan pasangan sehidup-semati. Jadi kuda laut hanya kawin dengan pasangannya dan menjaga anak-anaknya.

Salah satu ikan air tawar yang diduga monogami adalah ikan gabus atau gapo (*Channa striata*). Jika ikan jantan dan betina dipasangkan di dalam kolam, maka setelah pemijahan ikan gabus tidak berganti pasangan. Menurut Nila Irmawati, seorang peneliti ikan gabus bahwa, karakter monogami perlu

dipahami, jika tidak maka induk yang diambil dari alam akan mati sia-sia (Fajar, 07/03/2017). Sebaiknya calon induk yang ditangkap di alam adalah ikan gabus yang belum pernah memijah, sehingga kemudian dipasangkan di dalam kolam pemijahan. Jika induk yang ditangkap di alam adalah ikan-ikan yang telah memijah, kemungkinan pasangannya tidak tertangkap sehingga tidak dapat digunakan.

E. POLA DAN HABITAT PEMIJAHAN

Dalam upaya mencapai keberhasilan reproduksi dan sintasan, ikan mempunyai berbagai pola pemijahan. Pola pemijahan ini dapat dianggap sebagai cerminan hasil perkembangan evolusi. Berangkat dari konsep lintasan evolusi, Balon (1984) dalam Rahardjo *et al.* (2011) mengelompokkan ikan dalam suatu hirarki pola pemijahan dari ikan yang tidak memberikan perlindungan hingga ikan yang melindungi keturunannya. Dari surut pandang etologi (telaah perilaku hewan) ada tiga bagian (*section*) ikan, yakni bukan pengasuh (*nonguarder*), pengasuh (*guarder*), dan pembawa (*bearer*). Masing-masing bagian terbagi menjadi dua grup berdasarkan tinjauan ekologi. Setiap grup mencakup beberapa serikat (*guild*). Tabel 36 disajikan hirarki pola pemijahan ikan yang dikemukakan oleh Balon (1984). Hirarki pola pemijahan tersebut berhubungan dengan habitat dan kebiasaan alami ikan dalam memijah. Misalnya, perilaku ikan yang melindungi telur dan larva dengan cara membuat sarang, karena ikan-ikan tersebut hidup di perairan yang memungkinkan ikan memperoleh bahan untuk membuat sarang.

Jenis-jenis ikan laut yang ovipar umumnya membiarkan telur-telur yang dilepaskan begitu saja. Telur-telur tersebut melayang-layang pada permukaan air. Umumnya telur mempunyai ukuran diameter kecil dan berjumlah ratusan ribu sampai jutaan butir. Ikan bandeng (*Chanos chanos*) mengeluarkan telur pada daerah laut dalam (lebih dari 200 meter). Telur-telur tersebut terbawa arus dan setelah tiba di pantai banyak telur yang mati atau termakan oleh predator seperti ikan payus (*Elops hawaiiensis*), bulan-bulan (*Megalops cyprinoides*), golila (*Therapon* sp), kakap (*Lutjanus* spp), dan lain-lain. Setelah menetas menjadi larva yang dikenal sebagai nener pun masih belum bebas dari predator. Ancaman lainnya adalah diseser oleh penangkap nener atau dijemak masuk dalam tambak-tambak dan dipelihara sebagai ikan budi daya.

Ikan belanak (*Liza* spp, *Mugil* spp, *Valamugil* spp) adalah jenis ikan yang melakukan pemijahan di daerah pantai dengan salinitas yang agak tinggi. Telur dikeluarkan begitu saja seperti halnya ikan bandeng, dan terbawa arus sampai ke muara sungai. Anak-anak belanak akan bergerak ke pantai masuk ke hutan mangrove, sungai, dan tambak. Anak-anak belanak yang berukuran 1-3 cm bergerombol di pantai menarik perhatian predator.

Berdasarkan pada macam-macam habitat yang digunakan pada waktu pemijahan, dapat digolongkan ikan menjadi beberapa golongan, yaitu: fitofil (phytophils), litofil (lithophils), pelagofil (pelagophils), psamofil (psamophils), dan ostrakofil (ostrakophils). Ikan fitofil (phytophils) adalah ikan yang memijah pada perairan yang terdapat vegetasi untuk menempelkan telur yang dikeluarkan. Perairan yang demikian biasanya stagnan atau aliran yang kecil. Sebenarnya kondisi perairan yang demikian kalau dilihat dari segi zat asam yang terlarut, maka keadaannya bermacam-macam yaitu mulai dari perairan yang kekurangan akan zat asam tadi sehingga yang kadarnya cukup. Akan tetapi tumbuhan yang ada di dalam perairan tersebut kiranya merupakan suatu syarat yang diperlukan untuk berlangsungnya pemijahan. Ikan yang termasuk ke dalam golongan ikan fitofil antara lain *Esox lucius*, *Perca* sp, *Notemigonus crysolueucas*, beberapa ikan yang termasuk ke dalam famili Labridae dan Cyprinidae.

Di Indonesia, yang sudah terkenal sebagai ikan budi daya dan termasuk ikan fitofil adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan lele (*Clarias* sp), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), belida (*Chitala lopis/Notopterus chitala*), gurami (*Osphronemus gouramy*), dan beronang (*Siganus* sp). Cara pemijahan ikan mas dan lele yang telah dikerjakan oleh petani ikan di Indonesia sesuai dengan sifat alami ikan ini, yaitu menggunakan kakaban (Gambar 28) atau hamparan ijuk yang dijepit oleh bambu untuk menempelkan telur sebagai pengganti rumput ketika berpijah di alam bebas. Ikan mas yang dibudidayakan dapat dipijahkan pada

umur yang lebih muda, kurang dari satu tahun, dari pada ikan mas yang hidup di alam bebas. Di daerah bermusim empat, ikan mas mulai memijah untuk pertama kali pada waktu berumur dua tahun sebagai pemijahan awal musim panas.

Tabel 36. Pengelompokan pola pemijahan ikan (Balon, 1984)

Bagian/Grup	Serikat	Jenis ikan
A. Nonguarder		
A1. <i>Open substratum egg-scatters</i>	<i>Pelagic spawners</i>	<i>Clupeonella delicatula</i>
	<i>Rock and gravel spawners with pelagic larvae</i>	<i>Stizostedion vitreum</i>
	<i>Rock and gravel spawners with benthic larvae</i>	<i>Catostomus commersoni</i>
	<i>Nonobligatory plant spawners</i>	<i>Rutilus rutilus</i>
	<i>Obligatory plant spawners</i>	<i>Cyprinus carpio</i>
	<i>Sand spawners</i>	<i>Gobio gobio</i>
	<i>Terrestrial spawners</i>	<i>Galaxia maculatus</i>
A2. <i>Brood hiders</i>	<i>Beach hiders</i>	<i>Leuresthes tenuis</i>
	<i>Annual fishes</i>	<i>Cynolebias bellotti</i>
	<i>Rock and gravel hiders</i>	<i>Salvelinus namaycush</i>
	<i>Cavity hiders</i>	<i>Astyanax mexicanus</i>
	<i>Hiders in live invertebrate</i>	<i>Rhodeus sericeus</i>
B. Guarder		
B1. <i>Substratum choosers</i>	<i>Pelagic tenders</i>	<i>Anabas testudineus</i>
	<i>Above water tenders</i>	<i>Copeina arnoldi</i>
	<i>Rock tenders</i>	<i>Chromis chromis</i>
	<i>Plant tenders</i>	<i>Leucaspius delineatus</i>
B2. <i>Nest spawners</i>	<i>Froth nesters</i>	<i>Macropodus opercularis</i>
	<i>Miscellaneous substratum nesters</i>	<i>Lepomis gibbosus</i>
	<i>Rock and gravel nesters</i>	<i>Micropterus dolomieu</i>
	<i>Glue-making nesters</i>	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
	<i>Plant material nesters</i>	<i>Amia calva</i>
	<i>Sand nesters</i>	<i>Abbottina rivularis</i>
	<i>Hole nesters</i>	<i>Neogobius melanostomus</i>
	<i>Anemone nesters</i>	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
C. Bearers		
C1. <i>External bearers</i>	<i>Transfer brooders</i>	<i>Corydoras aeneus</i>
	<i>Auxiliary brooders</i>	<i>Kurtus gulliveri</i>
	<i>Mouth brooders</i>	<i>Labeotropheus trewavasae</i>
	<i>Gill-chamber brooders</i>	<i>Amblyopsis spelaea</i>
	<i>Pouch brooders</i>	<i>Syngnathus abaster</i>
C2. <i>Internal bearers</i>	<i>Facultative internal bearers</i>	<i>Oryzias latipes</i>
	<i>Obligate lecithotrophic internal bearers</i>	<i>Poecilia reticulata</i>
	<i>Matrotrophic oophages and adelphophages</i>	<i>Lamna cornubica</i>
	<i>Viviparous trophoderms</i>	<i>Zoarcas viviparus</i>
	<i>Viviparous yolk sac placentals</i>	<i>Mustelus canis</i>

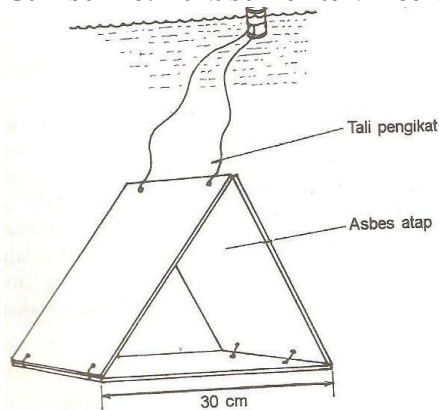
Sumber: Rahardjo et al. (2011)

Di alam, pasangan-pasangan ikan betutu yang siap memijah akan berkelompok mencari tempat-tempat yang terlindung. Biasanya tempat tersebut banyak terdapat tumbuhan airnya dan substrat yang keras yang dapat digunakan sebagai tempat menempelkan telurnya. Telur ikan betutu bersifat melekat. Oleh karenanya, ketersediaan substrat, baik itu berupa batu atau batang tumbuhan menjadi sangat penting. Dalam memijah, induk betina akan melekatkan telur-telurnya pada substrat yang ada. Berdasarkan pengamatan kebiasaan memijah di alam, maka pemijahan ikan betutu di kolam dilakukan dengan menggunakan sarang-sarang *artificial* (buatan). Sarang tersebut berfungsi sebagai tempat melekatkan telur sekaligus sebagai kolektor telur. Dengan adanya sarang itu, telur-telur dapat dipindahkan dan ditetaskan ke dalam wadah terkontrol. Sarang pemijahan dapat dibuat dari beberapa jenis bahan antara lain: (1) Pipa paralon yang berdiameter 4-6 inci dipotong masing-masing sepanjang 30-40 cm; (2) Prisma asbes: asbes untuk atap atau risplang dipotong berbentuk bujur sangkar dengan sisi 30 cm dan disusun menjadi bentuk

segi tiga (Gambar 29); dan (3) Potongan ban: sebuah ban luar bekas nomor 5,0/12 dapat dipotong menjadi 3 bagian, masing-masing panjangnya 40 cm.



Gambar 28. Kakaban untuk media penempelan telur ikan



Gambar 29. Sarang pemijahan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) dari asbes (Komarudin, 2000)

Ikan belida (*Chitala lopis*/*Notopterus chitala*) jantan membuat sarang dari ranting dan daun, serta menjaga telur dan anak-anaknya. Telur yang dikeluarkan oleh induk betina diletakkan pada substrat yang dibuat oleh induk jantan. Ikan gurami juga adalah ikan yang memijah dengan meletakkan telur-telurnya di dalam sarang. Di alam, induk gurami jantan membuat sarang dari bahan berupa rumput-rumput kering. Untuk mempercepat pemijahan, maka pembenih/pembudidaya menyediakan tempat kerangka sarang dan bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat sarang, seperti ijuk atau sabut kelapa. Untuk pembenihan terkontrol secara intensif, bahan untuk sarang antara lain bambu untuk membuat kerangka sarang yang dikenal sebagai *sosog*. Ijuk atau sabut kelapa yang akan diambil oleh induk gurami jantan untuk pembuatan sarang.

Salah satu ikan laut yang menempelkan telur pada substrat adalah ikan beronang (*Siganus* sp). Ketika memijah ikan beronang menempelkan telurnya pada tumbuhan lamun, rumput laut, atau karang. Karena itu pada pemijahan di bak terkontrol disediakan substrat berupa potongan atap dari plastik sebagai media untuk penempelan telur.

Ikan litofil (lithophils) adalah ikan yang memijah memerlukan dasar perairan yang berbatu-batu. Tempat yang demikian itu sungai yang dasarnya berbatu-batu, danau oligotrofik, atau pantai laut yang berbatu-batu. Keadaan tempat yang demikian biasanya mempunyai kandungan zat asam terlarut yang cukup untuk keperluan anak-anaknya kelak. Ikan yang termasuk ke dalam golongan ini antara lain adalah salmon (*Salmon* sp), trout (*Salvelinus* sp), cisco (*Coregonus* sp), sucker (*Catostomus* sp), walleyes (*Stizostedion* sp), dan sebagainya. Telur golongan ikan ini yang biasanya memijah di sungai mempunyai ukuran relatif besar dari pada telur-telur ikan yang berpijah di perairan bebas. Misalnya ikan salmon dan trout mempunyai banyak persediaan makanan yang berguna untuk ikan yang baru menetas selama terbawa arus di mana di daerah itu kekurangan makanan (Effendie, 1978; 1997).

Untuk ikan yang berpijah dalam perairan dengan dasarnya berpasir, oleh Lagler *et al.* (1962) menggolongkannya bersama-sama dengan ikan litofil. Sedangkan Nikolsky (1963) menggolongkan ke dalam golongan tersendiri yang disebut ikan psamofil (psamophils). Ikan ini berpijah di perairan yang dasarnya berpasir atau kadang-kadang telur yang dikeluarkannya itu ada yang menempel di akar-akar tumbuhan. Telur golongan ikan ini yang diletakkan di atas pasir banyak yang terbungkus oleh pasir. Walaupun demikian telur yang telah terbungkus oleh pasir berada dalam kondisi perairan yang menguntungkan. Contoh dari golongan ikan ini ialah *Pseudogobio ribularis* dan *Deuterophysa* sp. Juga ikan grunion (*Leuresthes tenuis*) yang terdapat di California, berpijahnya di atas pantai berpasir pada waktu pasang tertinggi. Telur hasil pemijahan tertutup oleh pasir dan tidak berair setelah pasang surut. Pada waktu pasang berikutnya telur tadi akan terairi dan menetas, kemudian anak-anak ikan akan terbawa ke tengah bersama pasang surut.

Ikan pelagofil (pelagophils) berpijah di perairan terbuka atau bebas dimana telur hasil pemijahannya akan melayang, turun ke bawah atau naik ke atas permukaan. Hal tersebut bergantung pada berat jenis telur ikan yang ditentukan oleh kandungan butir minyak di dalam telur dan kebiasaan tempat memijah. Ikan-ikan laut banyak yang termasuk ke dalam golongan ikan ini. Setelah berpijah ikan-ikan ini tidak memerhatikan bakal keturunannya dan semua telur ditinggalkan di daerah pemijahan begitu. Namun pada waktu pemijahan, seperti telah dikemukakan, bahwa semua tingkah lakunya ditujukan agar pemijahan berhasil baik dan telur-telur yang baru keluar dari induk dapat dibuahi.

Ikan-ikan fitofil, litofil, psamofil, dan pelagofil yang telah dikemukakan di atas adalah ikan yang menjaga keturunannya atau tidak memerhatikan anak-anaknya. Namun ada pula ikan yang menjaga keturunannya, baik dengan membuat sarang sebelum melakukan pemijahan, yaitu dengan menyiapkan atau melindungi keturunannya pada tempat-tempat tertentu, seperti pada tubuh ikan jantan, betina atau tempat. Ikan yang membuat sarang di antaranya gurami dan belida. Sedangkan pada ikan nila (*Oreochromis nilotica*) dan mujair (*O. mossambica*), induk betina mengerami telur di dalam mulut. Pada ikan arowana (*Scleropages formosus*), induk jantan yang mengerami telur di dalam mulut. Pada kuda laut (*Hippocampus* sp), ikan jantan yang mengerami telur di dalam kantung pengeraman yang disebut *brood pouch*, yang terdapat pada perutnya. Kelompok ikan ovipar yang melindungi keturunannya umumnya mempunyai fekunditas kecil dibandingkan dengan ikan ovipar yang tidak melindungi keturunannya.

Pembagian ikan memijah berdasarkan kategori fitofil, litofil, psamofil, dan pelagofil tidak meliputi seluruh ikan-ikan yang ada, bahkan ada ikan yang masuk kategori di antaranya atau di luar golongan tersebut. Selain dari kategori di atas, terdapat ikan ovipar yang memperhatikan keturunannya dengan berbagai cara. Ikan yang membuat sarang serta memperhatikan keturunannya banyak yang tidak meninggalkan sarang. Ada yang membuat sarang berupa lingkaran pada dasar perairan dan ada yang membuat sarang dari bagian tumbuh-tumbuhan. Atau sarang tadi ada yang merupakan bagian bawah dari batu atau obyek lainnya, dan ada pula yang merupakan lubang di dalam tanah. Ada juga sarang yang terbuat dari busa terapung di permukaan dan dijaga oleh induk ikan di sekitarnya.

Ikan nila dan mujair jantan membuat sarang berbentuk cekungan di dasar perairan yang diameternya sekitar 30-50 cm. Induk betina akan mengeluarkan telur dan pada saat yang sama induk jantan mengeluarkan sperma. Pembuahan terjadi di dasar sarang. Selanjutnya induk betina mengerami telur dalam mulut selama 6-7 hari. Ikan gabus (*Channa striata*) membuat sarang busa di antara vegetasi di tepi-tepi perairan rawa-rawa atau pada bagian sungai yang berarus lambat. Telur-telur yang dibuahi ditaruh di dalam sarang dan akan menetas 2 hari atau 32-36 jam setelah pembuahan. Sementara spesies *Channa gachua* yang hidup di sungai-sungai di pegunungan menyimpan telur di dalam mulutnya. Pada ikan sepat (*Trichogaster*, *Trichopterus*) induk jantan membuat sarang busa seperti balon dengan diameter sekitar 5 cm. Telur sepat yang telah dibuahi bersifat terapung di dalam busa dan dijaga oleh induknya. Pada ikan arowana (*Scleropages formosus*), induk jantan juga yang mengerami telur di dalam mulutnya.

Belut (*Monopterus albus*) jantan membuat sarang pemijahan berupa lubang berbentuk “U” di bagian yang dangkal serta menyusun busa (buih) yang dikeluarkannya di depan salah satu ujung sarangnya dan menunggu kedatangan induk betina. Busa ini diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Belut betina akan mengeluarkan telur dan akan dibuahi oleh jantan. Setelah terjadi pembuahan, telur belut yang mengapung di bawah busa dan di sekitar lubang perkawinan, segera dicakup oleh mulut belut jantan untuk disebarkan ke dalam lubang. Yang bertugas menjaga telur hingga menetas adalah induk jantan. Selama bertugas menjaga telur, larva, dan anakan, induk jantan sangat galak dan menyerang apa saja yang mendekat. Anak-anak belut yang baru menetas masih diasuh oleh induknya sampai kira-kira berumur 2 minggu. Setelah itu, baru anak-anak belut meninggalkan sarang untuk mencari makan dan membuat lubang sendiri.

Pada kuda laut (*Hippocampus* sp), ikan jantan yang mengerami dan “melahirkan” anak-anaknya. Kuda laut jantan mempunyai kantung pengeraman yang disebut *brood pouch*, yang terdapat pada perutnya. Ketika hendak melakukan perkawinan, telur-telur kuda laut betina dimasukkan ke dalam kantung kuda laut jantan. Telur di dalam kantung ini kemudian dibuahi oleh jantan dan disimpan atau dierami di dalam kantung. Begitu telur dibuahi, lapisan di dalam kantung berubah menjadi semacam spons yang dipenuhi pembuluh darah untuk memberi makan telur. Pengeraman telur di dalam kantung induk jantan berlangsung antara 10-15 hari.

Tingkah laku yang luar biasa dalam menjaga dan melindungi anak ditunjukkan oleh *characin* (*Copella*). Ikan jantan dan betina meloncat bersama-sama ke luar dari air sampai setinggi 10 cm dan meletakkan telur yang terbuahi pada permukaan daun bawah. Berikutnya sesudah 2-3 hari ikan jantan membasahi kumpulan telur dengan menyiramkan air dengan menggunakan sirip ekornya. Ulangan penyiraman berlangsung setiap satu menit. Anak ikan yang menetas akan jatuh ke dalam air (Krekorian & Dunham dalam Helfman *et al.*, 1997).

Ada juga ikan yang memijah pada cangkang binatang yang telah mati atau ikan ostrakofil (ostrakophils). Banyak ikan yang melakukan ruaya dari satu habitat menuju ke habitat lain yang jauh berbeda dengan keadaan lingkungannya. Di daerah pemijahan ikan memilih tempat yang cocok untuk memijah. Sekali satu tempat telah dipilih, tempat tersebut akan dipertahankan, bahkan bila perlu sampai mati. Ikan cupang (*Betta splendens*) adalah contoh ikan yang sangat gigih dalam mempertahankan teritorialnya (Lagler *et al.*, 1977). Induk ikan yang juga sangat galak dalam mempertahankan tempat pemijahan dan menjaga sarangnya adalah belut (*Monopterus albus*) dan gabus (*Channa* sp).

Banyak spesies ikan meninggalkan telur dalam penjagaan binatang lain. Spesies tertentu dari *snailfishes* (*Careproctus*) menyimpan telur dalam ruang insang kepiting jenis *Paralithodes* dan *Lopholithodes*. Ikan tube-stour (Aulorhynchidae) meletakkan telur dalam ruang peribrankial jenis *Ascidin*, dan *Rhodeus* memasukkan telur pada sifon kerang air tawar dengan menggunakan ovipositornya yang panjang. Sesudah itu ikan jantan akan mengeluarkan sperma di dekat sifon kerang. Pada ikan *Crenilabrus melops* menempeli suatu celah karang dengan berbagai tipe alga. Alga yang lebih lunak diletakkan pada bagian dalam celah guna sebagai substrat berpijah, sedangkan alga yang lebih keras dan berkapur disusun pada bagian luar celah guna melindungi telur (Helfman *et al.*, 1997).

F. FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN PEMIJAHAN

Perbandingan jenis kelamin dalam pemijahan tiap-tiap spesies ikan berbeda-beda, tetapi perbandingan tersebut pada umumnya mendekati satu dengan satu. Banyak didapatkan bahwa ikan pelagofil memijahkan secara beramai-ramai dalam satu daerah tertentu. Daerah pemijahan (*spawning ground*) ikan herring di laut Utara bagian selatan yang dikemukakan oleh Cushing (1968) dalam Effendie (1978; 1997) panjangnya antara 2-3 km dan lebarnya 500 m. Ikan tersebut tiap tahun berpijah di daerah yang sama dan

waktunya teratur pula. Di perairan Indonesia, daerah pemijahan ikan ekonomis penting masih banyak yang belum diketahui secara pasti. Misalnya daerah pemijahan ikan lemuru atau lamuru (*Sardinella*) lokasinya belum diketahui. Larva ikan lemuru sudah bertingkat lanjut diketemukan pada waktu pertama kali muncul tidak jauh dari Banyuwangi-Selat Bali. Tiap tahun munculnya anak itu di daerah yang sama. Besar kemungkinan daerah pemijahan ikan lemuru tidak jauh dari tempat anak-anak ikan pada waktu pertama kali muncul. Arah dan kecepatan arus serta umur anak ikan yang pertama muncul itu memegang peranan dalam menentukan lokasi daerah pemijahan kalau memijahnya di daerah permukaan. Sama halnya dengan daerah pemijahan ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang masih belum diketahui. Tapi besar kemungkinan daerah pemijahannya berada di bawah permukaan air (Effendie, 1978; 1997).

Tidak hanya daerah pemijahannya yang belum diketahui, muncul dan hilangnya lemuru di Selat Bali juga masih misterius. Setiap tahun pada permulaan musim hujan pada September-Oktober lemuru mulai muncul dengan ukuran semenit. Lama kelamaan jumlahnya semakin banyak dan mencapai puncaknya pada Desember-Januari dan ukurannya pun semakin besar. Setelah Maret ikan lemuru kemudian lenyap seakan-akan tanpa meninggalkan bekas, dan baru akan muncul lagi pada musim berikutnya. Hilangnya lemuru secara berkala di Selat Bali merupakan misteri yang belum terungkap tuntas. Berbagai teori ruaya (migrasi) telah dikemukakan, salah satu yang tampak makin mendapat dukungan adalah bahwa pada waktu di luar musim, lemuru beruaya ke perairan yang tidak jauh tetapi hidup di lapisan air lebih dalam hingga luput dalam pengamatan atau penangkapan (Nontji, 1987). Dugaan ini mendekati kebenaran karena larva ikan lemuru ditemukan di daerah yang sama pada setiap tahunnya. Ketika beruaya ke perairan yang lebih dalam inilah ikan lemuru melakukan pemijahan.

Dua spesies tuna, yaitu tuna sirip kuning (*T. albacares*) dan tuna sirip biru (*T. maccoyi*), diketahui mempunyai daerah pemijahan di perairan Indonesia. Namun, baru daerah pemijahan tuna sirip biru yang diketahui secara pasti, antara selatan Jawa dan Australia Barat Laut sekitar 10° – 20° LS dan 100° – 125° BT (Nontji, 1987). Dari berbagai informasi diketahui bahwa perairan selatan Pulau Jawa merupakan daerah tempat pemijahan tunggal (*single spawning ground*). Dari daerah pemijahan, juwana kemudian melakukan migrasi menuju bagian barat laut Australia, dan pada umur 1-3 tahun sirip biru umumnya ditangkap di sekitar perairan bagian tenggara Australia.

Dari berbagai informasi kesamaan morfologi, data penandaan (*tag return data*), maka diketahui bahwa perairan selatan Pulau Jawa merupakan daerah tempat pemijahan tunggal ikan yang dalam perdagangan internasional dikenal dengan nama *southern bluefin tuna* disingkat SBT ini. Demikian juga dari hasil perikanan *tuna long line* di seluruh dunia yang dilakukan bertahun-tahun, belum ada laporan bahwa tempat pemijahan sirip biru terdapat di luar perairan tersebut (Caton, 1994).

Masa pemijahan tiap-tiap spesies ikan berbeda-beda. Ada pemijahan yang berlangsung waktu singkat (*total spawner/isochronal*), tetapi banyak pula dalam waktu yang panjang. Pemijahan sebagian demi sebagian atau bertahap (*partial spawning/heterochronal*) pada ikan dapat berlangsung sampai beberapa hari. Dalam hal demikian, ikan betina biasanya tetap tinggal di daerah pemijahan selama proses pemijahan belum selesai. Kalau pemijahan sudah selesai ikan jantan tinggal di daerah itu lebih lama dari pada ikan betina.

Yang biasa menjadi perangsang pemijahan bagi ikan litofil, psamofil, dan fitofil selain adanya substrat pemijahan seperti batu, pasir, dan tumbuh-tumbuhan, juga kenaikan atau penurunan suhu dan datangnya air baru menjadi perangsang alami untuk ikan berpijah jika ikan sudah siap memijah. Di antara faktor biologi yang memegang peranan di dalam pemijahan, yaitu organ untuk penglihatan, penciuman, dan linea lateralis, serta kelenjar buntu. Pemijahan yang dilakukan pada siang hari terjadi pada ikan yang sama (homospesifik), sedangkan pemijahan yang terjadi malam hari dapat terjadi dengan spesies yang berbeda (heterospesifik) sehingga hal ini dapat menyebabkan terjadinya hybrid.

Pada golongan ikan buta pemijahan dapat berlangsung secara biasa karena dengan pertolongan penciuman dan organ linea lateralis. Suara yang dikeluarkan ikan pada waktu terjadi pemijahan selain untuk memanggil lawan jenis kelamin juga menjadi perangsang untuk berpijah.

Peranan kelenjar buntu (hormon yang dihasilkan kelenjar ini langsung diekskresikan ke dalam darah tanpa melalui dukstus atau saluran lainnya) secara keseluruhan terdapat reproduksi ikan termasuk pemijahan belum diketahui benar karena kompleksnya persoalan dan peranan kelenjar tersebut. Hormon yang memengaruhi kelakuan ikan sedang berpijah berbeda dengan hormon yang memengaruhi tingkah laku sebelum berpijah. Perlakuan dengan hormon hipofisa terhadap ikan dapat digunakan untuk mempercepat kematangan ikan dari kondisi non reproduktif. Bila ikan itu telah berada dalam kondisi reproduktif akan mempercepat ovulasi yaitu mengeluarkan telur ke dalam lumen ovary. Apabila ditaruh ikan jantan setelah ovulasi tadi akan terjadi pemijahan. Juga rayuan ikan jantan terhadap ikan betina dapat menyebabkan ovulasi. Jadi ovulasi pada ikan dipengaruhi oleh hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar hipofisa yaitu gonadotropin. Hormon neurohipofisa diduga terlibat langsung terhadap tingkah laku pemijahan. Dari rayuan ikan jantan merangsang ikan betina mengeluarkan kelenjar neurohipofisa sehingga apabila kelenjar tadi telah mencapai tingkatan tertentu mengakibatkan pengeluaran telur oleh ikan tersebut (Effendie, 1978; 1997).

Pada pemijahan terkontrol, penggunaan hormon telah umum, baik dengan menggunakan kelenjar hipofisa atau dengan menggunakan hormon sintesis, seperti Ovaprim, Provasi, dan LHRH-a (*luteinizing hormone releasing hormone-analogue*). Hormon diberikan melalui penyuntikan maupun pemberian pakan, maka hormon tersebut merangsang ikan memproduksi FSH (*Folicle Stimulating Hormone*) dan LH (*Luteinizing Hormone*). FSH berfungsi merangsang proses spermatogenesis (pembentukan sperma) dan proses oogenesis (pembentukan ovum atau sel telur). Sedangkan LH berfungsi merangsang proses spermiasi untuk menghasilkan hormon testoteron, pada ikan betina hormon LH berfungsi merangsang proses ovulasi dan pelepasan hormon estrogen dan progesteron. Dengan demikian, hormon berfungsi mempercepat pematangan gonad dan pemijahan.

G. TINGKAH LAKU PEMIJAHAN

Kegiatan reproduksi ikan dibagi menjadi tiga fase, yaitu fase pra pemijahan, fase pemijahan, dan fase pasca pemijahan. Berdasarkan hal ini maka tingkah laku ikan dapat pula dibagi menjadi tiga, yaitu tingkah laku ikan pada fase pra pemijahan, tingkah laku ikan pada fase pemijahan, dan tingkah laku ikan pada pasca pemijahan. Tingkah laku reproduksi ini berhubungan erat dengan sifat ikan itu sendiri. Apakah ikan itu melakukan perlindungan terhadap keturunannya atau tidak. Tingkah laku ikan yang menjaga keturunannya dapat dikatakan relatif lebih baik banyak variasinya dari pada ikan ovipar, terutama tingkah laku pasca pemijahan. Ikan ovipar yang menjaga keturunannya, seperti gurami, belut, nila, mujair, arowana, gabus, betutu, belida, dan kuda laut juga mempunyai tingkah laku yang banyak variasinya pasca pemijahan.

Macam-macam tingkah laku ikan pada fase pra pemijahan di antaranya, aktivitas mencari makan, ruaya, pembuatan sarang, sekresi hormon, pengenalan lawan jenis, mencari pasangan, dan lain-lain. Pada ikan belut (*Monopterus albus*) yang hermaprodit protogini atau berubah kelamin dari betina menjadi jantan, apabila sudah menjadi jantan, belut akan menjadi ganas karena membutuhkan daerah teritorial yang lebih luas. Sewaktu belut mengalami perubahan kelamin dari betina menjadi jantan akan terjadi masa transisi karena terjadi diferensiasi fase sel kelamin. Pada saat transisi, terjadi kekosongan sel kelamin sehingga belut menjadi kanibal dengan saling memangsa sesamanya. Belut yang menjadi ganas dan bersifat kanibal merupakan salah satu tingkah laku pra pemijahan pada belut jantan.

Tingkah laku ikan pada fase pemijahan di antaranya, bersamaan dengan pengeluaran produk seksual ada ikan yang melakukan sentuhan bagian-bagian tubuh, gerakan eksotik dengan menggetarkan seluruh

bagian tubuh, gerakan pembelitan tubuh ikan jantan atau ikan betina oleh ikan jantan, penyimpanan telur oleh ikan jantan atau ikan betina ke dalam sarang, pada busa, tumbuh-tumbuhan dan lain-lain. Pada belut, pemijahan dimulai dari induk jantan membuat sarang pemijahan berupa lubang berbentuk "U" di bagian yang dangkal serta menyusun busa (buih) yang dikeluarkannya di depan salah satu ujung sarangnya dan menunggu kedatangan induk betina. Busa ini diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Perkawinan akan terjadi bila induk betina mendatangi lubang induk jantan. Belut betina akan mengeluarkan telur dan akan dibuahi oleh jantan, kemudian belut betina pergi mencari sarang jantan yang lain. Belut betina mendatangi beberapa sarang belut jantan hingga telurnya habis. Seekor belut jantan juga didatangi oleh beberapa ekor belut betina.

Tingkat laku ikan pada fase pasca pemijahan di antaranya, penyempurnaan penutupan sarang, penjagaan sarang yang berisi telur yang telah dibuahi atau telur yang sedang berkembang, menjauh dari daerah pemijahan dan lain-lain. Pada belut, setelah terjadi pembuahan, telur belut yang mengapung di bawah busa dan di sekitar lubang perkawinan, segera dicakup oleh mulut belut jantan untuk disemburkan ke dalam lubang. Dalam usahanya memasukkan telur ke dalam lubang ini, terkadang ada telur yang tertelan masuk ke dalam mulutnya. Yang bertugas menjaga telur hingga menetas adalah induk jantan. Selama bertugas menjaga telur, larva, dan anakan, induk jantan sangat galak dan menyerang apa saja yang mendekat. Terkadang gerakan induk jantan mengotori dan mengganggu telur sehingga ada telur yang ditemukan melayang di permukaan air, sehingga mungkin tidak dapat menetas.

Semua tingkah laku ikan itu merupakan resultante sejumlah rangsangan motoris yaitu rangsangan eksternal dan rangsangan internal. Rangsangan internal berasal dari sekresi hormon, sedangkan rangsangan luar berasal dari berbagai macam sumber seperti faktor lingkungan, zat kimia, dan lain-lain yang dimediasikan melalui organ-organ sensori dari visual. Begitu ikan memperlihatkan suatu tindakan sebenarnya merupakan suatu fenomena yang dinamik, termasuk tingkah laku hibernasi di musim dingin dan estivasi di musim panas (Effendie, 1997).

Sistem hormon juga mengatur perkembangan sifat seksual sekunder yang berhubungan erat dengan interaksi tingkah laku gonad. Hal yang memegang peranan penting dalam sifat seksual sekunder ini adalah steroid yang dihasilkan oleh gonad. Hal ini meliputi pewarnaan tubuh dalam pemijahan sebagai daya tarik pasangan, persaingan antara ikan-ikan jantan, mempertahankan isolasi reproduksi dan bentuk-bentuk struktural pada tubuh yang meliputi timbulnya semacam jerawat di atas kepala pada masa pemijahan, modifikasi sirip seperti gonopodium pada famili Poeciliidae, termasuk sifat seksual pada ikan yang dipengaruhi oleh steroid.

Menurut Fujaya (2004) ikan teleostei dan beberapa Elasmobranchii melakukan komunikasi dengan sinyal kimia untuk mengontrol fertilitas, koordinasi seksual, dan koordinasi tingkah laku seksual. Pada beberapa spesies, ikan jantan tertarik untuk berintegrasi dengan betina melalui bau. Steroid seks merupakan salah satu bahan kimia yang secara spontan membangkitkan afinitas elektrik organ olfaktori. Pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) misalnya, jantan dewasa dapat membedakan ikan betina matang gonad melalui feromon yang terkandung dalam cairan ovari yang dilepaskan sesaat setelah ovulasi.

Substansi daya tarik dari gonad umumnya bersumber dari feromon seks yang terlarut dalam air. Ikan guppi (*Poecilia reticulata*) jantan tertarik pada air yang sebelumnya di tempati betina, terutama oleh betina yang sedang bunting. Feromon seks juga menyebabkan sinkronisasi pelepasan sperma dari jantan dan telur dari betina ikan mas sehingga pembuahan dapat terjadi secara efektif (Fujaya, 2004).

Peran fungsional *olfaction* dalam proses reproduksi mulai dari atraksi awal dan pengenalan status seksual ke pengembangan seksual. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa hormon dan metabolisme ikan dapat bertindak sebagai reproduksi feromon. Ovarian feromon pada kedua jenis ikan tersebut tidak

hanya untuk perilaku mendekati lawan jenis, tetapi juga menghindari perkeltahian pada ikan jantan yang menunjukkan perilaku sangat agresif pada ikan betina. Hormon steroid dikenal untuk memengaruhi mekanisme penciuman, terutama memengaruhi area otak yang memengaruhi kendali gelembung penciuman. Syaraf penciuman sangat penting untuk aktivitas seksual sepanjang siklus reproduktif, dan bila sudah mencapai suatu tingkatan tertentu syaraf penciuman tidak lagi memengaruhi aktivitas seksual normal. Ini mungkin disebabkan hilangnya informasi lewat sistem penciuman (Purbayanto *et al.*, 2010).

Orientasi pulang salmon dewasa untuk memijah pada dasarnya juga dipengaruhi oleh feromon. Feromon merupakan penggerak bagi *smolt* (larva salmon) selama migrasi *down stream* di sungai dan di laut selama musim semi dan musim panas. Feromon yang digunakan dalam migrasi, diproduksi oleh hati dan dilepaskan ke lingkungan melalui empedu dan feses. Selama bermigrasi ke laut, *smolt* merekam ciri-ciri bau khusus sepanjang rute perjalanannya pada elektroencephalogram yang terdapat pada indra pembau. Bau ini diduga bukan hanya dari feromon, tetapi juga bau tanah dan tumbuhan yang dijumpai. Selanjutnya orientasi migrasi kembali dan seleksi sungai tergantung pada pengenalan karakter bau air yang terekam selama migrasi ke laut pada fase *smolt* (Fujaya, 2004).

Feromon adalah suatu bahan kimia yang diproduksi oleh ikan yang membawa informasi penting dalam pengenalan lawan jenis dan daya tarik. Fungsi feromon ikan dapat dibagi tiga, yakni: (1) sebagai alarm dan pengenalan spesies; (2) untuk pengenalan seks dan perubahan tingkah laku seksual; dan (3) untuk pengenalan wilayah. Seperti pada invertebrata dan vertebrata lain, ikan juga mengandalkan sistem komunikasi multisensori untuk interaksi sosial dan seksualnya (Fujaya, 2004).

Pada jenis ikan tertentu feromon pada ikan dewasa disekresikan oleh cabang-cabang sirip anal dan sekresi ini dikontrol oleh gonadotropin. Feromon juga dikeluarkan bersama dengan produk seksual yaitu ketika sperma dikeluarkan. Feromon yang dikeluarkan oleh ikan betina dapat menarik dan merangsang ikan jantan. Juga feromon pada ikan betina dibawah pengaruh hormon dari gonad pada waktu ovulasi yang dikeluarkan sesaat dan selama pemijahan. Dengan demikian feromon yang dibawah pengaruh hormon itu baik yang disekresikan oleh ikan jantan atau oleh ikan betina mempunyai peranan dan tingkah laku pemijahan.

Tingkah laku ikan jantan ovipar pada fase pra pemijahan pada umumnya tidak banyak variasinya. Di antara tingkah laku yang sangat menonjol pada ikan katadrom dan anadrom adalah ruaya pemijahan dan pencarian daerah pemijahan yang sangat menguntungkan. Ikan salmon yang melakukan ruaya anadrom sudah sampai di tempat pemijahan, ikan jantan akan mencari daerah pemijahan yang paling dan membuat sarang untuk tempat berpijah. Sarang ini dan teritorialnya sering terjadi perkeltahian mati-matian dengan ikan jantan lainnya yang menginginkan daerah yang sama. Ikan yang kalah akan mencari dan membuat sarang di tempat lain yang kurang menguntungkan untuk kehidupan keturunannya. Sifat mempertahankan teritorial pada ikan jantan ini umumnya sangat nyata pada musim pemijahan. Warna cerah dan memperlihatkan sifat seksual sekunder lainnya dan akan cepat bereaksi pada ikan yang datang mendekat ke daerah yang ada sarang buatannya, atau lebih agresif lagi apabila di dalam sarang tadi sudah ada ikan betina yang menjadi pilihannya.

Berkumpul dan Bergeraknya sejumlah ikan pada suatu saat pada masa satu tahun merupakan tingkah laku yang nyata dari daur reproduksi. Umumnya ruaya pemijahan bertepatan dengan akan matangnya gonad sehingga apabila ikan sampai di daerah pemijahan gonadnya telah matang benar dan siap untuk berpijah. Rangsangan lingkungan akan memengaruhi kesiapan seksual dan dicurigai memengaruhi tingkah laku ruaya secara langsung atau tidak langsung melalui tahapan perjalanan endokrin. Rangsangan lingkungan itu misalnya penambahan sinar matahari bagi ikan yang biasa memijah pada musim gugur akan mempercepat terjadinya pemijahan pula.

Beberapa faktor lingkungan sebagai tanda-tanda yang potensial dapat diindra oleh ikan, sebagian atau seluruhnya dipakai dalam orientasi atau ruaya. Pergerakan air, pasang surut, larutan dalam air, suhu, bidang magnet bumi, suara dan konfigurasi pinggir air atau dasar perairan mungkin terlihat dalam perangsangan dan menjadi petunjuk bagi ruaya ikan. Tingkah laku reaksi terhadap rangsangan ini dalam beberapa hal mungkin sederhana. Kenyataannya beberapa spesies yang beruaya terlibat dalam satu seri reaksi yang kompleks terhadap bentuk lingkungan. Pada ikan yang melakukan pulang kandang (*homing*) yang menjadi dasar dari reaksi tersebut sebenarnya telah diletakkan oleh ikan itu pada waktu ikan itu berumur sekitar 7 hari. keterangan mengenal pandangan, pembauan, perasaan, derajat azimuth, hubungan bidang magnet sebenarnya telah ditanamkan pada ikan waktu masih muda pada sistem saraf ikan sehingga hal-hal tersebut dapat diingat kembali dengan tanda-tanda dari sistem endokrin (Yudasmara, 2014).[]

BAB IX. AWAL DAUR HIDUP

Perkembangan hidup ikan berawal ketika terjadi fertilisasi (pembuahan) sel telur oleh sel jantan sehingga terbentuk zigot sampai ikan mampu bereproduksi. Pembahasan tentang perkembangan awal daur hidup ikan meliputi perkembangan embrio dan larva ikan. Perkembangan embrio adalah keseluruhan proses yang mencakup proses perkembangan setelah fertilisasi sampai dengan organogenesis sebelum ikan menetas atau lahir. Embrio yang menetas disebut larva. Perkembangan larva sesudah menetas sampai menjadi juvenil atau mirip individu dewasa, mencakup transformasi sistem organ dan bentuk tubuh.

Mortalitas pada perkembangan hidup awal sangat tinggi. Mortalitas ini disebabkan oleh pemangsaan, keterbatasan sediaan makanan, dan kepekasaan yang besar dari embrio dan larva terhadap perubahan fisik-kimiawi perairan, serta patogen. Oleh karena itu, berbagai strategi reproduksi dilakukan ikan untuk menekan mortalitas tersebut.

Kajian terhadap proses-proses perkembangan awal hidup ikan merupakan hal yang menarik karena berhubungan dengan stabilitas populasi ikan dalam suatu perairan. Mortalitas pada awal hidup ikan sangat tinggi, baik embrio maupun larva. Sementara fluktuasi mortalitas embrio dan larva di suatu perairan menentukan variasi produksi pada tiap-tiap tahunnya.

Di sisi lain penangkapan yang intensif, termasuk dengan penggunaan alat tangkap dan bahan yang merusak habitat ikan mempercepat menurunnya populasi ikan. Sebagai misal, penelitian Pet-Soede (2000) dalam Ernarningsih (2014) menjelaskan bahwa sekitar 2,83% dari 7.569 kapal yang beroperasi di Spermonde (Sulawesi Selatan) menggunakan alat tangkap ilegal dan dari jumlah itu sekitar 86,5 % menggunakan bahan peledak dan sekitar 10% menggunakan bahan Cianida. Penggunaan bahan peledak dan Cianida tidak hanya membunuh ikan-ikan berukuran dewasa, tetapi juga telur, larva ikan, dan merusak habitat ikan. Dengan demikian, kegiatan penangkapan di suatu perairan menjadi salah satu penyebab tingginya mortalitas embrio dan larva.

A. TELUR IKAN DAN BAGIAN-BAGIANNYA

Telur hewan bertulang belakang, berdasarkan kepada jumlah deutoplasma (kuning telur, dan sebagainya) yang terdapat di dalam sitoplasma (cytoplasma), menurut Nelsen (1953) dalam Effendie (1978; 1997) dibagi menjadi dua macam, yaitu:

- (1) Telur *Homolecithal* (*isolecithal*). Golongan telur ini hanya terdapat pada mamalia. Jumlah deutoplasmanya hanya sedikit terutama dalam bentuk butir-butir dan kuning telur yang tersebar di dalam sitoplasma.
- (2) Telur *Telolecithal*. Dalam telur dari golongan ini terdapat sejumlah kuning telur yang berkumpul pada salah satu kutubnya. Telur telolecithal dari vertebrata macam-macam tingkatannya. Pada ikan Ganoid mempunyai telur yang macamnya sama dengan telur amphibia yang tidak berkaki (*Gymnophiona*) dimana jumlah kuning telurnya relatif banyak dan berkumpul pada salah satu kutubnya. Romer (1955) menamakan golongan telur demikian dengan nama Mesolecithal.

Telur merupakan cikal bakal bagi suatu makhluk hidup. Telur sangat dibutuhkan sebagai nutrien bagi perkembangan embrio, diperlukan pada saat “endogenous feeding” dan “exogenous feeding”. Proses pembentukan telur sudah mulai pada fase differensiasi dan oogenesis, yaitu terjadinya akumulasi vitelogenesis. Telur juga dipersiapkan untuk dapat menerima spermatozoa sebagai awal perkembangan embrio. Sehingga anatomi telur sangat berkaitan dengan anatomi spermatozoa (Tang & Affandi, 2017).

Telur pada ikan Teleostei dan Elasmobranchii deutoplasmanya masif. Protoplasma dari telur ini yang kelak akan mengambil bagian pada beberapa pembelahan pertama, jumlahnya sedikit. Kuning telur pada

telur macam ini tidak turut dalam proses-proses pembelahan, sedangkan perkembangan embrionya terbatas pada sitoplasma yang terdapat pada kutub anima.

Telur ikan ovipar yang belum diabuahi, bagian luarnya dilapisi oleh selaput yang dinamakan selaput kapsul atau khorion (*chorion*). Di bawah khorion terdapat lagi selaput yang kedua dinamakan selaput vitelin (*vitelline*). Selaput yang ketiga mengelilingi plasma telur dinamakan selaput plasma. Ketiga selaput ini semuanya menempel satu sama lain dan tidak terdapat ruang di antaranya. Bagian telur yang terdapat sitoplasma biasanya berkumpul di sebelah telur bagian atas yang dinamakan kutub anima. Bagian bawahnya yaitu pada kutub yang berlawanan terdapat banyak kuning telur. Kutub ini dinamakan kutub vegetatif. Kuning telur pada ikan hampir hampir mengisi seluruh volume sel. Kuning telur yang ada di bagian tengah keadaannya lebih padat dari pada kuning telur yang ada pada bagian pinggir karena adanya sitoplasma. Selain dari itu sitoplasma banyak terdapat pada sekeliling inti telur. Khorion telur yang masih baru lunak dan memiliki sebuah mikrofil (*micropyle*) yaitu suatu lubang kecil tempat masuknya sperma ke dalam telur pada waktu terjadi pembuahan (Effendie, 1978 & 1997; Tang & Affandi, 2017).

Mikrofil adalah sebuah lubang kecil tempat dimana sperma dapat masuk ke dalam telur yang tertutup, yang merupakan modifikasi struktural dari membran telur. Mikrofil terletak pada kutub anima dan bervariasi dalam hal ukuran antar spesies. Mikrofil ditempati oleh sel mikropilar yang sangat berspesialisasi sehingga oosit matang dikeluarkan dari folikel yang membungkusnya pada saat ovulasi (Tang & Affandi, 2017).

Apabila telur baru keluar dari tubuh induk dan bersentuhan dengan air ada dua hal yang akan terjadi. Pertama, selaput khorion akan terlepas dari selaput vitelin karena masuknya air ke dalam telur sehingga terjadi suatu ruang yang terdapat di antara khorion dengan selaput vitelin. Ruang ini dinamakan ruang perivitelin. Masuknya air ke dalam telur disebabkan oleh perbedaan tekanan osmose dan imbibisi protein yang terdapat pada permukaan kuning telur. Selaput vitelin merupakan penghalang masuknya air jangan sampai merembes ke dalam air. Proses yang kedua ialah pengerasan selaput khorion. Waktu yang diperlukan untuk pengerasan khorion tidak sama bergantung kepada ion kalsium yang terdapat dalam air (Effendie, 1978; 1997).

Telur yang ditetaskan dalam air yang mengandung kalsium klorida, selaput khorionnya akan lebih keras dari pada telur yang ditetaskan di air suling. Pengerasan khorion ini akan mencegah terjadinya pembuahan polisperma. Dengan adanya ruang perivitelin di bawah khorion yang mengeras maka telur dapat bergerak lebih bebas selama dalam perkembangannya. Pengaruh gelombang terhadap posisi embrio yang sedang berkembang sangat tereduksi karena adanya ruang perivitelin tersebut (Hoar, 1957 dalam Effendie, 1978).

Ketika telur di lepaskan ke dalam air dan dibuahi, alveoli korteks yang ada di bawah khorion pecah dan melepaskan material koloid-mucoprotein ke dalam ruang perivitelin, yang terletak antara membran telur dan khorion. Air tersedot akibat pembengkakan mucoprotein ini. Khorion mula-mula menjadi kaku dan licin, kemudian mengeras dan mikrofil tertutup. Sitoplasma menebal pada kutub telur yang ada intinya, ini merupakan titik dimana embrio berkembang (Tang & Affandi, 2017).

B. BENTUK DAN UKURAN TELUR IKAN

Ukuran telur ikan dapat dinyatakan dalam banyak cara. Diameter tunggal biasa digunakan, tetapi juga diameter terpanjang, panjang telur, dan lebar telur kadang-kadang juga digunakan. Ukuran-ukuran telur lain mencakup volume telur, bobot basah, dan bobot kering. Dari sudut pandang energetik istilah terbaik untuk ukuran telur adalah kesetaraan kalori telur (kandungan energi per telur, joule per telur), karena menunjukkan jumlah energi yang tersedia bagi embrio yang berkembang. Tabel 37 disajikan ukuran telur

beberapa spesies ikan setelah pembuahan. Sedangkan pada Tabel 38 dan Tabel 39 disajikan ukuran *yolk granules* dan ukuran *oil drops* pada Teleostei.

Tabel 37. Ukuran telur beberapa spesies ikan setelah pembuahan

Spesies Ikan	Ukuran
Belida (<i>Chitala lopis</i>)	0,15 - 3,55 mm
Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	1,2 mm
Karper rumput/Koan (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	1,20 - 1,33 mm
Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	1,5 - 1,8 mm
Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	3,5 - 4,3 mm
Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	1 - 2 mm
Bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>)	800 - 850 μ m
Beronang (<i>Siganus canaliculatus</i>)	0,42 - 0,70 mm
Pidana kuning (<i>Gnathanodon speciosus</i>)	720 - 750 μ m
Kakap jenaha (<i>Lutjanus johnii</i>)	0,80 mm
Kakap tambak (<i>Lutjanus argentimaculatus</i>)	0,79 mm

Tabel 38. Ukuran *yolk granules* pada Teleostei (Ginzburg, 1972)

Famili, Jenis	Diameter (μ m)
Cyprinidae	
<i>Cyprinus carpio</i>	6 - 24
<i>Carassius auratus</i>	30 - 40
<i>Rhodeus amarus</i>	6 - 19
Anabantidae	
<i>Macropodus opercularis</i>	5 - 13
<i>Betta splendens</i>	3 - 9
Clupeidae	
<i>Clupea harengus membrans</i>	50 - 80
Salmonidae	
<i>Coregonus albula</i>	10 - 13
<i>Coregonus lavaretus</i>	11 - 19

Sumber: Tang & Affandi (2017)

Tabel 39. Ukuran *oil drops* pada Teleostei (Ginzburg, 1972)

Famili, Jenis	Oil drops	
	Jumlah	Diameter (μ m)
Cyprinidae		
<i>Cyprinus carpio</i>	Banyak	1 - 1,5
Clupeidae		
<i>Clupea pilchardus</i>	1	160
Salmonidae		
<i>Salmo trutta</i>	Banyak	20 - 260
<i>Coregonus albula</i>	17 - 20	14 - 330
<i>Coregonus lavaretus</i>	Banyak	14 - 264
Scombridae		
<i>Scomber scomber</i>	1	250 - 350
Mullidae		
<i>Mullus barbatus</i>	1	160 - 250

Sumber: Tang & Affandi (2017)

Ukuran larva yang lebih besar berasal dari ukuran telur yang besar. Para peneliti menunjukkan bahwa telur yang berukuran besar menghasilkan kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Ware mengajukan sebuah persamaan kelangsungan hidup ikan pelagis laut yang menunjukkan bahwa laju mortalitas telur dan atau larva berbanding terbalik dengan ukuran telur. Bila tidak ada makanan eksternal, larva yang lebih besar yang berasal dari telur ukuran besar bertahan hidup lebih lama dibandingkan yang berasal dari telur kecil (Kamler, 1992 dalam Tang & Affandi, 2017).

Sementara sebagian besar telur Teleostei berbentuk bulat teratur, namun banyak pengecualian, misalnya telur ikan *Glossogobius brunneus* berbentuk batang. Juga perlu diingat bahwa hidrasi telur bervariasi, sehingga hubungan antara kandungan energi per telur dan ukuran-ukuran telur akan menjadi lebih kuat.

C. MACAM-MACAM TELUR IKAN

Secara akademik, riset mengenai telur dan larva ikan di perairan Indonesia belum banyak dilakukan. Namun, masyarakat Indonesia yang bermukim di pesisir sangat akrab dengan telur dan larva ikan tertentu. Telur ikan terbang (*Cypsilurus*, *Exocoetus*, *Paraxecoetus*, *Evolantia*) merupakan salah satu telur ikan yang dikenal umum di kawasan timur Indonesia. Perikanan telur ikan terbang (Gambar 30) sangat populer di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, dan Sulawesi Tenggara. Telur ikan terbang diekspor ke beberapa negara, seperti Jepang, Korea Selatan, Singapura, Amerika Serikat, Lithuania sebagai makanan bergizi tinggi yang disajikan sebagai makanan mewah di restoran mewah (Ali, 2013).



Gambar 30. Telur ikan terbang

Sementara salah satu larva ikan laut yang sangat akrab dengan masyarakat pesisir adalah larva ikan bandeng (*Chanos chanos*) atau populer dengan sebutan nener. Nener yang masih bersifat planktonik (terbawa oleh gerakan air, berupa arus, angin atau gelombang) akan mencapai di daerah pantai, dengan ukuran panjang sekitar 11-15 mm dan berat sekitar 0,01 g dalam usia 2-3 minggu. Nener umumnya ditemukan di daerah yang dipengaruhi pasang surut, dan airnya tidak terlampaui keruh. Dasar perairan yang disukai nener terutama yang berpasir, kadang-kadang sedikit berbatu-batu atau berkarang (Nontji, 1987).

Telur dan larva ikan yang terdapat di perairan bebas merupakan plankton sementara atau meroplankton. Sedangkan hewan yang seluruh hidupnya tetap sebagai plankton disebut holoplankton. Telur dan larva ikan merupakan plankton sementara karena setelah menjadi ikan dewasa, maka tidak lagi menjalani kehidupan sebagai plankton, tetapi berubah menjadi perenang-perenang yang kuat dan hidup sebagai nekton atau berenang bebas di perairan.

Plankton yang terdiri dari telur dan larva ikan juga disebut sebagai iktioplankton (ichthyoplankton) atau plankton ikan. Pada saat ditetaskan, telur ikan ada yang disebar di dasar perairan atau menempel pada benda-benda di dalam air dan ada yang planktonik. Telur ikan terbang tidak bersifat planktonik, ukurannya relatif besar dengan diameter 1 ¾ mm, pada permukaannya terdapat rambut-rambut panjang melingkar-lingkar yang digunakan untuk menempel pada benda-benda terapung. Telur ikan terbang biasanya dilekatkan secara bergerombol pada berbagai benda-benda terapung, seperti pada alga *Sargassum*, dan juga pada daun-daun kering yang dipasang di mulut pakkaja (Nontji, 1987).

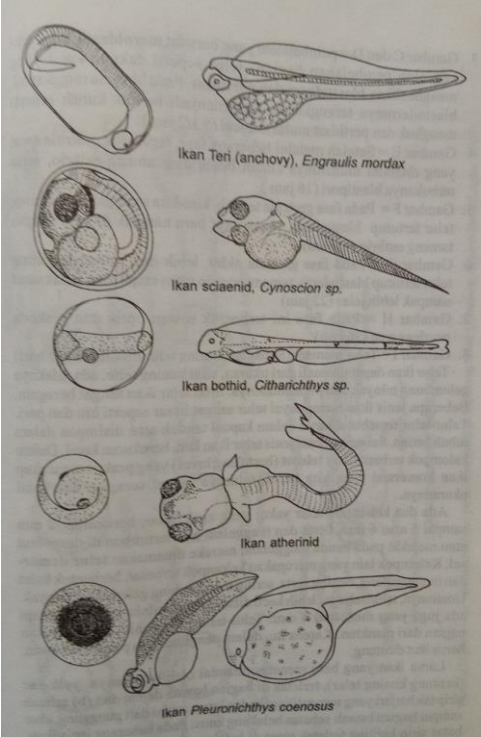
Telur ikan yang planktonik berukuran kecil. Umumnya, garis tengahnya hanya beberapa milimeter. Warnanya bening dan berbentuk bulat, kecuali telur ikan teri yang kebanyakan lonjong. Permukaan luar biasanya halus. Permukaan luar telur *Callionymus* berukir heksagonal, sedangkan pada *Belone* terlihat tendril halus.

Pada sebagian besar jenis ikan, kuning telur berbentuk bulat dan hampir mengisi seluruh rongga telur dan hanya meninggalkan ruang perivitelin yang kecil. Sebaliknya pada beberapa jenis ikan lain, ruang perivitelin besar dan mengelilingi kuning telur yang bulat dan kecil. Pada beberapa jenis ikan, telurnya mengandung satu gelembung minyak atau lebih. Sementara telur yang dibuahi membentuk segmen, blastoderm berangsur-angsur membentuk selimut pada permukaan kuning telur dan pada perkembangan lebih lanjut embrio lebih lanjut disebut *auditory sacs* (kandung pendengaran) dan blok-blok otot berkembang, embrio makin memanjang sampai ekor yang berkembang mengangkat embrio dari permukaan kuning telur (Romimohtarto & Juwana, 2004).

Tabel 40. Sifat telur pada berbagai jenis ikan (Ginzburg, 1972)

Jenis	Sifat Telur
Memijah di air tawar	
<i>Cyprinus carpio</i>	Demersal, pada tanaman
<i>Carrasius auratus</i>	Demersal, pada tanaman
<i>Rutilus rutilus</i>	Demersal, pada tanaman
<i>Abramis brama</i>	Demersal, pada tanaman
<i>Gymnarchus niloticus</i>	Demersal, dalam sarang yang mengapung
<i>Salmo salar</i>	Demersal, pada sarang dari pasir atau kerikil
<i>Salmo trutta</i>	Demersal, pada sarang dari pasir atau kerikil
<i>Oncorhynchus keta</i>	Demersal, pada sarang dari pasir atau kerikil
Memijah di air payau	
<i>Arius commersoni</i>	Dalam mulut jantan
<i>Bagre marinus</i>	Dalam mulut jantan
<i>Anarhichas latifrons</i>	Demersal
<i>Argentina silus</i>	Bathypelagic
<i>Esocoetus volitans</i>	Pelagic
<i>Clupea harengus</i>	Demersal

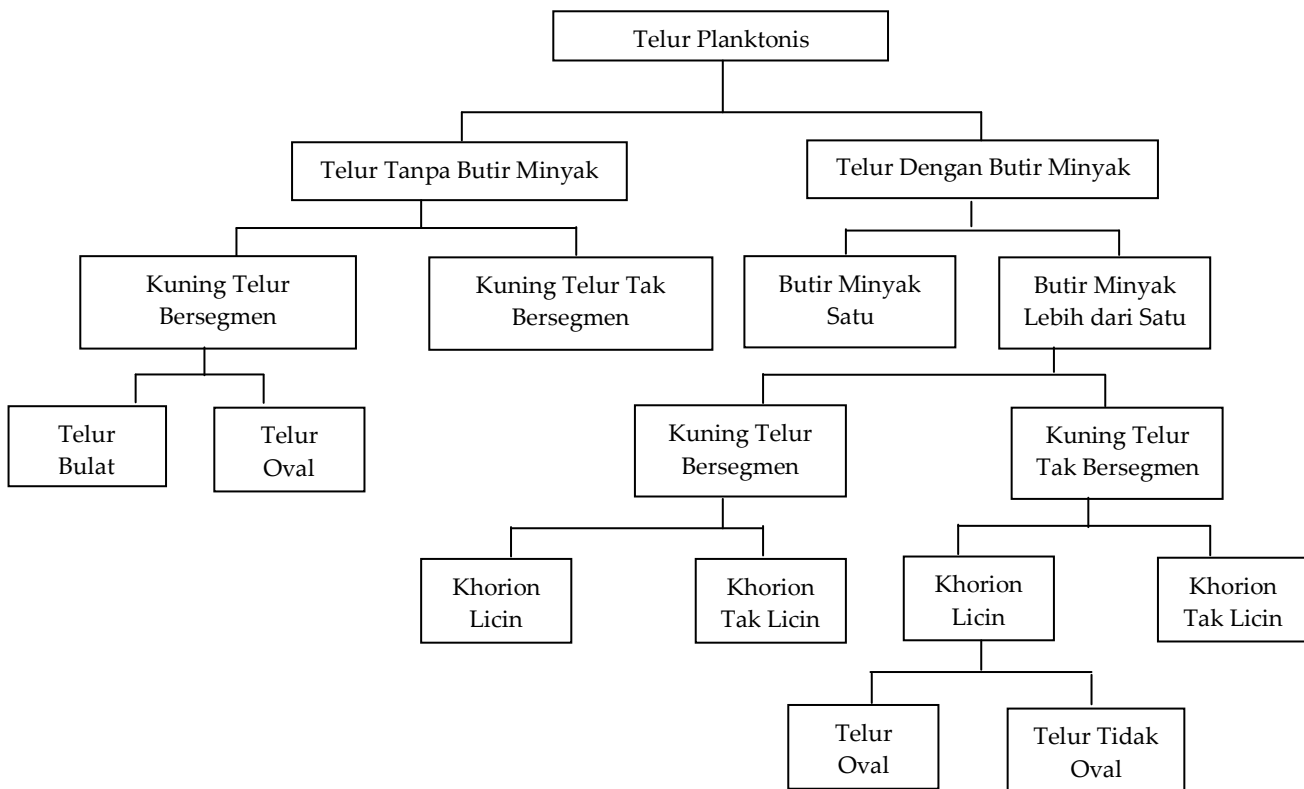
Sumber: Tang & Affandi (2017)



Gambar 31. Beberapa bentuk telur dan larva ikan yang baru menetas (Smith, 1977).

Telur ikan dapat dikenali dari ukuran, sifat kuning telur, ada tidaknya gelembung minyak, dan pigmentasinya. Sifat telur ikan sangat beragam. Beberapa jenis ikan mempunyai telur sangat besar seperti hiu dan pari. Telur-telur tersebut ditaruh dalam kapsul tanduk atau disimpan dalam tubuh betina. Sebagian besar jenis telur ikan lain, berukuran kecil. Dalam kelompok terbesar ikan teleostei yang praktis mencakup ikan komersial yang kita kenal, telurnya sangat seragam dan kecil ukurannya.

Ada dua kelompok telur ikan, yakni yang agak besar, berukuran 2 mm sampai 5 atau 6 mm, berat dan tenggelam bila tertimbun di dasar laut atau melekat pada benda tenggelam yang dinamakan telur demersal. Kelompok lain yang merupakan kelompok terbesar, berbentuk bulat dan mengambang, bening serta sering mengandung gelembung minyak. Umumnya, telur-telur ini lebih kecil dibandingkan telur-telur demersal, tetapi ada juga yang mencapai 4 mm. Telur-telur planktonik ini merupakan bagian dari plankton (Romimohtarto & Juwana, 2004).



Gambar 32. Bagan klasifikasi telur-telur ikan pelagis (Effendie, 1997).

Dari penelitian terhadap beberapa telur pelagis laut Jawa, ditemukan beberapa macam tanda yang dapat dipakai untuk menggolongkan telur ikan sehingga dapat membantu untuk pengenalan lebih lanjut. Di antara tanda-tanda tersebut adalah bentuk telur, butir minyak, warna, keadaan permukaan butir kuning telur, dan sebagainya. Di Laut Jawa dari contoh yang didapat ada tiga jenis yang mempunyai tanda demikian. Kuning telurnya bersegmen seperti tanda pada telur ikan herring dan ikan belut. Sejumlah butir minyak terdapat pada kuning telur antara 7-9 buah tapi jumlah ini bervariasi. Berdasarkan penelitian maka dibuat klasifikasi telur-telur ikan pelagis yang terdapat di perairan sebagai dasar pengenalan telur lebih lanjut, sebagaimana disajikan pada Gambar 32.

Di samping pengelompokan telur seperti pada Gambar 32, ada beberapa sistem lain dalam pengelompokan telur berdasarkan macam sifatnya yang lain seperti berikut (Effendie, 1997):

- (1) Sistem pengelompokan telur ikan berdasarkan pada jumlah kuning telurnya, yaitu:
 - a. Oligolecithal: Telur yang mengandung kuning telur sangat sedikit jumlahnya. Contoh ikan yang mempunyai telur demikian adalah *Amphioxus*.
 - b. Telolecithal: Telur telolecithal mengandung sejumlah kuning telur lebih banyak dari pada telur oligolecithal. Ikan yang mempunyai telur telolecithal banyak terdapat di daerah yang bermusim empat, misalnya pada *Sturgeon*.
 - c. Macrolecithal: Telur yang mempunyai kuning telur relatif banyak dengan keping sitoplasma di bagian kutub animanya. Telur macam ini banyak terdapat pada kebanyakan ikan.

- (2) Pengelompokan telur berdasarkan pada jumlah kuning telur, namun dikelaskan lebih lanjut berdasarkan berat jenisnya.
- Non bouyant: Telur yang tenggelam ke dasar bila dikeluarkan oleh ikan dan akan tetap di dasar. Golongan telur ini menyesuaikan tidak ada cahaya matahari. Kadang-kadang telur ini oleh induknya ditaruh atau ditimbun oleh batu-batuan atau kerikil. Sebagai contoh yang khas dari telur macam ini adalah pada ikan salmon.
 - Semi bouyant: Telu tenggelam ke dasar perlahan-lahan, mudah tersangkut, dan umumnya telur itu berukuran kecil. Contohnya pada ikan *Coregonus*.
 - Terapung: Telur dilengkapi dengan butir minyak yang besar sehingga terapung. Umumnya terdapat pada ikan-ikan yang hidup di laut.
- (3) Pengelompokan telur berdasarkan pada kualitas kulit luarnya, yaitu:
- Non adhesive: Telur mungkin sedikit adhesive pada waktu pengerasan cangkangnya, namun kemudian sesudah itu telur sama sekali tidak menempel pada apa pun juga. Sebagai contoh telur ikan salmon.
 - Adhesive: Setelah proses pengerasan cangkangnya, telur itu bersifat lengket sehingga akan mudah menempel pada daun, akar tanaman, dan sampah. Contohnya telur ikan mas (*Cyprinus carpio*).
 - Bertangkai: Sungguh-sungguh merupakan keragaman yang khas dari bentuk adhesive, terdapat suatu bentuk tangkai kecil untuk menempelkan telur pada substrat. Telur macam demikian terdapat pada ikan smelt.
 - Telur berenang: Pada telur ini terdapat filamen yang panjang untuk menempel pada substrat atau filamen tersebut untuk membentuk telur terapung sehingga sampai ke tempat untuk menempel didapatkan. Contohnya pada telur ikan hiu (*Scliorhinus* sp).
 - Gumpalan lendir: Telur-telur dilekatkan pada rangkaian lendir atau gumpalan lendir seperti pada ikan perch atau sebangsa ikan lele.
- (4) Pengelompokan telur berdasarkan pada lingkungan yang diberikan oleh induknya, yaitu:
- Telur tersebar, tidak ada tambahan sesuatu dari induknya untuk keberhasilan hidup dari telur tadi.
 - Telur terapung, umumnya terdapat pada ikan laut seperti pada ikan tenggiri, dan lainnya.
 - Telur tenggelam ke dasar, banyak terdapat pada ikan air tawar seperti golongan ikan *minnow*.
 - Telur adhesive, menempel kepada substrat, batu, tumbuhan, dan lain-lain. Contohnya telur ikan mas.
 - Telur tersebar atau diletakkan satu per satu tetapi dengan beberapa syarat perlindungan, namun tanpa perhatian dari induk.
 - Telur dengan benang lendir, misalnya pada ikan perch.
 - Telur dengan cangkang yang berubah seperti tangkai yang adhesive, seperti pada Atherinidae.
 - Telur dibungkus dalam kapsul pelindung yang dikeluarkan oleh uterus. Contoh pada ikan hiu dan pari.
 - Bila telur menyentuh air, cangkangnya akan pecah dan menggulung menjadi organ yang adhesive untuk menempel pada sesuatu. Contoh pada ikan terbang.
 - Telur diletakkan kepada gumpalan lendir tetapi tidak membentuk sarang. Telur tersebut dijaga oleh induk jantan.
 - Telur diletakkan di celah batu karang di atas permukaan air terendah pasang naik. Telur terkena udara pada waktu pasang turun. Ikan jantan sambil berpuasa menunggu telur selama pengeraman dari gangguan predator.
 - Telur tergulung pada masa yang bulat dan ikan induk menggulung dengan tubuhnya. Contoh pada ikan *pholis*.

- d. Telur diletakkan dalam sarang pada kerikil, pasir, atau lumpur di dasar perairan.
 - Pada kerikil air yang mengalir. Telur ditutupi dan induk meninggalkan sarang.
 - Pada pasir atau kerikil di dasar perairan yang digali oleh induk.
 - Sarang yang berbentuk cangkir di dasar perairan, telur tidak ditutupi. Jantan biasanya menjaga telur dan mengipasinya. Telur biasanya adhesive.
 - Sarang terpendam di dalam dasar lumpur atau detritus.
- e. Sarang untuk telur diletakkan di bawah atau di atas obyek. Penjagaan telur biasanya dilakukan oleh jantan.
- f. Sarang dibuat dari bahan tanaman yang disusun seperti sarang burung yang dijalin oleh suatu zat yang dikeluarkan oleh ginjalnya. Ikan jantan menjaga sarang.
- g. Sarang terbuat dari gelembung atau busa yang disusun oleh ikan jantan dan sarang itu dikeraskan oleh lendir yang dikeluarkan oleh ikan jantan pula. Telur diletakkan dalam gelembung ini.
- h. Penyesuaian khusus untuk menjaga telur oleh induknya.
 - Telur dalam mulut, pada beberapa ikan dari famili Cichilidae (Mujair, Nila).
 - Sebangsa ikan lele di Brasil membentuk sebagai kulit perutnya menjadi membengkak dan dipakai untuk telur di bagian itu sehingga telur tersebut menetas.
 - Pada genus kurtus di bagian kepala ikan jantan terdapat lengkungan tulang di bagian depannya. Telur dalam bentuk gumpalan dihubungkan oleh semacam benang dengan bagian tulang tadi sehingga kedua gumpalan tersebut menggantung di kedua pinggir kepalanya.
 - Telur diletakkan dalam kantung yang terdapat di bagian perutnya, seperti pada ikan kuda laut (Syngnatidae).
- i. Pemijahan yang bekerja sama dengan binatang lain seperti pada ikan Biterling yang memerlukan moluska untuk meletakkan telurnya.

D. FAKTOR-FAKTOR GENETIS

Induk ikan yang berkembangbiak akan memberikan keturunan yang memiliki gen yang berasal dari induk jantan dan betina. Gen merupakan ruas DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) atau ADN (Asam Dioksiribo Nukleat) yang digunakan sebagai model atau sandi dalam pembentukan RNA (*Ribonucleic Acid*) atau protein. Gen inilah yang akan menentukan karakter setiap makhluk hidup dengan cara membentuk protein atau enzim yang mengkatalis metabolisme. Materi genetik merupakan bahan yang membawa informasi penentu sifat suatu organisme. Materi genetik inilah yang bertanggungjawab memindahkan informasi dari induk kepada keturunannya, informasi genetik inilah yang menentukan perkembangan makhluk hidup serta mengontrol pertumbuhan dari satu sel sampai menjadi dewasa.

Materi genetik inilah yang menentukan kehidupan dan berperan dalam proses metabolisme dan reproduksi. Metabolisme merupakan proses perubahan senyawa kimia dari satu bentuk ke bentuk lain yang mentransfer energi dan pada setiap proses metabolisme terdapat reaksi enzimatik. Sedangkan pada saat terjadi proses reproduksi yang pertama kali membelah adalah kromosom. Oleh karena itu, bahan genetik inilah yang sangat berperan dalam proses reproduksi dan metabolisme adalah kromosom. Kromosom merupakan bahan genetik (himpunan gen) yang sangat berperan dalam mengendalikan proses metabolisme, melalui pengendalian pembentukan enzim dan dan mengendalikan proses reproduksi sel, dengan mengawali proses replikasi dirinya (Gusrina, 2014).

Sel merupakan unit terkecil tempat aktivitas proses kehidupan dimana pada sel ini berlangsung proses metabolisme dan proses reproduksi. Makhluk hidup ada yang bersel tunggal (satu sel sama dengan satu organisme, seperti bakteri, khamir) dan yang bersel ganda seperti hewan dan tumbuhan. Ikan merupakan salah satu jenis hewan yang tubuhnya tersusun oleh berbagai macam sel dan selnya ini terbagi atas inti yang mengandung bahan genetik dan sitoplasma yang mengandung perangkat metabolisme.

Di dalam sel terdapat bagian yang disebut dengan kromosom. Semua makhluk hidup mengandung kromosom yang terdapat puluhan sampai ratusan ribu gen yang dapat diwariskan. Kromosom merupakan persyaratan minimum untuk terjadi kehidupan dan pada kromosom terdapat pusat pengendalian kehidupan. Kromosom selalu terbentuk pada saat pembelahan sel dan kromosom ini merupakan struktur yang halus yang mengandung untaian kromatin yang sangat padat selama pembentukan sel. Kromosom setiap makhluk hidup selalu digambarkan sepasang dan gambaran tentang kromosom ini disebut dengan kariotipe (Gusrina, 2014).

Jumlah kromosom dalam satu spesies selalu tetap. Pada ikan, seperti juga organisme lain, jumlah kromosom selalu berpasangan, dan disebut diploid ($2N$). Salah satu kromosom dari pasangan tersebut berasal dari induk jantan, dan yang lain berasal dari induk betina. Ada beberapa perkecualian pada ikan, yaitu kromosom yang bersifat tetraploid ($4N$). Hal ini merupakan materi atau sumber keragaman yang pada akhirnya akan menimbulkan spesies baru. Perkecualian lain adalah ikan yang bersifat *catostomoids* dan *salmonoids*, yang berkembang dari tetraploid, dan beberapa lagi ikan bersifat triploid ($3N$). Namun perkecualian tersebut (tetraploid dan triploid) pada ikan sangat jarang.

Oleh karena kromosom ikan bersifat diploid atau berpasangan ($2N$), maka gen-gen yang ada juga berpasangan (kecuali gen yang terdapat pada kromosom seks). Pada satu lokus kromosom ikan biasanya terdapat satu atau *alele*. Apabila hanya ada satu pasang alele yang sama pada lokus tertentu, maka (pasangan yang identik) individu tersebut disebut *homosigot*, sedangkan bila terdapat dua tipe alele pada lokus yang sama, individu tersebut disebut *heterosigot* (Westra, 1994).

Ada dua tipe kromosom, yaitu *autosome* (kromosom pada sel-sel tubuh dan bentuknya sama pada jantan dan betina dan kromosom seks (*sex chromosomes*). Kromosom seks menentukan jenis kelamin ikan. Secara morfologis, kromosom seks pada individu jantan berbeda dengan betina. Selain itu, sangat sulit menentukan kromosom seks pada ikan. Pada pemeriksaan kromosom (*karyotipe*), dari 810 jenis ikan yang memiliki rangka (tulang) kromosom seks, hanya dapat diidentifikasi pada 29 spesies saja (3,6 %) (Westra, 1994).

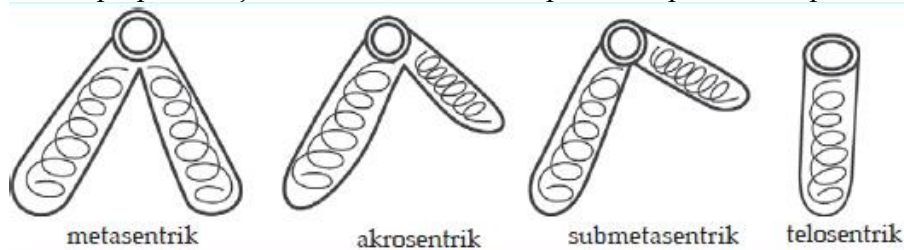
Tabel 41. Jumlah kromosom beberapa jenis ikan

Jenis Ikan	Jumlah Kromosom (2n)	Pustaka
Ikan mas koki (<i>Carrasius auratus</i>)	104	Purdom (1993)
Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	104	Purdom (1993)
Ikan <i>Oryzias latipes</i>	48	Purdom (1993)
Ikan salmon (<i>Salmo salar</i>)	58	Purdom (1993)
Ikan lele (<i>Clarias batrachus</i>) jantan	50	Pandey & Lakra (1997)
Ikan lele (<i>Clarias batrachus</i>) betina	51	Pandey & Lakra (1997)
Ikan lele (<i>Clarias macrocephalus</i>)	54	Vejaratpimo & Pewnim (1990)
Ikan lele (<i>Clarias gariepinus</i>)	56	Costav <i>et al.</i> (1990)
Ikan lele (<i>Clarias fuscus</i>)	56	Anonim (1986)
Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	44	Rosyidah (1994)
Ikan mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	44	Varadaraj (1993)
Ikan gurami (<i>Osphronemus gouramy</i>)	48	Khusnuddin (1994)
Ikan tawes (<i>Puntius gonionotus</i>)	50	Carman (1992)
Ikan tambakan (<i>Helostoma temmincki</i>)	48	Carman (1992)
Ikan sepat (<i>Trichogaster pectoralis</i>)	46	Carman (1992)
Ikan sidat (<i>Anguilla japonicus</i>)	38	Carman (1992)
Ikan grasscarp (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	48	Carman (1992)

Sumber: Gusrina (2017)

Bentuk kromosom dapat terlihat pada tahap-tahap pembelahan sel yaitu pada tahap metafase dimana kromosom tersusun dibidang ekuator. Jumlah dan morfologi kromosom dapat dipelajari selama tahap anafase dan metafase karena pada tahapan tersebut kromosom dalam kepadatan maksimum, mudah diwarnai, dan dalam keadaan ganda. Jumlah kromosom setiap makhluk hidup bervariasi. Pada ikan

jumlah kromosomnya berbeda antara satu spesies dengan spesies lainnya. Berdasarkan hasil penelitian beberapa peneliti jumlah kromosom setiap ikan dapat dilihat pada Tabel 41.



Gambar 33. Bentuk-bentuk kromosom

Kromosom terdiri dari dua bagian yaitu sentromer dan lengan. Sentromer adalah bagian kepala kromosom. Pada saat pembelahan sel kromosom menggantung pada serat gelondong lewat sentromer, pada sentromer ini tidak mengandung kromonema dan gen. Sedangkan lengan adalah badan kromosom itu, dimana di dalam lengan tersebut terdapat kromonema dan gen. Pada bagian lengan ini memiliki daerah selaput, kandung, dan kromonema. Ada kromosom yang memiliki satu lengan, adapula yang mempunyai dua lengan. Ada yang kedua lengannya simetris dan ada asimetris. Ada pula kromosom yang lengannya terentang pada garis lurus atau ada kromosom yang lengannya kurus, gemuk, pendek, dan panjang. Berdasarkan bentuk lengannya kromosom dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

- (1) Metasentrik, yaitu bentuk kromosom yang mempunyai dua lengan yang sama panjang, biasa disebut juga dengan bentuk V.
- (2) Submetasentrik, yaitu bentuk kromosom yang mempunyai dua lengan tetapi panjangnya tidak sama ada yang lebih kecil.
- (3) Akrosentrik, yaitu bentuk kromosom yang mempunyai dua lengan tetapi salah satunya pendek, biasa disebut bentuk J atau L.
- (4) Teleosentrik, yaitu bentuk kromosom yang mempunyai lengan satu atau dua yang satu ukurannya pendek, biasanya disebut bentuk I.

Tiap kromosom mengandung dua bentuk yang identik dan sejajar yang dinamakan kromatid. Tiap kromatid terdiri dari satu atau beberapa filamen tipis yang dinamakan kromonemata atau genonemata. Pada kromonemata ini terdapat satu daerah yang menyerap pewarnaan yang lebih dan daerah ini dinamakan kromomer. Kromonema merupakan filamen ganda yang panjang, bentuknya lurus kalau sel itu sedang membelah dan kalau sel itu sedang istirahat atau interphase bentuknya ikal seperti spiral. Dalam sel yang sedang istirahat demikian kromonemata yang panjang dan tipis itu mengisi inti sel membentuk jaringan yang kompleks, tapi sukar terlihat di bawah mikroskop, hanya satu atau dua nukleoli yang terlihat.

Di dalam setiap sel organisme terdiri dari inti sel dan sitoplasma. Di dalam inti sel terdapat kromosom dan nukleolus. Dan pada kromosom inilah tempat dimana gen itu berada. Gen merupakan unit terkecil bahan sifat keturunan. Gen tersusun dari dua unsur yaitu DNA dan protein yang disebut histon. DNA berfungsi sebagai penyusun gen, histon berfungsi melindungi DNA dari kerusakan terutama dalam proses pembelahan sel. Letak gen pada kromosom ialah pada manik-manik yang disebut kromomer atau nukleosom. Manik-manik ini berjejer lurus sepanjang poros kromatin. Letak gen pada kromosom disebut dengan lokus.

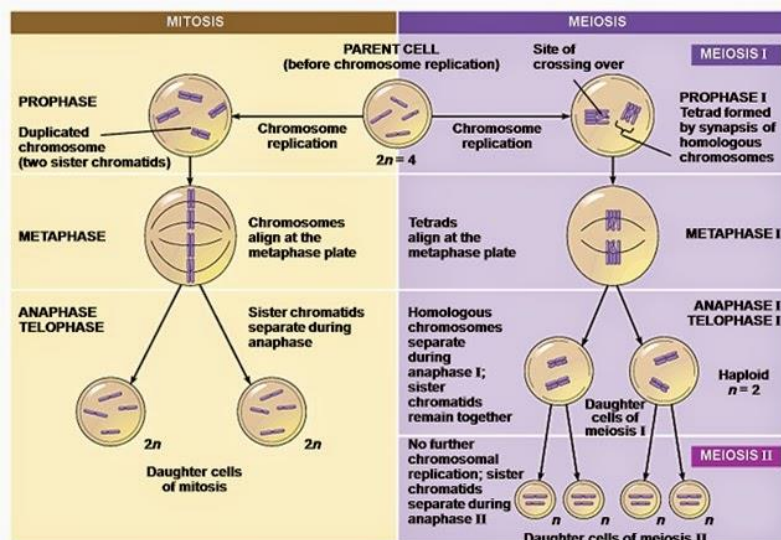
Gen terletak pada kromosom dan kromosom merupakan pembawa gen. Senyawa kimia sebagai bahan dasar gen adalah asam nukleat yang disusun oleh DNA dan RNA. Bahan dasar penyusun DNA dan RNA adalah gula: ribosa dan deoksiribosa, basa: purin yaitu adenin dan guanin, pirimidin: sitosin dan timin/urasil dan fosfat. Dari senyawa molekul yang menyusun bahan genetis inilah maka kehidupan semua makhluk hidup berjalan. Hal ini dikarenakan gen mengendalikan proses kehidupan melalui pembentukan enzim/protein yang berperan dalam proses metabolisme. Ikan sebagai salah satu biota air

dari kelompok eukariot yang sangat mudah dilihat karakter fenotipe dan genotipenya. Karakter fenotipe ikan sangat dipengaruhi oleh gen yang mengendalikan dan gen ini akan diekspresikan. Dengan diekspresikannya gen maka akan sangat mudah untuk membedakan satu jenis ikan dengan jenis ikan yang lain. Ekspresi gen adalah pemunculan informasi yang dikandung suatu gen menjadi suatu bentuk sifat organisme atau proses metabolisme organisme. Informasi genetik pada masing-masing individu beragam, bergantung pada kombinasi saat zigot berkembang. Variasi genetik ini bisa kecil atau besar, misalnya pada satu jenis ikan dari induk yang sama akan dihasilkan ribuan anak ikan yang tidak sama persis dengan induknya tetapi terdapat beragam ukuran ikan dan bentuk. Hal ini sangat dipengaruhi oleh gen sebagai material genetik yang sangat penting. Menurut Gusrina (2014), bahwa ada tiga mekanisme yang sangat bertanggungjawab terhadap bekerjanya material genetik tersebut sampai muncul ekspresi gen pada setiap ikan, yaitu:

- (1) Replikasi, yaitu proses penggandaan informasi genetik berupa rangkaian basa dari DNA induk menjadi dua DNA baru yang sama.
- (2) Transkripsi, yaitu proses transfer informasi genetik dari DNA menjadi RNA, semua molekul RNA (mRNA, rRNA, tRNA) disintesa berdasarkan rangkaian spesifik basa yang terdapat dalam DNA yang berperan sebagai cetakan (template).
- (3) Translasi, yaitu proses penerjemahan rangkaian basa yang terdapat dalam mRNA menjadi rangkaian asam amino dalam protein.

Melalui tiga mekanisme itulah semua tampilan fenotipe ikan dapat muncul, DNA sebagai materi genetik yang menyusun gen. Gen inilah yang menumbuhkan karakter dalam tubuh ikan, baik karakter kuantitatif maupun karakter kualitatif. Karakter kualitatif adalah karakter yang dapat dilihat ada atau tidaknya suatu karakter. Karakter ini tidak dapat dibuat gradasi (diskontinu). Sedangkan karakter kuantitatif adalah karakter yang dapat diukur nilai dan derajatnya, sehingga ada urusan gradasi dari rendah sampai yang tinggi (kontinu) (Gusrina, 2014).

Percobaan untuk memanipulasi dan mengeksploitasi gen-gen pada ikan hanya dapat dievaluasi dan diukur melalui fenotipenya. Variasi yang terdapat untuk tiap-tiap karakter fenotipe bersifat tetap, sehingga variasi dari karakter fenotipe baik kualitatif maupun kuantitatif menjadi penting untuk dipelajari. Fenotipe kualitatif pada ikan antara lain adalah warna tubuh ikan, bentuk sirip, sisik, sedangkan fenotipe kuantitatif pada ikan antara lain fekunditas, panjang tubuh, berat tubuh, kandungan lemak, persentase daging, dan viability (Tave, 1986 dalam Gusrina, 2014).



Gambar 34. Diagram pembelahan mitosis dan meiosis (Campbell, 1999)

Pada saat terjadi pembelahan sel, kromosom turut terbagi dalam pembagian tergantung pada macam pembelahan. Pembelahan sel ada dua macam, yaitu pembelahan mitosis dan meiosis. Pembelahan mitosis terdapat sel somatik, dimana dalam pembelahan itu jumlah kromosom tidak terdapat perubahan yaitu

tetap $2n$ atau diploid. Sedangkan pada pembelahan meiosis dalam pembentukan gamet jumlah kromosom tereduksi menjadi setengahnya atau n (haploid). Pembelahan mitosis digolongkan menjadi tahap-tahap berikut:

- (1) Interfase: sel siap untuk mulai membelah, tetapi belum memperlihatkan kegiatan membelah. Inti sel nampak keruh, lambat laun nampak benang-benang kromatin yang halus.
- (2) Profase: benang-benang kromatin makin menjadi pendek sehingga menjadi tebal. Terbentuklah kromosom-kromosom. Tiap kromosom lalu membelah memanjang dan anakan kromosom ini dinamakan kromatid. Dinding inti mulai menghilang.
- (3) Metafase: kromosom-kromosom menempatkan diri di bidang tengah dari sel.
- (4) Anafase: sentromer membelah dan kedua buah kromatid memisahkan diri dan bergerak menuju ke kutub sel yang berlawanan. Tiap kromatid hasil pembelahan itu memiliki sifat keturunan yang sama. Mulai saat ini kromatid-kromatid itu berlaku sebagai kromosom baru.
- (5) Telofase: di tiap kutub sel berbentuk stel kromosom yang identik. Serabut gelendong inti lenyap dan dinding inti terbentuk lagi. Kemudian plasma sel terbagi menjadi dua bagian, proses yang disebut sitokinese. Akhirnya terbentuk dua sel anak yang identik dengan sel induk.

Berbeda dengan mitosis, pembelahan meiosis berlangsung dalam dua tingkat, yaitu meiosis I dan meiosis II. Meiosis I dibedakan atas beberapa fase, yaitu:

- (1) Profase I: ini berbeda dari profase pada mitosis, yaitu bahwa kromosom-kromosom homolog membentuk pasangan, yang dinamakan bivalen. Proses berpasangannya kromosom homolog dinamakan sinapsis. Kemudian setiap anggota bivalen membelah memanjang sehingga terbentuklah 4 kromatid. Keempat kromatid pada satu bivalen dinamakan tetrad. Selama sinapsis dapat terjadi pindah silang (*crossing over*), yaitu peristiwa penukaran segmen dari kromatid-kromatid dalam sebuah tetrad.
- (2) Metafase I: bivalen-bivalen menempatkan diri di bidang tengah dari sel secara acak (random).
- (3) Anafase I: sentromer belum membelah. Kini kromosom-kromosom homolog (masing-masing terdiri dari 2 kromatid) saling memisahkan diri dan bergerak menuju ke kutub sel yang berlawanan. Berarti jumlah kromosom telah diparoh, dari keadaan diploid ($2n$) menjadi haploid (n).

Kemudian berlangsung sitokinese sehingga sel induk yang mula-mula diploid telah menjadi dua sel anakan masing-masing haploid. Meiosis I berakhir. Waktu yang pendek antara meiosis I dan meiosis II disebut interkinese. Sedangkan proses meiosis II dibedakan atas beberapa fase sebagai berikut:

- (4) Profase II: serabut-serabut gelendong terbentuk lagi.
- (5) Metafase II: sentromer-sentromer menempatkan diri di tengah sel.
- (6) Anafase II: sentromer dari tiap kromosom membelah, kromatid-kromatid memisahkan diri dan bergerak ke kutub yang berlawanan dan merupakan kromosom.
- (7) Telofase II: Berlangsung sitokinese lagi, diikuti dengan terbentuknya dinding inti.

Jadi pada meiosis, sebuah sel induk diploid akhirnya menghasilkan empat sel anakan masing-masing haploid.

Dalam pembelahan meiosis yang pertama, pada tahap profase, kromosom berpasangan (sinapsis) yang akibatnya jumlah kromosom menjadi setengahnya, tetapi masing-masing memiliki 4 kromatid yang dinamakan tetrad. Gambaran umum dari tetrad ini adalah:

$$\frac{(A : A)}{(a : a)}$$

Pada tahap anafase, masing-masing kromosom anak mempunyai dua kromatid yang dinamakan dyad, dan gambarnya adalah $A:A$ dan $a:a$. Dalam pembelahan meiosis yang kedua kejadiannya sama dengan pembelahan meiosis pertama, dimana pada tahap anafasenya dari masing-masing dyad termasuk 4 sel yang mengandung satu kromatid, dari masing-masing tetrad satu setengah jumlah kromosom sebelum menjadi pembelahan meiosis. Jadi apabila satu spesies ikan mempunyai kromosom A, a, B, b, C, c, D , dan

d, dalam sinapsis terbentuk 4 kromosom ganda yaitu Aa, Bb, Cc, dan Dd. Dari empat kromosom ganda ini membentuk 4 tetrad,

$$\frac{A : A}{a : a} \quad \frac{B : B}{b : b} \quad \frac{C : C}{c : c} \quad \text{dan} \quad \frac{D : D}{d : d}$$

Setelah selesai pembelahan meiosis yang kedua, gamete yang masak akan mengandung 4 kromosom yang haploid, dimana kemungkinan kombinasi adalah ABCD, ABCd, ABcd, Abcd, ABcD, AbCd, aBCD, abcd, aBcD, abcD, abCD, AbcD, dan abCD. Dengan demikian kalau satu spermatozoa tertentu dapat membuahi salah satu macam telur di atas yang dikeluarkan oleh ikan betina. Atau salah satu telur di atas dapat dibuahi oleh enam belas kemungkinan macam spermatozoa.

Pada waktu terjadi proses pembelahan mitosis ataupun meiosis kromosom akan berpasangan. Pada waktu berpasangan dapat saja terjadi suatu perubahan letak gen pada kromosom itu. Mengutip Shumway & Adamstone (1954), Effendi (1997) memperlihatkan beberapa kemungkinan adanya perubahan tersebut:

- (1) Dua macam kromosom yang homolog memperlihatkan posisi gen yang allele. (allele = salah satu dari dua gen terletak pada lokus yang sama dalam kromosom yang homolog tetapi merangsang ekspresi alternatif dari sifat yang khusus).
- (2) *Crossing over*. Pasangan kromosom seperti terlihat pada A mungkin letaknya berubah atau berputar seperti C, kemudian putus sehingga bentuknya seperti D.
- (3) *Deletion*. Salah satu pasangan kromosom seperti yang terdapat pada A terputusnya sendiri seperti pada B kemudian terputus sehingga C hilang dan akhirnya tampak seperti F.
- (4) *Inversion*. Salah satu pasangan kromosom seperti terdapat pada A berputar sendiri letak gennya seperti pada G kemudian terputus pada akhirnya seperti H.
- (5) *Duplication* dan *Deficiency*. Salah satu anggota kromosom seperti terdapat pada A letaknya seperti pada I kemudian terputus sehingga bentuknya seperti J sehingga mempunyai duplikasi gen D.
- (6) *Translocation*. Salah satu pasangan kromosom seperti terdapat pada A berpotongan dengan salah satu dari B sehingga terlihat seperti K, kemudian terputus sehingga letak kromosom tersebut seperti L.

Adanya perubahan letak gen maka besar kemungkinan akan didapatkan macam individu baru dari spesies itu dengan beberapa sifat yang berbeda dari kedua induknya.

Individu jantan dan betina merupakan salah satu sifat yang ditentukan oleh kromosom. Dalam menentukan sifat tersebut ada beberapa macam tipe. Namun tipe X-0 merupakan tipe yang umum, dimana sifat jantan mempunyai kromosom kurang satu daripada kromosom betina. Jadi kalau pada betina terdapat 14 kromosom, maka pada jantan kromosomnya ada 13. Dalam sinapsis, betina mempunyai 6 pasang kromosom (autosom X), sedangkan pada jantan autosomnya ada 6 pasang ditambah satu kromosom X. Dengan kata lain tiap-tiap telur mempunyai susunan kromosom yang lengkap, terdiri dari autosom dan satu kromosom X atau (A + X), sedangkan pada spermatozoa ada dua macam yaitu susunan yang lengkap (A + X) dan yang tidak lengkap (A + 0) (Effendi, 1978; 1997).

Selain tipe X-0 ada juga tipe X-Y yang prinsip kerjanya sama. Golongan jantan ditentukan oleh adanya kromosom Y. Hasil dari suatu pembuahan apabila susunannya (2A + 2X) menunjukkan betina sedangkan yang jantan susunannya ialah (2X + XY). Ikan jantan dari tipe X-0 dan tipe X-Y adalah spesies heterogamet di antaranya *Oryzias latipes*, *Poecilia reticulata*, *P. nigrofasciata*, *Xiphophorus variatus*, *X. xiphidium*, *X. maculatus*, *X. couchianus*, *X. milleri*, *X. montezumae cortezi*, *Betta splendens*, *Mogruna obsula*, *Cottus pollux*, dan *Carassius auratus*.

E. PEMBUAHAN

Pembuahan atau disebut juga fertilisasi adalah bersatunya oosit (telur) dengan sperma dalam sitoplasma membentuk zigot. Pada pembuahan ini terjadi pencampuran inti sel telur dan inti sperma. Pada dasarnya

fertilisasi adalah merupakan penyatuan atau fusi sel gamet jantan dan sel gamet betina untuk membentuk satu sel (*zygot*). Proses ganda di dalam fertilisasi adalah: (1) aspek embriologi yaitu pengaktifan ovum oleh sperma, dan (2) aspek genetik yaitu pemasukan faktor-faktor hereditas pejantan ke dalam ovum. Aspek genetik inilah yang dimanfaatkan dalam pembuahan buatan atau inseminasi buatan yakni menyatukan faktor-faktor unggul yang dimiliki spermatozoa dan betina melalui sel telurnya (Tang & Affandi, 2017).

Bagi ikan, persatuan antara sperma dengan telur ada yang terjadi dalam tubuh (fertilisasi internal) dan ada yang terjadi di luar tubuh (fertilisasi eksternal). Ikan yang mengadakan fertilisasi internal dilengkapi dengan organ khusus (*copulatory organ*). Organ tersebut biasanya terdapat pada ikan jantan saja, seperti klasper pada golongan ikan Elasmobranchii; Pterygopod pada ikan pari; gonopodium pada ikan Poecillidae (Effendi, 1978; 1997).

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya (Bab VIII) bahwa, berdasarkan pemijahannya dikenal tiga kelompok ikan yaitu ovipar, vivipar, dan ovovivipar. Vivipar dan ovovivipar melahirkan anaknya, sedangkan ovipar mengeluarkan telur pada waktu pemijahan. Pemijahan pada ikan vivipar dan ovovivipar dilengkapi dengan alat bantu, yaitu bagian sirip dubur yang berubah bentuk atau *genital papilla* yang membesar yang dinamakan pseudopenis. Sebagian besar ikan *urogenital papilla*-nya pada ikan betina yang disentuh ke alat kelamin jantan.

Pada beberapa ikan famili Embiotocidae setelah terjadi kopulasi sperma yang masuk ke dalam tubuh ikan betina, tetapi apabila tidak membuahi telur masih dapat hidup sampai enam bulan. Kemudian, sperma ini akan membuahi telur yang masih berada di dalam folikel. Setelah terjadi ovulasi, telurnya bergerak ke bagian depan yaitu kira-kira di daerah oesophagus dan masuk ke dalam corong. Tempat terjadinya pembuahan ialah di tempat oviduct yang biasanya mengeluarkan kelenjar untuk kulit telur pada ikan *Urophophus halleri*, ikan betinanya dapat menyimpan sperma dalam oviductnya sampai tiga bulan setelah kopulasi sperma tidak langsung membuahi telur (Tang & Affandi, 2017).

Pada ikan ovipar, yang merupakan mayoritas daripada ikan yang ada, pembuahan terjadi di luar tubuh, dimana induk betina mengeluarkan telur dan induk jantan mengeluarkan spermatozoa. Setelah telur matang maka telur akan diovasikan oleh ikan betina. Ovulasi itu adalah proses keluarnya sel telur (oosit) yang telah matang dari folikel dan masuk ke dalam rongga ovarium atau rongga perut (Nagahama, 1990). Menurut Gusrina (2014) bahwa pelepasan sel telur terjadi akibat: (a) telur membesar; (b) adanya kontraksi aktif dari folikel (bertindak sebagai otot halus) yang menekan sel telur keluar; dan (c) daerah tertentu pada folikel melemah, membentuk benjolan hingga pecah dan terbentuk lubang pelepasan hingga telur keluar.

Enzim yang berperan dalam pemecahan dinding folikel adalah *protease plasmin* kemudian diikuti oleh hormon *Prostaglandin F2 α* (PGF2 α) atau *Coticholamin* yang merangsang kontraksi aktif dari folikel.

Setelah ovulasi kemudian akan diikuti oleh ikan jantan mengeluarkan sperma. Sperma yang tadinya bergerak lamban menjadi bergerak cepat (motilitas tinggi) dikarenakan bersentuhan dengan air. Pergerakan sperma tersebut akan mengarah pada sel telur karena distimulasi oleh adanya Gimnogamon I yang diekskresikan oleh telur. Setelah sperma menempel pada telur, telur akan mengeluarkan Androgamon I untuk menekan motilitas sperma dan Gimnogamon II untuk menggumpalkan sperma (Gusrina, 2014). Menurut Tang & Affandi (2017) bahwa fungsi androgamon I adalah untuk menekan aktivitas spermatozoa ketika masih berada di dalam saluran genital ikan jantan, sedangkan androgamon II berfungsi membuat permukaan khorion menjadi lunak sebagai lawan dari fungsi Gimnogamon II.

Menurut Effendie (1978; 1997) bahwa dalam proses pembuahan spermatozoa masuk ke dalam telur melalui lubang mikrofil yang terdapat pada khorion. Tiap spermatozoa mempunyai kesempatan yang sama untuk membuahi satu telur. Akan tetapi karena ruang tempat terjadinya pembuahan yaitu

pertemuan telur dengan spermatozoa pada ikan ovipar sangat besar maka kesempatan spermatozoa itu untuk bertemu dengan telur sebenarnya sangat kecil. Untuk mengatasi hal tersebut agar pembuahan berhasil, spermatozoa yang dikeluarkan jumlahnya sangat besar sekali dibandingkan dengan jumlah telur yang akan dibuahi. Dalam kondisi yang optimum spermatozoa ikan yang baru dikeluarkan dari tubuh mempunyai kekuatan untuk bergerak dalam air selama 1-2 menit.

Selanjutnya dinyatakan bahwa secara relatif khorion pada telur yang sudah dalam air adalah keras dan tidak dapat ditembus oleh spermatozoa kecuali melalui mikrofil yang bentuknya seperti corong. Lubang corong yang besar terletak di bagian luar dan lubang yang kecil di bagian dalam. Lubang yang kecil karena demikian kecilnya sehingga tidak mungkin dapat dilalui oleh spermatozoa lebih dari satu dalam satu waktu. Ketika satu spermatozoa masuk ke dalam lubang corong itu merupakan sumbat bagi yang lainnya dan setelah kepala spermatozoa itu masuk, bagian ekornya terlepas. Dengan demikian pembuahan pada ikan umumnya monosperma, dimana kalau sudah masuk satu spermatozoa akan cepat terjadi perubahan pembuahan pada bagian mikrofil. Walaupun terjadi pembuahan polispermi hanya satu spermatozoa yang melebur bersatu dengan inti telur. Sedangkan yang lainnya dihisap oleh telur itu sebagai bahan makanannya. Sesaat setelah terjadi perubahan, isi telur agak sedikit mengkerut karena pecahnya rongga alveoli yang terdapat di dalam telur. Dengan kejadian tersebut rongga perivitelin lebih membesar sehingga telur yang telah dibuahi lebih dapat bebas mengadakan pergerakan rotasi selama dalam perkembangannya sampai menetas.

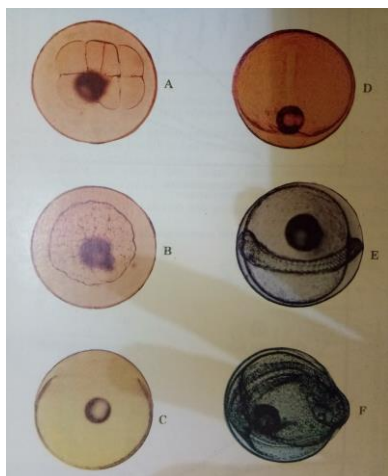
Berjuta-juta sperma menempel pada sel telur tetapi hanya satu sperma yang bisa masuk melalui mikrofil. Kepala sperma masuk dan ekornya tertinggal di luar, sebagai sumbat mikrofil sehingga yang lain tidak bisa masuk. Berjuta-juta sperma yang menempel pada telur disingkirkan oleh telur dengan reaksi kortek. Karena apabila tidak disingkirkan akan mengganggu metabolisme zigot. Menurut Fujaya (2004) menyatakan bahwa cara lain yang digunakan sel telur untuk mencegah sperma lain masuk adalah terjadinya reaksi kortikal sehingga mikrofil menjadi lebih sempit dan spermatozoa yang bertumpuk pada saluran mikrofil terdorong. Reaksi korteks juga berfungsi membersihkan khorion dari spermatozoa yang melekat karena akan mengganggu proses penerapanan zigot yang sedang berkembang.

Selanjutnya dinyatakan, ada beberapa hal yang mendukung berlangsungnya pembuahan, yakni spermatozoa yang tadinya tidak bergerak dalam cairan plasmanya, akan bergerak setelah bersentuhan dengan air dan dengan bantuan ekornya, bergerak ke arah telur. Selain itu, telur mengeluarkan zat gimnogamon yang berperan menarik spermatozoa ke arahnya. Sementara menurut Nesler bahwa, suatu substansi yang disebut fertilizing merangsang spermatozoa untuk berenang berusaha mencapai telur. Telur akan mengeluarkan fertilizing pada saat-saat terakhir ketika dilepas dan siap dibuahi (Sumantadinata, 1983).

Setelah memasuki telur, inti spermatozoa mulai membesar dan kromosomnya mengalami perubahan sehingga memungkinkan untuk berhimpun dengan kromosom dari sel telur fase awal pembelahan (Sumantadinata, 1983). Telur yang tidak dibuahi akan mati dan berwarna putih air susu.

F. PINGERAMAN

Setelah induk melakukan pemijahan maka sel telur dan sel sperma akan bertemu dan mengalami proses pembuahan (fertilisasi) yang akan membentuk zigot. Pembuahan terjadi ditandai dengan masuknya spermatozoa ke dalam telur lewat mikrofil. Setelah pembuahan, tahap selanjutnya dikenal sebagai pingeraman atau embriogenesis. Rahardjo *et al.* (2011) mengemukakan bahwa perkembangan embrio diawali saat proses impregnasi, yaitu saat sel jantan (spermatozoa) memasuki sel telur (ovum). Fertilisasi sel telur dikatakan sempurna ketika inti sel telur dan spermatozoa menyatu dalam sitoplasma telur. Persatuan kedua inti (pronuklei) tersebut mengakhiri proses pembuahan yang membentuk zigot.



Gambar 35. Perkembangan telur ikan kerapu batik, *Epinephelus microdon* (Slamet & Tridjoko, 1997)

Keterangan: A = delapan sel; B = morula; C = gastrula akhir; D = Neurula; E = fase embrio; F = telur hampir menetas

Menurut Effendi (1978; 1997), masa pengeraman adalah saat telur setelah dibuahi sampai menetas dimana selama waktu tersebut di dalam telur terjadi proses-proses embriologis. Setelah spermatozoa melebur dengan inti telur, protoplasma akan mengalir ke tempat spermatozoa masuk dan membentuk keping protoplasma kemudian akan diikuti oleh pembelahan sel.

Menurut Sukra *et al.* (1989) embrio adalah makhluk yang sedang berkembang sebelum makhluk tersebut mencapai bentuk definitif seperti bentuk makhluk dewasa. Perkembangan makhluk hidup dalam embriologi dibedakan dalam tiga tahap perkembangan, yaitu: (1) Progenase, dimulai dari perkembangan sel kelamin sampai menjadi zigot; (2) Embriogenese, merupakan proses perkembangan zigot, pembelahan zigot, blastulasi, gastrulasi, dan neurolasi sampai pembelahan zigot; dan (3) Organogenese, merupakan proses perkembangan alat-alat tubuh seperti jantung, paru-paru, ginjal, otak, dan sebagainya.

Sementara menurut Nikolsky (1963) dalam Tang & Affandi (2017) menyatakan bahwa, embriogenese adalah masa perkembangan sejak pembuahan sampai ikan mendapat makanan dari luar. Maka embrionik dibagi ke dalam dua periode yaitu periode telur (perkembangan yang terjadi pada luar membran) dan periode perkembangan sejak penetasan hingga awal pemberian makanan dari luar masuk dalam periode mebrionik. Balon (1975) dalam Tang & Affandi (2017) membagi embriogenese dalam tiga fase, yaitu pembelahan, embrionik, dan eleutheroembrionik (fase telur menetas sampai ikan mulai mengambil makanan dari luar. Tabel 42 dan Tabel 43 disajikan tahap perkembangan embrio ikan, yaitu ikan karper rumput atau ikan koan (*Ctenopharyngodon idellus*) dan ikan lele (*Clarias* sp).

Pembelahan zigot berlangsung terus-menerus dan tidak terjadi pentahapan. Oleh karena itu, istilah tahap perkembangan dipakai sekadar untuk melukiskan suatu proses. Apabila suatu proses perkembangan mulai berlangsung, terjadi perubahan terus-menerus dari menit ke menit atau jam ke jam dan seterusnya, sehingga proses peralihan dari satu tahap ke tahap berikutnya tidak jelas (Tang & Affandi, 2017). Setelah terjadi pembuahan hingga penetasan, perkembangan embrio ikan melalui beberapa tahap yaitu pembelahan zigot (*cleavage*), stadia morula, stadia blastula, stadia gastrula, dan stadia organogenesis. Waktu yang dibutuhkan tiap spesies mulai dari tahap pembelahan zigot hingga penetasan tidak sama. Ikan nilem (*Osteochilus hasselti*) dan tawes (*Barbonymus gonionotus*) masing-masing hanya membutuhkan waktu 12-25 jam dan 13-15 jam, sedangkan belut (*Monopterus albus*) dan ikan badut atau klon (*Amphiprion percula*) masing-masing membutuhkan waktu 8-10 hari dan 7-8 hari (Tabel 44).

1. Stadia Cleavage

Cleavage adalah pembelahan zigot secara cepat menjadi unit-unit lebih kecil yang disebut blastomer. Stadium cleavage merupakan rangkaian mitosis yang berlangsung berurut-turut segera setelah terjadi pembuahan yang menghasilkan morula dan blastomer (Gusrina, 2014).

Tabel 42. Tahap perkembangan embrio ikan karper rumput atau koan (*Ctenopharyngodon idellus*) pada suhu 18-24°C (Yi *et al.*, 2006).

No	Tahap	Uraian
1	Morula	Sel menjadi lebih dan sitoplasma masih terus bergerak ke arah kutub anima
2	Blastula awal	Blastodisc tampak menyerupai gundukan
3	Blastula tengah	Sel yang bertumpuk mengembang melewati kuning telur dan blastodisc mulai mendatar
4	Blastula akhir	Blastodisc makin mendatar, keseluruhan telur tampak diselaputi, dan sitoplasma menghilang
5	Gastrula awal	Blastodisc mulai melekok ke dalam, cincin kecambah terbentuk, bibir dorsal muncul dan blastoderm menutup lebih kurang separuh kuning telur.
6	Gastrula tengah	Cincin kecambah dan daerah perluasan dari blastoderm menebal, perisai embrionik terbentuk, bagian bawah sel kuning telur menyusut, dan batas tepi blastoderm menutupi dua pertiga kuning telur.
7	Gastrula akhir	Perisai embrionik berkembang, permulaan embrio mulai muncul, blastoderm menutupi lebih kurang empat per lima kuning telur, dan kuning telur membulat seperti buah jambu air.
8	Neurula	Blastoderm menutupi hampir seluruh kuning telur, menyisakan hanya ruang kecil yang tak tertutupi, dan embrio kian menebal
9	Akhir blastopore	Embrio memanjang
10	Pemunculan somit	Satu sampai tiga pasang somit tampak pada bagian tengah embrio, awal otak menebal, dan blastopore masih terlihat.
11	Optic primordium	Optic primordium berbentuk lonjong memanjang, tepi bawah tampak mempunyai kuncup halus, embrio menutupi sekitar lima per enam kuning telur, dua sampai tiga tetes minyak muncul pada sel kuning telur, dan jumlah somit meningkat sampai empat atau lima pasang.
12	Optic vesicle	Optic primordium membesar sedikit dan menjadi lebih terlihat, embrio melingkari sebagian besar kuning telur sehingga kepala dan ekor saling mendekat ujungnya, jumlah somit enam atau tujuh pasang, dan notokorda jelas terlihat.
13	Olfactory placode	Olfactory placode sedikit tampak di atas optic vesicle dan jumlah somit sembilan pasang.
14	Tonjolan ekor	Tonjolan ekor terbentuk, bakal otak mulai berdiferensiasi secara substansial, dan jumlah somit menjadi 10-15 pasang.
15	Kapsul otik	Kapsul otik terlihat jelas, optic vesicle membesar dan menjadi lonjong, jumlah somit mencapai 16-20 pasang, kantung kuning telur memanjang, jarak antara kepala dan ekor meningkat, suatu benjolan muncul di area otak.
16	Gelembung ekor	Ekor memanjang ke arah luar, suatu gelembung muncul pada kuncup ekor, ujung kuning telur berwarna biru langit, somit berjumlah 22 pasang, embrio memanjang, dan suatu pengerutan terlihat terjadi pada bagian posterior kuning telur dimana kuncup ekor berakhir.
17	Sirip kaudal	Embrio kian memanjang, sirip kaudal kecil terbentuk, gelembung ekor bergeser ke ujung ekor, mata hampir membulat, kantung kuning telur menyerupai ginjal, dan somit berjumlah 25 pasang.
18	Pembentukan lensa	Lensa mata terbentuk, gelembung otik muncul, dan somit berjumlah 26 pasang.
19	Efek otot	Pembentukan otot dimulai. Gelembung ekor hilang, embrio berwarna kuning terang, pengerutan miotom, secara spontan menghasilkan suatu gerakan mengibas pelan, otak makin berkembang, benjolan lebih menonjol, embrio dan kuning telur terus memanjang, ujung kuning telur berwarna biru langit, dan jumlah miomer 27 pasang.
20	Bakal jantung	Embrio dan kuning telur terus memanjang, sirip kaudal memanjang, kadang-kadang embrio mengibas dari kiri ke kanan, bakal jantung muncul di antara kepala dan kuning telur, somit berjumlah 31 pasang.
21	Pemunculan otolit	Embrio melurus, namun kepala tetap melingkar di sekitar kuning telur bagian anterior. Embrio bergerak secara kontinu, kuning telur lebih besar di bagian anterior dibandingkan dengan bagian posterior, otolit muncul, dan somit berjumlah 33-35 pasang.
22	Detak jantung	Tahap ini merupakan tahap terakhir perkembangan embrionik. Jantung mulai berdetak, embrio berotasi secara kontinu, dan somit berjumlah 36-41 pasang, selaput telur melunak, dan embrio siap menetas.

Sumber: Rahardjo *et al.* (2011).

Menurut Sukra *et al.* (1989) pembelahan zigot (*cleavage atoge*) adalah rangkaian mitosis yang berlangsung berurutan-turut segera setelah terjadi pembuahan. Pembelahan zigot berlangsung cepat sehingga sel anak tidak sempat tumbuh, sehingga besar sel anak makin lama makin kecil, sesuai dengan tingkat pembelahan. Akibatnya pembelahan menghasilkan kelompok sel anak yang disebut morula dan sel anak yang disebut blastomer. Blastomer melekat satu sama lain oleh kekuatan saling melekat yang disebut tigmotaksis.

Tang & Affandi (2017) mengatakan bahwa, menurut jumlah dan penyebaran kuning telur, pembelahan kuning telur; pembelahan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- (1) Pembelahan holoblastik, yaitu seluruh sel telur membelah menjadi dua bagian, kemudian anak sel tersebut membelah lagi secara sempurna dan seterusnya. Pada pembelahan macam ini dikenal lagi: (a) pembelahan holoblastik sempurna (equal) dimana bidang pembelahan sel telur menjadi dua blastomer yang seragam. Pembelahan semacam ini terjadi pada sel telur isolecithal (kuning telur yang penyebarannya merata); (b) pembelahan holoblastik tidak sempurna ditemukan pada sel telur teleolecithal. Karena penyebaran kuning telur lebih banyak di kutub vegetal maka mitosis di kutub animal berlangsung lebih cepat daripada di kutub vegetal. Pada akhir pembelahan jumlah blastomer di kutub animal lebih banyak daripada di kutub vegetal, tetapi ukurannya lebih kecil. Blastomer-blastomer kecil yang terdapat di kutub animal disebut mikromer dan yang terdapat di kutub vegetal disebut makromer.
- (2) Pembelahan meroblastik, yaitu pembelahan mitosis tidak disertai oleh pembagian kuning telur (kuning telur yang tidak ikut membelah), dengan demikian yang membagi diri adalah inti sel dan sitoplasma di daerah kutub animal. Pembelahan tersebut terdiri dari: (a) pembelahan meroblastik diskoidal, terjadi pada sel telur politelocithal (jumlah kuning telurnya banyak dan berkumpul di salah satu kutub, misalnya reptil, burung, mamalia, dan ikan); (b) pembelahan meroblastik superfisial, terjadi pada sel telur sentrolecithal (kuning telur di bagian tengah sel). Karena kuning telurnya mengumpul, maka pada akhir pembelahan blastomer-blastomer merupakan lapisan yang mengelilingi kuning telur, hal ini biasa ditemukan pada Arthropoda.

Tabel 43. Perkembangan stadia embrio ikan lele (*Clarias sp*) pada suhu 28°C

Waktu (jam)	Stadia embrionik
0:45	2 sel
1:00	4 sel
1:15	16 sel
1:30	32 sel
1:45	64 sel
2:00	128 sel
2:15	Morula
2:30	Awal Blastula
2:45	Akhir Blastula
4:15	Dimulainya epiboly
4:45	30 % epiboly
5:15	Germinal disk
7:00	60 % epiboly
8:15	90 % epiboly
12:00	1-10 somite
24:00	80-100 % menetas

Sumber: Gusrina (2014)

Menurut Effendie (1978; 1997) bahwa, pembelahan pada telur ikan bergantung pada macam telurnya, homolecithal (isolecithal) atau telolecithal. Pembelahan pertama pada telur homolecithal adalah meridian yang menyebabkan telur membelah menjadi dua buah sel yang sama besar. Pembelahan yang demikian yaitu pada telur homolecithal dinamakan pembelahan holoblastik. Setelah selesai pembelahan yang pertama diikuti oleh pembelahan kedua yang juga meridian, tetapi arahnya tegak lurus dengan pembelahan pertama sehingga terbentuk empat buah sel. Pembelahan yang ketiga biasanya equatorial menghasilkan 8 sel. Pembelahan berikutnya ada dua dan sejajar dengan pembelahan yang ketiga sehingga apabila telah selesai akan terbentuk 16 sel. Pembelahan-pembelahan berikutnya agak sukar diikuti namun hasil dari pembelahan itu akan terbentuk 32 sel, 64 sel, dan seterusnya.

Lagler (1972) dalam Tang & Affandi (2017) menyebutkan bahwa pembelahan pertama akan membagi blastodisk menjadi dua bagian yang selanjutnya masing-masing bagian akan membelah lagi menjadi 4 sel, 8 sel, 16 sel, dan 32 sel. Pembelahan-pembelahan sel ini akan menghasilkan blastoderm yang makin lama makin menebal. Tahap pembelahan sel terakhir dengan terbentuknya rongga blastocoel yang terletak di antara blastoderm dan jaringan periblast yang menempel pada kuning telur.

Berbeda dengan pembelahan holoblastik, pembelahan telur telolecithal dinamakan meroblastik dimana kuning telurnya tidak turut membelah. Jadi yang membelah pada telur telolecithal hanya keping protoplasmanya saja yang terdapat di kutub anima. Pembelahan pertamanya meridian, diikuti oleh pembelahan yang kedua tegak lurus pada bidang pembelahan yang pertama. Pembelahan yang ketiga tidak sama untuk beberapa spesies ikan. Pembelahan ini sebenarnya ada dua buah yang prosesnya berjalan bersama-sama dan memotong bidang pembelahan kedua di sebelah kiri dan kanan bidang pembelahan pertama. Bidang pembelahannya ada yang kedua-duanya sejajar dengan bidang pembelahan pertama dan ada pula yang tidak. Hasil dari pembelahan yang ketiga adalah stadium 8 sel. Pembelahan berikutnya yaitu pembelahan yang keempat terdiri dari dua pembelahan yang berjalan bersama-sama, sejajar atau tidak dan terletak di sebelah kiri dan kanan bidang pembelahan kedua. Apabila pembelahan yang keempat telah selesai terbentuklah stadium 16 sel yang terdiri dari satu lapis. Empat buah sel yang terletak di tengah-tengah dinamakan sel pusat, sedangkan sel yang di pinggirnya dinamakan sel batas. Pada pembelahan berikutnya yaitu pembelahan yang kelima, sel-sel pusat tidak membelah vertikal seperti pada pembelahan sebelumnya atau pembelahan sel batas, melainkan sejajar dengan permukaan. Dengan selesainya pembelahan yang kelima maka terbentuklah stadium 32 sel dengan sel pusat yang terdiri dari dua lapis sel (Effendie, 1978; 1997). Pembelahan yang mencapai 32 sel juga disebut sebagai stadia morula.

Hasil pembelahan sel telolecithal akan terbentuk dua kelompok sel, yaitu kelompok sel-sel utama (blastoderm) yang akan membentuk tubuh embrio yang disebut sel-sel fornichik atau gumpalan sel-sel dalam; dan sel-sel pelengkap (trophoblast, periblast, dan auxilliary cell) yang berfungsi sebagai pelindung antara embrio dengan induk atau dengan lingkungan luar (Tang & Affandi, 2017).

2. Stadia Morula

Morula merupakan pembelahan sel yang terjadi setelah sel berjumlah 32 sel dan berakhir bila sel sudah menghasilkan sejumlah blastomer yang berukuran sama akan tetapi ukurannya lebih kecil. Sel tersebut memadat untuk menjadi blastodisk kecil yang membentuk dua lapisan sel. Pada saat ini ukuran sel mulai beragam. Sel membelah secara melintang dan mulai membentuk formasi lapisan kedua secara samar pada kutub anima (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

Effendie (1978; 1997) menyatakan bahwa, pada pembelahan berikutnya—setelah terbentuk stadium 32 sel—sudah bercampur aduk dan sudah diikuti dimana synchronisasi pembelahan mitosis sudah hilang. Ikan *Serranus atrarius* yang sedang dalam stadium antara 32-64 sel, blastodermnya berbentuk seperti mangkuk terbalik. Sel yang menempel ke kuning telur membuat penjururan plasma ke bagian dalam sehingga seperti lapisan di bawah mangkuk terbalik. Lapisan itu dinamakan periblast atau trophoblast yang erat hubungannya dengan substansi kuning telur. Rongga yang ada di dalamnya dinamakan blastocoel. Stadium yang demikian dinamakan stadium blastula awal (Nelson, 1954).

Stadia morula berakhir apabila pembelahan sel sudah menghasilkan blastomer. Blastomer kemudian memadat menjadi blastodisk kecil membentuk dua lapis sel. Pada akhir pembelahan akan dihasilkan dua kelompok sel. Pertama kelompok sel-sel utama (blastoderm), yang meliputi sel-sel formatik atau gumpalan sel-sel dalam (*inner mass cells*), fungsinya adalah membentuk tubuh embrio. Kedua adalah kelompok sel-sel pelengkap, yang meliputi trophoblast, periblast, auxilliary cells, fungsinya adalah melindungi dan menghubungi antara embrio dengan induk atau lingkungan luar. Kelompok sel-sel yang

terdiri dari jaringan embrio (blastodisc) dan jaringan periblast, pada ikan, reptil, dan burung disebut cakram kecambah (*germinal disc*) (Gusrina, 2014).

3. Stadia Blastula

Blastulasi adalah proses menghasilkan blastula yaitu campuran sel-sel blastoderm yang membentuk rongga penuh cairan sebagai blastocoel. Pada akhir blastulasi, sel-sel blastoderm akan terdiri dari neural, epidermal, notochordal, mesodermal, dan endodermal yang merupakan bakal pembentuk organ-organ. Dicirikan dua lapisan yang sangat nyata dari sel-sel datar membentuk blastocoel dan blastodisk berada di lubang vegetal berpindah menutupi sebagian besar kuning telur (Gusrina, 2014).

Pada proses ini tropoblast terletak di antara kuning telur dan sel-sel blastoderm dan membungkus semua kuning telur tersebut. Tropoblast yang berasal dari blastomer-blastomer paling tepi dan luar akan membentuk lapisan yang terlibat dalam penggunaan kuning telur. Rongga blastula (*blastocoel*) terletak di antara blastoderm terluar dan periblast tengah, yang membungkus kuning telur di dasar blastoderm. Pada blastula ini sudah terdapat daerah yang berdiferensiasi membentuk organ-organ tertentu seperti sel-sel pencernaan, notochorda, syaraf, epiderm, ektoderm, mesoderm, dan endoderm (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

Menurut Effendie (1978; 1997) menyatakan bahwa stadium blastula dimana sel-selnya terus mengadakan pembelahan dengan aktif sehingga ukuran sel-selnya semakin menjadi kecil. Pada stadium ini terdapat dua macam sel, yaitu sel formatif dan nonformatif. Sel formatif masuk ke dalam komposisi tubuh embrionik, sedangkan sel nonformatif sebagai tropoblast yang ada hubungannya dengan nutrisi embrio.

4. Stadia Gastrula

Istilah gastrula berasal dari kata *gastrum* atau *gaster* yang berarti lambung. Gastrulasi adalah proses perkembangan embrio, dimana sel bakal organ yang telah terbentuk pada stadium blastula mengalami perkembangan lebih lanjut. Proses pembelahan sel dengan pergerakannya berjalan lebih cepat dari pada dalam proses blastula.

Gastrulasi adalah proses pembentukan ketiga daun kecambah, yaitu ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Stadia gastrula dimulai saat terjadi proses konversi satu lapis pada blastula menjadi dua lapis, yaitu bilaminar dan atau gastrula edermik. Pada proses gastrula ini terjadi perpindahan ektoderm, mesoderm, endoderm, dan notochorda menuju tempat definitif. Ektoderm adalah lapisan terluar dari gastrula, disebut juga ektoblas atau epiblas; endoderm adalah lapisan sel-sel terdalam pada gastrula, sedangkan mesoderm atau mesoblas adalah lapisan sel lembaga yang terletak di tengah antara ektoderm dan endoderm (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

Gastrulasi erat hubungannya dengan pembentukan susunan syaraf (neurulasi), penjelmaan bentuk primitif dan merupakan periode kritis perkembangan. Pada ikan teleostei mula-mula menjadi penebalan di seluruh tepi blastodisk, dengan demikian terbentuk suatu lingkaran seperti cincin yang disebut cincin kecambah (*germ ring*). Di tepi kaudal cakram kecambah, penebalan cincin lebih menonjol dan meluas ke arah dalam menuju pusat cakram kecambah. Cincin kecambah posterior yang keadaannya lebih tebal disebut perisai cincin kecambah (*embryonic shield*) (Tang & Affandi, 2017).

Menurut Effendie (1978; 1997) menyatakan bahwa proses pergerakan sel dalam stadium gastrula ada dua macam, yaitu: (1) epiboli adalah suatu pergerakan sel-sel yang kelak akan dianggap menjadi epidermis dan daerah persyarafan, dimana pergerakannya itu ke depan, ke belakang, dan juga ke samping dari sumbu yang akan menjadi embrio. Jadi dengan epiboli akan terjadi penutupan kuning telur kecuali di tempat yang dinamakan blastopore; dan (2) emboli adalah pergerakan sel yang arahnya menuju ke bagian dalam terutama di ujung sumbu bakal embrio. Dalam proses emboli ini ada beberapa pergerakan yang

satu sama lain dapat dibedakan dan di antaranya involusi, invaginasi, dan delaminasi. Involusi adalah pergerakan sel dengan rotasi menuju ke bagian dalam di daerah pinggir blastopor. Dalam proses ini sel-sel di pinggir blastopor akan masuk menjadi lapisan di bawahnya. Invaginasi adalah proses mendalamnya lapisan sel yang akan membentuk suatu lekukan dimana di pinggirnya terdapat penonjolan. Delaminasi adalah pemisahan beberapa kelompok sel, terutama lapisan endoderm kemudian membuat lapisan baru yaitu lapisan mesoderm.

Bagian sel-sel yang diduga akan menjadi endoderm yang berada pada ujung belakang perisai embrionik berbelok masuk ke bawah blastoderm membentuk lapisan endoderm dari hipoblas. Untuk masuknya sel-sel tersebut melalui celah yang disebut blastopore pada ujung ekor perisai embrionik. Sel-sel prekordial dan notochorda juga bergerak masuk melalui bibir atas blastopore yang kemudian membentuk sumbu embrio. Gastrulasi berakhir apabila kuning telur sudah tertutup oleh lapisan sel. Dan beberapa jaringan mesoderm yang berada sepanjang kedua sisi notochorda disusun menjadi segemen-segmen yang disebut somit, yaitu ruas yang terdapat pada embrio (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

5. Stadia Organogenesis

Organogenesis atau pembentukan organ-organ merupakan stadia terakhir dari proses perkembangan embrio. Stadia ini merupakan proses pembentukan organ-organ tubuh makhluk hidup yang sedang berkembang. Dalam proses organogenesis terbentuk berturut-turut bakal organ yaitu syaraf, notochorda, mata, somit, rongga kuffer, kantong alfaktor, rongga ginjal, usus, tulang subnotochord, linea lateralis, jantung, aorta, insang, infundibulum, dan lipatan-lipatan sirip (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

Organ-organ tersebut berasal dari ektoderm, endoderm, dan mesoderm. Dari ektoderm akan terbentuk organ-organ susunan syaraf dan epidermis kulit. Dari endoderm akan terbentuk saluran pencernaan dan alat pernapasan, sedangkan dari mesoderm akan muncul rangka otot, alat-alat peredaran darah, alat ekskresi, alat reproduksi dan kormus kulit (Nelson, 1954 *dalam* Effendie, 1978).

Menurut Effendie (1978; 1997) menyatakan bahwa, bersamaan dengan selesainya proses gastrulasi, sebenarnya sudah dimulai awal pembentukan organogenesis yang didahului oleh semacam pembuatan bumbung oleh jaringan-jaringan epidermis, neural, mesoderm, dan endoderm. Bumbung neural dibentuknya dengan tenggelamnya lekukan neural yang berasal dari lapisan ektoderm. Organ yang dibentuk berasal dari jaringan neural antara lain otak, ganglion, dan mata. Organ yang berasal dari endoderm adalah lapisan bagian dalam alat pencernaan makanan dengan kelenjarnya dan juga sebagian dari kelenjar endokrin. Lapisan mesoderm dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian dorsal, intermediate, dan lateral. Dari mesoderm bagian dorsal akan terbentuk menjadi somit yaitu semacam ruas yang terdapat pada embrio. Dari mesoderm intermediate di antaranya akan terbentuk ginjal dan gonad. Sedangkan dari mesoderm lateral akan terbentuk pembungkus jantung dan pembungkus pembuluh darah. Di dalam somit terdapat sclerotom, myotom, dan dermatome. Sclerotom kelak akan menjadi rangka axial, myotom akan menjadi urat daging dan dermatome akan menjadi dermis dan derivatnya.

Lagler *et al.* (1977) *dalam* Tang & Affandi (2017) menyatakan bahwa mesoderm lateral menjadi lapisan dalam dan luar yang membungkus ruang coelom. Pelapis ruang perikardium, peritoneum, jantung, saluran darah, tubuh dan lapisan usus. Endoderm memasuki sel-sel kelenjar primer dan membentuk lapisan epitelium dalam dan saluran alat pencernaan dan kelenjar-kelenjarnya.

Pembentukan semua organ tubuh hampir sempurna ketika telur akan menetas. Selama pembentukan organ tersebut, yaitu sejak telur dibuahi, khorion semakin menjadi keras. Hal ini menunjukkan bahwa telur itu mengadakan perlindungan untuk menjaga gangguan dari luar selama proses pembentukan organ-organ sedang berjalan. Pada waktu akan menetas kekerasan khorion menurun kembali (Effendie, 1978; 1997).

Lama masa pengeraman ikan tidak sama bergantung pada spesies ikannya dan beberapa faktor luar. Faktor luar yang terutama memengaruhi pengeraman adalah suhu perairan. Di dalam bidang kultur ikan, sehubungan dengan masa pengeraman dikenal apa yang dinamakan derajat hari, yaitu hasil perkalian derajat suhu perairan dengan lama pengeraman. Tabel 44 disajikan masa pengeraman beberapa spesies ikan yaitu dari pembuahan sampai menetas di daerah tropis.

Tabel 44. Masa pengeraman beberapa spesies ikan

Spesies Ikan	Masa Pengeraman
Gurame (<i>Osphronemus gouramy</i>)	30-36 jam
Betok (<i>Anabas testudineus</i>)	20-24 jam
Sepat siam (<i>Trichogaster pectoralis</i>)	24-30 jam
Sepat siam (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	36-40 jam
Tambakan (<i>Helostoma temmincki</i>)	24-28 jam
Belida (<i>Chitala lopis</i>)	72-120 jam
Buang (<i>Hemibagrus nemurus</i>)	20-36 jam
Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>)	2-4 hari
Bawal air tawar (<i>Colossoma macropomum</i>)	18-24 jam
Belut (<i>Monopterus albus</i>)	8-10 hari
Jelawat (<i>Leptobarbus hoevenii</i>)	15-20 jam
Kakap putih (<i>Lates calcalifer</i>)	12-17 jam
Karper rumput/Koan (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	21-40 jam
Lalawak (<i>Barbonymus balleroides</i>)	14-17 jam
Lampan (<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>)	18-24 jam
Lele (<i>Clarias</i> sp)	1 – 2 hari
Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	2-3 hari
Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	20-21 jam
Nila (<i>Oreochromis nilotica</i>)	5-7 hari
Mujair (<i>Oreochromis mossambica</i>)	3-5 hari
Nilem (<i>Osteochilus hasselti</i>)	12-25 jam
Patin (<i>Pangasius djambal</i>)	18-28 jam
Semah (<i>Tor soro, T. douronensis</i>)	15-18 jam
Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	13 – 15 jam
Gabus (<i>Channa striata</i>)	32-36 jam
Toman (<i>Channa micropeltes</i>)	30-36 jam
Badut/klon (<i>Amphiprion percula</i>)	7-8 hari
Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	24-35 jam
Beronang (<i>Siganus canaliculatus</i>)	20-62 jam
Bawal bintang (<i>Trachinotus blochii</i>)	16 - 22 jam
Pidana kuning (<i>Gnathanodon speciosus</i>)	12 - 19 jam
Kakap putih (<i>Lates calcalifer</i>)	12-17 jam
Kakap mata kucing (<i>Psamoperca vaigiensis</i>)	13-17 jam
Kakap jenaha (<i>Lutjanus johnii</i>)	14,5-15,0 jam 17,0-17,5 jam
Kakap tambak (<i>Lutjanus argentimaculatus</i>)	15-17 jam
Kakap gajah (<i>Lutjanus sebae</i>)	14-18 jam
Kerapu bebek (<i>Cromileptes altivelis</i>)	18-22 jam
Kuda laut (<i>Hippocampus kuda</i>)	10-15 hari
Napoleon (<i>Cheilinus undulatus</i>)	16-24 jam
Tuna sirip kuning (<i>Thunnus albacares</i>)	24-28 jam

Faktor cahaya juga dapat memengaruhi masa pengeraman ikan. Telur yang sedang dalam masa pengeraman apabila ditaruh dalam tempat yang gelap akan menetas lebih lambat. Faktor luar lainnya yang dapat memengaruhi masa pengeraman adalah gas yang terlarut dalam air terutama zat asam arang dan amonia dapat menyebabkan kematian embrio dalam masa pengeraman. Tekanan zat asam dalam air telah diketahui dapat memengaruhi unsur meristik yaitu jumlah ruas tulang belakang. Bila zat asam itu tinggi, jumlah ruas tulang belakang embrio menjadi bertambah dan sebaliknya apabila tekanan zat asam

arang bertambah besar jumlah ruas tulang belakang berkurang jumlahnya (Nikolsky, 1963 dalam Effendie, 1978).

G. PENETASAN

Penetasan adalah perubahan intracapsular (tempat yang terbatas) ke fase kehidupan, hal ini penting dalam perubahan-perubahan morfologi hewan. Penetasan merupakan saat terakhir masa pengeraman sebagai hasil beberapa proses sehingga embrio keluar dari cangkangnya.

Penetasan terjadi karena dua hal, yaitu: (1) kerja mekanik, oleh karena embrio sering mengubah posisinya karena kekurangan ruang dalam cangkangnya, atau karena embrio telah lebih panjang dari lingkungannya dalam cangkang (Lagler *et al.*, 1962). Dengan pergerakan-pergerakan tersebut, bagian cangkang telur yang lembek akan pecah sehingga embrio akan keluar dari cangkangnya; (2) kerja enzimatik, yaitu enzim dan unsur kimia lainnya yang dikeluarkan oleh kelenjar endodermal di daerah pharynx embrio. Enzim ini oleh Blaxter (1969) disebut chorionase yang kerjanya bersifat mereduksi chorion yang terdiri dari pseudokeratine menjadi lembek. Biasanya pada bagian cangkang yang pecah akibat gabungan kerja mekanik dan kerja enzimatik ujung ekor embrio dikeluarkan terlebih dahulu, kemudian menyusul kepalanya.

Pada waktu akan terjadi penetasan embrio sering mengubah posisinya karena kekurangan ruang di dalam cangkang. Dengan pergerakan-pergerakan tersebut bagian cangkang telur yang telah lembek akan pecah. Dengan dua atau tiga kali pembetulan posisinya, embrio itu mengatur dirinya lagi. Biasanya pada bagian cangkang yang pecah ujung ekor embrio dikeluarkan terlebih dahulu sambil digerakkan. Kepala embrio dikeluarkannya yang terakhir karena ukurannya lebih besar dibanding dengan bagian tubuh yang lainnya. Tetapi banyak pula didapatkan kepala yang keluar lebih dahulu (Effendie, 1978 & 1997; Rahardjo *et al.*, 2011).

Semakin aktif embrio bergerak, maka akan semakin cepat terjadinya penetasan. Aktivitas embrio dan pembentukan chorionase dipengaruhi oleh faktor dalam dan luar. Faktor dalam antara lain hormon dan volume kuning telur. Pengaruh hormon misalnya, adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisa dan tyroid yang berperan dalam proses metamorfosa, sedangkan volume kuning telur berhubungan dengan perkembangan embrio. Biasanya ikan tropis mempunyai volume kuning telur yang relatif lebih sedikit dan lebih cepat berkembang dibandingkan ikan-ikan subtropis (Gusrina, 2014; Tang & Affandi, 2017).

Faktor luar yang berpengaruh antara lain suhu, oksigen terlarut, pH (derajat keasaman), salinitas, dan intensitas cahaya. Proses penetasan umumnya berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi karena pada suhu yang tinggi proses metabolisme berjalan lebih cepat sehingga perkembangan embrio juga akan lebih cepat yang akan berakibat lanjut pada pergerakan embrio dalam cangkang yang lebih intensif. Telur ikan karper rumput atau koan (*Ctenopharyngodon idellus*) menetas antara 21-40 jam setelah pembuahan. Pada suhu 18-24°C telur membutuhkan waktu sekitar 33 jam untuk menetas, sedangkan pada suhu air 24-25 °C, telur akan menetas sekitar 24 jam. Pada suhu di bawah 20 °C telur ikan karper rumput akan menetas lebih lambat sekitar 5-10 jam.

Ikan salmon dan trout akan menetas dalam 50 hari pada suhu 10 °C, tetapi pada suhu 2 °C inkubasi membutuhkan waktu sekitar 6 bulan (Bond, 1979 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Inkubasi telur ikan mas pada suhu 15-30 °C akan menetas sekitar satu minggu, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi dapat menetas dalam dua hari atau beberapa jam saja. Suhu juga dapat memengaruhi tampilan meristik individual, seperti jumlah vertebra, sisik, dan jari-jari sirip (Rahardjo *et al.*, 2011).

Namun demikian, suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat proses penetasan, bahkan suhu yang terlalu ekstrim atau berubah secara mendadak dapat menyebabkan kematian embrio dan kegagalan penetasan. Selain suhu, kelarutan oksigen juga memengaruhi proses penetasan. Oksigen dapat memengaruhi jumlah elemen-elemen meristik embrio. Dan kebutuhan oksigen optimum untuk setiap ikan berbeda tergantung jenisnya. Faktor lain adalah intensitas cahaya. Cahaya yang kuat dapat menyebabkan laju penetasan yang cepat, kematian dan pertumbuhan embrio yang jelek serta fragmentasi yang banyak, yang berakibat pada terganggunya proses penetasan.

Derajat keasaman juga memengaruhi proses penetasan. Menurut Blaxler (1969) bahwa pH memengaruhi enzim chorionase dan pada pH 7,1 – 9,6 enzim ini akan bekerja secara optimum. Selain faktor tersebut di atas, salinitas juga dianggap berperan dalam proses penetasan. Terutama berpengaruh dalam proses osmoregulasi telur. Telur ikan air tawar yang disimpan dalam larutan bersalinitas tinggi yang tidak dapat ditolelir, maka telur akan mengembung karena cairan di luar telur yang hyperosmotik dan akhirnya akan pecah. Sebaliknya telur ikan laut yang disimpan dalam air tawar akan mengerut karena cairan di dalam telur akan bergerak keluar (Tang & Affandi, 2017).

Penelitian Hadid *et al.* (2014) mengenai pengaruh salinitas terhadap daya tetas telur ikan baung (*Hemibagrus nemurus* Blkr.) dengan perlakuan 0 ppt, 2 ppt, 4 ppt, dan 6 ppt memperoleh hasil yaitu salinitas berpengaruh nyata terhadap daya tetas telur ikan baung. Salinitas terbaik untuk waktu penetasan telur adalah 6 ppt dengan lama penetasan 21,73 jam lalu menetas seluruhnya setelah 29 jam. Sedangkan salinitas terbaik untuk persentase penetasan telur, laju penetasan telur, dan kelangsungan hidup larva umur 2 hari adalah 2 ppt dengan persentase penetasan telur sebesar 85,33%, laju penetasan telur sebesar 21,37 (ekor/jam) dan persentase kehidupan larva sebesar 82,59%. Sementara penelitian Hasanah (2018) pada ikan gurami (*Osporonemus gouramy*) menyatakan bahwa perlakuan perbedaan salinitas memengaruhi waktu penetasan telur ikan gurami. Waktu penetasan tercepat terdapat pada salinitas 0 ppt yaitu 44,3 jam dan waktu penetasan terlama terdapat pada perlakuan 0-4 ppt yaitu 46,6 jam.

H. LARVA

Anak ikan yang baru ditetaskan dinamakan larva, yang tubuhnya dalam keadaan belum sempurna, baik organ luar maupun organ dalamnya. Ukuran larva yang baru menetas bergantung pada ukuran telur masing-masing spesies (Tabel 45). Ukuran larva yang lebih besar berasal dari telur besar daripada yang berasal dari telur kecil. Beberapa peneliti juga menunjukkan bahwa telur yang berukuran besar menghasilkan kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Tahap perkembangan larva dan uraian masing-masing tahap disajikan pada Lampiran 4.

Sehubungan dengan perkembangan larva dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu prolarva dan postlarva. Untuk membedakannya, prolarva masih mempunyai kantung kuning telur, tubuhnya transparan dengan beberapa butir pigmen yang fungsinya belum diketahui. Sirip dada dan ekor sudah ada tetapi belum sempurna bentuknya dan kebanyakan prolarva yang baru keluar dari cangkang telur ini tidak punya sirip perut yang nyata melainkan hanya bentuk tonjolan saja. Mulut dan rahang belum berkembang dan ususnya merupakan tabung yang lurus. Sistem pernapasan dan peredaran darahnya tidak sempurna. Makanannya didapatkan dari sisa kuning telur yang belum habis dihisap. Adakalanya larva ikan yang baru ditetaskan letaknya dalam keadaan terbalik karena kuning telurnya masing mengandung minyak. Apabila kuning telurnya telah habis dihisap, posisi larva tersebut akan kembali seperti biasa. Larva ikan yang baru ditetaskan pergerakannya hanya sewaktu-waktu saja dengan menggerakkan bagian ekornya ke kiri dan ke kanan dengan banyak diselingi oleh istirahat karena tidak dapat mempertahankan keseimbangan posisi tegak (Effendie, 1978; 1997).

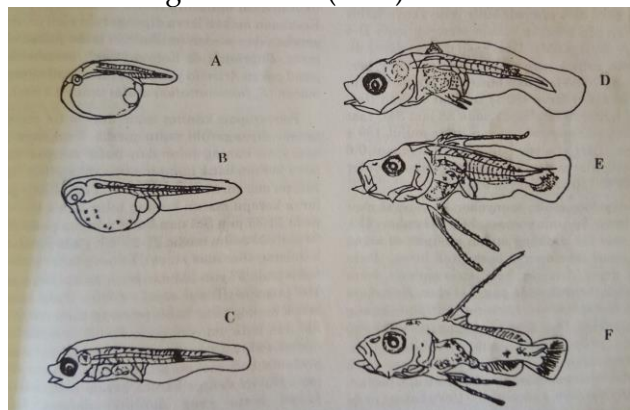
Bentuk umum dari larva ikan tidak banyak variasinya karena banyak organ-organ yang belum berkembang. Justru karena hal inilah menjadi sangat sukar membedakan larva ikan dari satu spesies

dengan yang lainnya yang terdapat di alam. Di samping itu, pertumbuhan prolarva cepat sekali sehingga morfologi dan proporsi bagian-bagian tubuh sangat cepat berubah. Kecuali kalau diikuti dengan seksama dengan jalan kultur, maka pertumbuhan larva itu akan didapatkan gambarannya dengan baik (Effendie, 1978; 1997).

Tabel 45. Perbandingan antara diameter telur dengan panjang larva

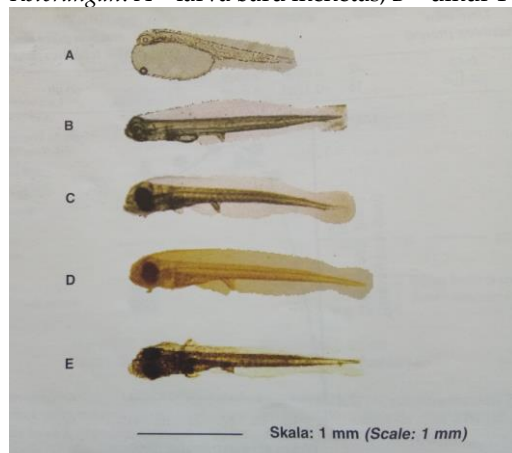
Jenis ikan	Diameter Telur (mm)	Panjang Larva Baru Menetas (mm)	Sumber
<i>Lates calcalifer</i>	0,74 – 0,80	1,5 – 1,6	Bagarino (1995)
<i>Chanos chanos</i>	1,10 – 1,25	3,2 – 3,5	
<i>Siganus guttatus</i>	0,54 – 0,58	1,5 – 1,98	
<i>Siganus canaliculatus</i>	0,42 – 0,70	1,5 – 2,1	
<i>Siganus vermiculatus</i>	0,52 – 0,56	1,75 – 1,8	
<i>Siganus argenteus</i>	0,62 – 0,68	2,5	
<i>Siganus fuscens</i>	0,62 – 0,66	2,6	
<i>Siganus javus</i>	0,54	2,2	
<i>Mugil cephalus</i>	0,88 – 0,98	2,63	
<i>Mugil curema</i>	0,77 – 0,86	2,1	
<i>Epinephelus tauvina</i>	0,75 – 0,90	1,4 – 2,25	
<i>Epinephelus akaara</i>	0,70 – 0,77	1,45 – 1,56	
<i>Sciaenops ocelita</i>	0,95	1,71 – 1,79	
<i>Oplegnathus fasciatry</i>	0,78 – 0,89	1,80 – 2,06	
<i>Herengula pensacolae</i>	1,76	4,2	
<i>Archiriy lineatry</i>	0,71 – 0,76	1,94	
<i>Acanthopagrus cuvieri</i>	0,81	1,87	
<i>Sphyraena borcalis</i>	1,23	2,6	
<i>Clarias gariepinus</i>	1,60 – 1,90	3,6	Bruton (1979)

Sumber: Tang & Affandi (2017)



Gambar 36. Perkembangan larva ikan kerapu batik, *Epinephelus microdon* (Slamet & Tridjoko, 1997)

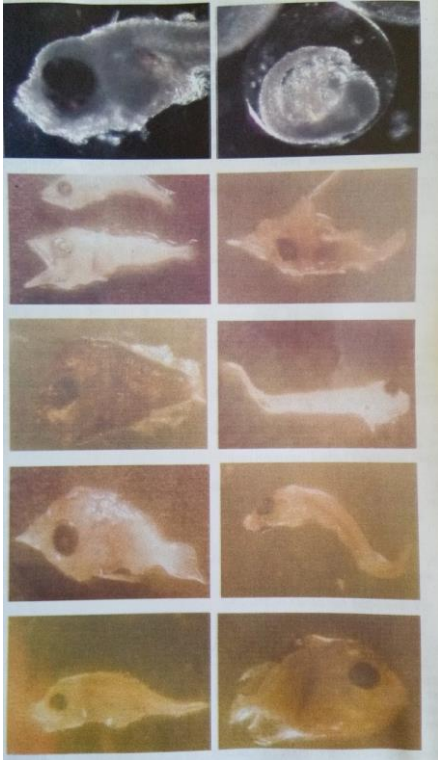
Keterangan: A = larva baru menetas; B = umur 1 hari; C = umur 3 hari; D = umur 6 hari; E = umur 18 hari; F = umur 25 hari.



Gambar 37. Perkembangan larva ikan kakap merah, *Lutjanus sebae* (Imanto & Melianawati, 2003)

Keterangan: A = larva baru menetas; B = umur 1 hari; C = umur 2 hari; D = umur 3 hari; E = umur 5 hari.

Larva ikan kerapu batik (*Epinephelus microdon*) yang baru menetas (Gambar 36A) dan larva ikan kakap merah (*Lutjanus sebae*) yang baru menetas (Gambar 37A) mempunyai bentuk yang sama, sehingga sulit sekali dibedakan. Bahkan kedua larva tersebut ketika telah mencapai umur 3 hari (Gambar 36C dan Gambar 37D) pun masih sulit sekali dibedakan. Ini juga terlihat pada larva ikan-ikan laut yang bentuknya hampir sama yang disajikan pada Gambar 38 dan Gambar 39.



Gambar 38. Beberapa larva dan telur ikan yang ditemukan di Teluk Tomini dan Laut Banda (Taufik *et al.*, 2005)

Keterangan: kiri = Famili Clupeidae (Clupeinae), Famili Scombridae, Famili Ehippidae, Famili Echeneidae, Famili Cheilodactylidae; kanan = telur ikan, Famili Holocentridae, Famili Engraulidae, Famili Clupeidae (Dussumerinii)



Gambar 39. Beberapa larva yang ditemukan di Teluk Tomini dan Laut Banda (Taufik *et al.*, 2005)

Keterangan: kiri = Famili Carangidae, Famili Bothidae, Famili Acanthuridae, Famili Symphysanodontidae; kanan = Famili Caproidae, Famili Ambassidae, Famili Trichiuridae, Famili Sparidae.

Masa post larva ikan adalah masa larva mulai dari hilangnya kantung kuning telur sampai terbentuknya organ-organ baru atau selesainya taraf penyempurnaan organ-organ yang telah ada sehingga pada masa akhir dari post larva tersebut secara morfologi sudah mempunyai bentuk seperti induknya. Sirip dorsal sudah mulai dapat dibedakan, demikian juga sirip ekor sudah ada garis bentuknya. Berenang sudah

lebih aktif dan kadang-kadang memperlihatkan sifat bergerombol walaupun tidak selamanya demikian. Dalam tahap ini larva tersebut sudah terdapat pigmentasi yang lebat pada bagian tubuh tertentu (Effendie, 1978; 1997).

Masa mulai hilangnya kantung kuning telur merupakan periode kritis dalam stadia larva, karena merupakan masa transisi dari pemanfaatan *endogenous energy* (kuning telur dan butir minyak) ke *exogenous energy* yang berasal dari pemanfaatan pakan alami (zooplankton). Ketersediaan pakan alami yang sesuai dengan ukuran lebar mulut larva dalam jumlah yang memadai pada periode waktu tersebut merupakan syarat mutlak yang harus terpenuhi untuk menjamin sintasan larva selanjutnya (Imanto & Melianawati, 2003).

Jika larva tidak memperoleh pakan sesuai ukuran mulutnya, maka larva akan mengalami apa yang disebut *point of no return*, yaitu waktu atau periode di mana larva tidak lagi memiliki cukup energi untuk memangsa dan mencerna pakan. Bila *point of no return* tercapai, kematian massal sampai di atas 50 % dapat terjadi. *Point of no return* paling sering terjadi bila *time leeway* yaitu waktu antara larva mulai makan dan akhir penyerapan kuning telur adalah negatif.

Pertumbuhan larva pada stadia awal sangat bergantung pada kuning telur. Dengan membawa kuning telur yang berukuran lebih besar maka pertumbuhan pada stadia awal dan kelengkapan morfologi larva ikan lebih cepat, misalnya pada ikan-ikan laut.

Larva kakap merah (*Lutjanus sebae*) yang baru menetas berukuran panjang total rata-rata 2,54 mm, memiliki kuning telur bervolume rata-rata $1.808 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$, dan butir minyaknya rata-rata sebesar $10,928 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$. Kuning telur larva kakap merah ini relatif lebih besar daripada kuning telur ikan laut lainnya, tetapi butir minyaknya lebih kecil (Imanto & Melianawati, 2003). Sebagai contoh larva kakap tambak (*L. argentimaculatus*) yang baru menetas membawa kuning telur dengan ukuran berkisar antara $1.489 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ hingga $1.817 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$, sedangkan butiran minyaknya 20,2 hingga $24,7 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ (Doi & Singhagraiwan, 1993). Larva kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) membawa kuning telur dengan volume $1.687,3 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ dan butir minyak sebesar $35,7 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ (Kohnno *et al.*, 1990). Larva kerapu bebek (*Cromilpetes altivelis*) membawa $3.106 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ kuning telur dan $48,4 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ buir minyak (Tridjoko *et al.*, 1999). Larva ikan beronang (*Siganus javus*) mempunyai volume kuning telur sebesar $86,9 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ sedangkan butiran minyaknya sebesar $29,0 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ (Diani *et al.*, 1990). Larva kerapu batik (*Epinephelus microdon*) membawa kuning telur dengan ukuran panjang $846 \pm 35,1 \text{ } \mu\text{m}$ dan tinggi $780 \pm 32,5 \text{ } \mu\text{m}$ dengan butir minyak berdiameter $176 \pm 5,29 \text{ } \mu\text{m}$ (Slamet & Tridjoko, 1997).

Karena membawa kuning telur yang relatif besar, larva kakap merah (*Lutjanus sebae*), maka pertumbuhan pada stadia awal dan kelengkapan morfologis terjadi lebih cepat. Pertumbuhan larva mengalami peningkatan sangat cepat selama 10 jam setelah penetasan, dimana pada waktu tersebut panjang total larva bertambah menjadi $3,09 \pm 0,10 \text{ mm}$. Ukuran larva yang baru menetas berukuran panjang total rata-rata $2,54 \pm 0,10 \text{ mm}$. Pertumbuhan larva masih terus meningkat hingga 30 jam setelah penetasan meskipun pertumbuhannya relatif lebih lambat dibandingkan waktu sebelumnya. Saat itu rata-rata panjang total larva tercatat sebesar $3,32 \pm 0,16 \text{ mm}$. Setelah melewati waktu tersebut, pertumbuhan larva yang dipelihara tanpa pakan cenderung berlangsung statis hingga sekitar 100 jam dari penetasan (Imanto & Melianawati, 2003).

Aktivitas penyerapan kuning telur kakap merah (*Lutjanus sebae*) berlangsung cepat pada 20 jam pertama setelah menetas. Pada saat itu kuning telur telah mengalami penyerapan sebesar 90,2 % per 20 jam dan volume rata-rata setelah 20 jam sebesar $176,6 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 \pm 2,2 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$. Setelah periode tersebut, aktivitas penyerapan kuning telur berlangsung lambat dan kecepatan penyerapannya pada 60 jam setelah penetasan hanya sebesar 9,7 % per 40 jam. Sedangkan penyerapan butir minyak berlangsung lebih lambat

daripada penyerapan kuning telur. Pada 20 jam setelah menetas butir minyak rata-rata masih bervolume $6,97 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 \pm 0,004 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ dengan penyerapan sebesar 36,2 % per 20 jam. Penyerapan baru berlangsung cepat antara 20-30 jam setelah menetas. Pada saat itu butir minyak tersisa sebesar $3,68 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 \pm 0,83 \times 10^{-4} \text{ mm}^3$ dan kecepatan penyerapan sebesar 30,1 % per 10 jam (Imanto & Melianawati, 2003).

Pola penyerapan kuning telur dan butir minyak pada larva kakap merah (*Lutjanus sebae*) tersebut hampir serupa dengan pola penyerapan pada ikan laut lainnya. Pada larva kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) penyerapan 90 % kuning telur terjadi pada 24 jam setelah menetas, sedangkan penyerapan butir minyak berjalan lebih lambat (Kohno *et al.*, 1990). Pada larva ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) penyerapan kuning telur berlangsung cepat selama 30-40 jam setelah menetas, sedangkan pada waktu yang sama penyerapan butir minyaknya berlangsung lebih lambat dan berangsur meningkat pada 36 hingga 68 jam setelah menetas (Imanto *et al.*, 2001).

Antara penyerapan kuning telur dan pertumbuhan larva berhubungan erat, sehingga dapat dikatakan bahwa kuning telur dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan morfologi larva. Sedangkan butiran minyak tidak berhubungan langsung dengan pertumbuhan, tetapi lebih banyak digunakan untuk aktivitas pergerakan larva, dimana penyerapan butir minyak meningkat dengan cepat pada periode 20-30 jam setelah menetas dan saat pigmentasi mata larva mulai terjadi dan sirip dada mulai terbentuk (Imanto & Melianawati, 2003).

Pada 10 jam setelah menetas, larva kakap merah (*Lutjanus sebae*) akan berkembang dan membentuk pasangan-pasangan alat sensor (*sensoric organ*) pada badannya yang disebut cupula (*cupulae*). Alat cupula ini tumbuh menyerupai rambut-rambut pendek. Pada bagian ujung (dekat mulut), biasanya terdapat sepasang cupula dan lainnya akan berada pada badannya. Pada 10 jam setelah penetasan 2 pasang terbentuk 2 pasang cupula. Jumlah ini meningkat menjadi 4 pasang pada 20 jam, dan meningkat lagi menjadi 8 pasang pada 25 jam. Jumlah ini kemudian mereduksi menjadi 6 pasang pada 35 jam setelah menetas dan sudah tidak nampak lagi pada 60 jam setelah menetas (Imanto & Melianawati, 2003). Pada larva kerapu lumpur (*Epinephelus coioides*) cupula mulai terdeteksi 12 jam setelah menetas sebanyak 6 pasang, sedangkan pada kerapu bebek (*Cromilpetes altivelis*) sudah ada 2 pasang sesaat sebelum larva menetas dan pada kedua spesies tersebut, seluruh cupula telah mereduksi pada 60 jam setelah menetas (Tridjoko *et al.*, 1999). Alat sensor ini hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop dengan posisi larva dilihat dari bagian atas. Dengan terbentuknya alat ini, biasanya larva menjadi sensitif dari pengaruh luar. Cupula ini akan hilang setelah larva berumur 2 hari.

Cupula merupakan organ sensor pengganti mata sebelum pigmentasi sempurna dan organ ini sangat sensitif. O'Connel (1981) dalam Tridjoko *et al.*, (1999) mengemukakan bahwa hampir semua larva ikan bertulang keras menetas dengan sederetan sensor syaraf (*laterosensory neuromasts*) dalam bentuk tabung bening (*gelatinous cupulae*) di bagian kepala dan badan di mana *neuromasts* tersebut diketahui berfungsi sebagai penerima rangsangan dari gerakan air yang ada di sekitar tubuhnya. Rangsangan terhadap cupula dapat mengakibatkan cupula tersebut pecah dan mengeluarkan cairan lendir (*mucus*) yang akhirnya dapat mengakibatkan kematian larva yang bersangkutan (Kawamura, 1991 dalam Tridjoko *et al.*, 1999).

Menjelang hari ke-2 akan terjadi pigmentasi pada mata larva kakap merah (*Lutjanus sebae*), kemudian secara bersamaan, terbentuklah mulut. Setelah mata betul-betul membuka yang dapat ditandai dengan adanya sepasang pigmen hitam di bagian kepala, dan mulut larva membuka dengan sempurna, maka selanjutnya larva mulai berusaha mencari dan memangsa pakan yang ada di sekitarnya. Pada saat ini, cadangan kuning telur mulai menipis. Mulai hari ke-3, biasanya larva sudah aktif mencari mangsa, kuning telur habis diserap, dan gelembung minyak mulai menipis. Tampaknya gelembung minyak merupakan cadangan energi bagi larva sampai larva mendapatkan mangsanya. Setelah gelembung minyak habis dan larva ternyata tidak menemukan mangsanya, maka larva akan mati. Periode ini merupakan periode kritis

bagi larva. Pada hari ke-3, umumnya larva mulai menampakkan sirip-sirip dada dan saluran pencernaannya mulai berkembang.

Setelah larva kakap merah (*Lutjanus sebae*) berumur sekitar 1 minggu, duri punggung mulai berkembang dan pigmentasi di seluruh badan mulai tampak. Untuk selanjutnya, larva akan berkembang terus hingga mengalami *metamorfosis* yaitu perubahan bentuk menuju bentuk kakap merah lengkap yang kira-kira terjadi pada umur 1 bulan. Pada umur ini, semua organ sudah terbentuk dengan sempurna.

Menurut Effendie (1978) & Effendie (1997) bahwa masa kritis dalam daur hidup ikan terdapat pada tahap larva. Banyak faktor yang menyebabkan mortalitas alami ini selain dari predator dan penyakit, juga faktor biotik yang berhubungan dengan larva itu sendiri. Jika dilihat ke dalam tahap awal dari daur hidup ini maka masa kritis ini terletak pada saat sebelum dan sesudah penghisapan kuning telur dan masa transisi mulai mengambil makanan dari luar. Sehubungan dengan hal ini, pergerakan larva atau tingkah laku larva untuk mendapatkan makanan, juga kepadatan persediaan makanan yang baik merupakan faktor yang memengaruhi keberhasilan hidup. Pada saat kuning telur belum habis dihisap adakalanya larva itu melakukan pergerakan, dan pergerakan ini memerlukan energi.

Laurence (1969) dalam Effendie (1978; 1997) menyatakan bahwa, pengambilan energi terjadi dalam proses katabolisme yaitu penghisapan kembali jaringan tubuh yang sudah dibentuk bertepatan dengan pergerakan yang dilakukan oleh larva itu. Walaupun kuning telur itu masih ada akan tetapi kombinasi kimiawi dari kuning telur itu secara alamiah adalah untuk pembuatan jaringan. Ketika kuning telur hampir habis dihisap, terjadi pencampuran makanan yaitu dengan dimulainya mengambil makanan dari luar. Yang menjadi persoalan pada waktu pertama kali mengambil makanan dari luar adalah makanan yang diambil itu cukup mengandung energi yang dibutuhkan oleh larva itu atau tidak, dan juga pada waktu mendapatkan makanan itu menghabiskan banyak energi atau tidak. Hal ini dapat menentukan kehidupan larva itu untuk selanjutnya.

Jika makanan yang diperoleh larva tidak mengandung energi yang cukup, kemungkinan pertumbuhan larva menjadi terhambat atau larva mengalami kematian. Hal ini dapat dibuktikan pada pemeliharaan larva ikan dalam pembenihan terkontrol. Pemeliharaan larva ikan laut hasil pemijahan di bak-bak terkontrol, sering terhambat oleh penyediaan jasad pakan yang berkualitas. Tidak memadainya nutrisi jasad pakan yang digunakan (rotifera dan artemia) sebagai pakan larva, telah diketahui sebagai salah satu penyebab kegagalan pemeliharaan larva.

Para peneliti melaporkan, bahwa hubungan antara kualitas nutrisi jasad pakan dengan kebutuhan nutrisi larva ikan laut ditujukan oleh jumlah kandungan asam lemak esensial (ALE) jasad pakan, yaitu yang berupa asam lemak tak jenuh rantai panjang (*altajerapa*) ω -3 (baca: omega-3), khususnya 20:5 ω -3 (*eicosa pentanoic acid/EPA*) dan 22:6 ω -3 (*decosa hexaenoic acid/DHA*), yang merupakan faktor utama kebutuhan nutrisi larva ikan laut. EPA maupun DHA merupakan asam lemak yang tidak dapat disintesis sendiri oleh larva ikan, sehingga harus dipasok dari luar melalui makanan. Hal ini telah dibuktikan pada larva ikan kakap yang dalam pembenihannya sering mengalami kematian pada stadium larva-larva dalam jumlah yang besar. Larva yang mati ditandai dengan terjadinya penimbunan lemak yang berlebihan di dalam hati, pembengkakan gelembung renang, terdapatnya rongga di dalam otak dan mata, kesulitan dalam keseimbangan cairan tubuh dan mudah terjadi stres. Hal ini membuktikan bahwa kedua unsur kimia itu sangat penting.

Altajerapa jenis EPA dan DHA sangat dibutuhkan oleh larva ikan, sehingga para peneliti melaporkan bahwa kandungan kedua altajerapa ini di dalam jasad pakan yang biasanya digunakan sebagai pakan larva (rotifera dan artemia), harus memadai. Oleh karena itu, beberapa teknik untuk melakukan pengkayaan gizi pakan, kini diperkenalkan untuk mengatasi kematian larva.

Menurut Kantun & Mallawa (2016) bahwa, perkembangan ikan dari stadia larva menjadi juvenil memiliki konsekuensi ekologis sehingga terjadi hubungan yang kritis terhadap kelulusanhidupan (*survival*) dan pertumbuhan (*growth*). Konsekuensi ekologis terpenting yang berpengaruh di antaranya ialah yang berkaitan dengan makanan dan pemangsaan (*food and feeding*), deteksi predator dan kemampuan menghindar (*predator detection and escape*), serta peralihan habitat (*habitat shift*) yang pada gilirannya akan sangat berpengaruh terhadap rekrutmen stok ikan di suatu perairan.

Teori *critical period hypothese* menyatakan bahwa larva hanya dapat bertahan hidup dalam waktu yang pendek tanpa adanya makanan sesaat setelah suplai kuning telur dan gelembung minyak (*yolk and oil globules*) habis, sedangkan kelimpahan makanan di alam dapat berubah sesuai waktu dan ruang. Kelaparan (*starvation*) merupakan faktor penting terjadinya kematian pada periode stadia larva yang kemudian dapat berpengaruh terhadap kekuatan kelas tahunan (*year class strength*) populasi. Risiko kelaparan akan semakin rendah ketika tubuh berkembang karena lebih rendahnya metabolisme spesifik bobot tubuh (*weight specific metabolism*) dan meningkatnya cadangan energi, serta terjadinya peningkatan perkembangan performa alat sensir dan kemampuan berenang. Larva yang lebih dewasa memiliki kemampuan lebih baik untuk menentukan posisi sumber makanan yang letaknya lebih jauh. Pertumbuhan yang baik memungkinkan larva untuk memilih mangsa yang lebih besar dan kaya energi sambil mempertahankan kemampuan untuk mengonsumsi mangsa yang lebih kecil, tetapi melimpah (Kantun & Mallawa, 2016).

Apabila masa post larva berakhir, ikan akan memasuki masa juvenil. Untuk beberapa ikan dalam memasuki masa ini, ada yang mempunyai beberapa perubahan bentuk tubuhnya atau bermetamorfosa. Di antaranya beberapa ikan yang mengadakan metamorfosa adalah ikan sidat, ikan paru-paru, ikan berlistrik (*Gymnarchus*) dan ikan sebelah. Larva ikan sidat dinamakan leptosefalus (*leptocephalus*) mempunyai bentuk badan berbeda dengan ikan dewasa. Arti *Leptocephalus* adalah kepala kecil. Nama leptosefalus diberikan kepada larva ikan sidat disebabkan karena salah pemberian nama. Ketika belum diketahui, larva ikan sidat disangka satu jenis ikan tersendiri karena bentuknya seperti daun transparan.

Larva sidat pernah dideskripsikan. Pada tahun 1770-an, seekor ikan kecil yang menyerupai daun pohon *willow* yang tembus pandang ditemukan oleh William Morris di laut dekat Holyhead. Morris mengirimkan hewan tersebut kepada peneliti terkenal, Thomas Pennant, yang kemudian menerbitkan sebuah deskripsi tentang hewan tersebut di bawah judul *Leptocephalus morrisii* di dalam bukunya *British Zoology*. Pennant percaya bahwa hewan ini merupakan satu spesies tersendiri yang berkerabat dengan sidat murena. Demikian pula seorang ilmuwan Jerman pada tahun 1856 memberi nama makhluk pipih berbentuk daun dan transparan tersebut dengan sebutan *Leptocephalus brevirostris*, yang artinya kepala pipih bermoncong pendek.

Tahun 1896, Grassi dan Calandruccio berhasil menangkap dua ekor leptosefalus yang mirip daun ini di Selat Messina. Kedua ahli ini memeliharanya di sebuah akuarium, dan keduanya sangat terkejut melihat leptosefalus itu berubah menjadi ikan sidat berukuran kecil. Ini benar-benar merupakan suatu keberuntungan karena kedua leptosefalus yang ditangkap itu sedang berada pada tahap perubahan untuk menjadi sidat. Sejak saat itu, nama leptosefalus diberikan untuk semua larva ikan dari jenis yang berbentuk daun pohon *willow* dan tembus pandang ini.

Larva golongan ikan berparu-paru sebelum mengadakan metamorfosa mempunyai jaringan insang yang menjulur keluar dari tubuhnya. Tetapi sebaliknya larva ikan sebelah bentuknya biasa seperti ikan lainnya. Kemudian terjadi perubahan bentuk pada bagian tubuhnya terutama pada bagian kepalanya. Mula-mula salah satu matanya menggeser ke bagian atas dari kepala, kemudian mata itu menggeser lagi mendekati mata yang satu lagi sehingga akhirnya kedua matanya letaknya berdekatan. Bertepatan dengan itu sirip dorsal tumbuh ke ujung bagian kepala sehingga kedua sirip dorsal dan ventral bertemu. Bagian tubuh

ikan yang ada kedua matanya menjadi bagian dorsal sedangkan bagian lainnya menjadi bagian ventral (Effendie, 1978; 1997). Pada saat kedua mata sudah berada di sisi yang sama di kepala, maka ikan sebelah yang kecil sudah menetap di dasar (Anonim, 1989). Bukan hanya posisi mata saja yang tidak simetris, tetapi juga mulutnya terpelintir hingga banyak yang kedudukan mulutnya mencong (Nontji, 1987).[]

BAB X. KEBIASAAN MAKANAN DAN CARA MAKAN

Keberadaan ikan pada suatu perairan sangat bergantung pada ketersediaan makanan yang dibutuhkannya. Makanan adalah salah satu aspek ekologis yang mempunyai peranan penting dalam menentukan besarnya populasi, pertumbuhan, dan reproduksi ikan (Nikolsky, 1963). Dari makanan ini ada beberapa faktor yang berhubungan dengan populasi yaitu jumlah dan kualitas makanan yang tersedia, mudahnya tersedia makanan dan lama masa pengambilan makanan oleh ikan dalam populasi tersebut. Makanan yang telah digunakan oleh ikan tadi akan memengaruhi sisa persediaan makanan dan sebaliknya dari makanan yang telah diambilnya akan memengaruhi pertumbuhan, kematangan bagi tiap-tiap individu ikan serta keberhasilan hidupnya (*survival*) (Effendie, 1978; 1997).

Makanan merupakan kunci pokok bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan (Cowx, 1984 *dalam* Satria & Kartamihardja, 2002). Kekurangan makanan merupakan faktor pembatas bagi perkembangan populasi ikan di suatu perairan. Sementara itu, makanan ikan terdiri atas tiga kelompok, yaitu pakan utama, pakan pelengkap, dan pakan tambahan (Nikolsky, 1963). Adanya makanan dalam perairan selain terpengaruh oleh kondisi biotik, juga ditentukan pula oleh kondisi abiotik dari lingkungan, seperti suhu, cahaya, ruang, dan luas permukaan.

Menurut Hickley (1993) *dalam* Satria & Kartamihardja (2002) bahwa kebiasaan makan ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran ikan dalam memanfaatkan makanan yang tersedia, habitat hidupnya, kesukaan terhadap jenis makanan tertentu, musim, ukuran dan umur ikan, periode harian mencari makanan dan jenis kompetitor. Ukuran ikan dan kelimpahan pakan di perairan akan menentukan jenis dan komposisi pakan yang dimakan oleh ikan dan dapat mengubah pola kebiasaannya (Moukeke *et al.*, 1992; Opuszynski & Shireman, 1993).

Pembahasan mengenai ikan dan makanannya dikenal istilah kebiasaan makanan (*food habits*) dan kebiasaan cara makan (*feeding habits*). Hal-hal yang mencakup kebiasaan makanan (*food habits*) adalah kualitas dan kuantitas makanan. Sedangkan yang termasuk dalam kebiasaan cara makan (*feeding habits*) adalah waktu, tempat, dan caranya makanan itu didapatkan. Jadi kebiasaan makanan dan cara memakan itu secara alami bergantung pada lingkungan tempat ikan itu hidup (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

A. KEBIASAAN MAKANAN

Kebiasaan makanan (*food habits*) adalah kualitas dan kuantitas makanan yang dimakan oleh ikan. Umumnya makanan yang pertama kali dari luar untuk semua ikan dalam mengawali hidupnya adalah plankton yang bersel tunggal yang berukuran kecil. Jika untuk pertama kali ikan menemukan makanan berukuran tepat dengan mulutnya, diperkirakan akan dapat meneruskan hidupnya. Akan tetapi apabila dalam waktu yang relatif singkat ikan tidak berhasil menemukan makanan yang cocok dengan ukuran mulutnya akan terjadi kelaparan dan kehabisan tenaga yang menyebabkan kematian. Hal inilah yang antara lain menyebabkan ikan pada masa larva mempunyai mortalitas yang tinggi. Ikan yang berhasil mendapatkan makanan yang sesuai dengan mulut, setelah bertambah besar ikan akan mengubah makanan, baik dalam ukuran dan kualitasnya. Apabila telah dewasa ikan itu akan mengikuti pola kebiasaan induknya. Refleksi perubahan makanan pada waktu kecil sebagai pemakan plankton dan bila telah dewasa mengikuti kebiasaan induknya dapat terlihat pada sisiknya. Susunan sirkuli dekat fokus lebih rapat daripada susunan sirkuli yang jauh dari fokus yaitu pada ikan dewasa. Batas kedua macam susunan sirkuli ini oleh Nikolsky dinamakan cincin larva (Effendie, 1978; 1997).

Makanan ikan terdiri atas tiga kelompok, yaitu pakan utama, pakan pelengkap, dan pakan tambahan (Nikolsky, 1963). Ikan-ikan pemakan hewan/daging atau karnivor memakan berbagai macam hewan di perairan, bahkan memakan hewan darat. Namun, ikan mempunyai makanan utama yang selalu dimakannya. Ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dewasa dikenal sebagai ikan karnivor yang rakus (piscivor). Makanannya terdiri berbagai macam biota air, yaitu ikan, udang, kepiting, cumi-cumi, kerang, dan sebagainya. Namun, makanan yang paling banyak dimakan ikan kerapu dan menjadi makanan utamanya adalah berbagai jenis ikan. Ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) adalah ikan air tawar pemakan segala atau pemakan campuran (omnivor) namun lebih cenderung memakan tumbuh-tumbuhan atau cenderung menjadi herbivora. Makanan utamanya berupa biji buah-buahan, bunga-bunga, dan daun-daun muda tanaman air maupun hewan-hewan kecil di dalam air. Sedangkan anak-anak jelawat menyukai plankton, alga, dan larva serangga air. Dalam budi dayanya, jelawat dapat diberikan umi singkong, daun singkong, daun pepaya, daun talas, ampas kelapa, usus ayam, daging-daging ikan yang telah dicincang, dan sebagainya.

Makanan yang paling banyak dimakan oleh ikan yang merupakan makanan utama berhubungan dengan ketersediaan sumber makan di alam. Spesies ikan yang sama yang hidup di wilayah berbeda mempunyai makanan utama yang berbeda. Pada waktu tertentu atau musim tertentu ikan dapat mengubah jenis makanannya tergantung pada makanan yang tersedia di alam. Perbedaan musim memberikan kontribusi yang berbeda terhadap kelimpahan sumber makanan di alam, sehingga memaksa ikan menyesuaikan makanan yang dimakannya.

Penelitian Wibowo *et al.* (2011) pada ikan belida (*Chitala lopis*) di aliran Sungai Kampar, Provinsi Riau, menyatakan bahwa, secara umum komposisi makanannya terdiri dari atas 8 kelompok, yaitu ikan, udang, insekta, cacing, potongan daging, batu kerikil, material tidak teridentifikasi, dan bahan tumbuhan. Ikan dari kelompok ikan-ikan kecil merupakan makanan utama ikan belida (76,74 %). Hal yang sama juga ditemukan pada ikan belida di Sungai Musi (Adjie & Utomo, 1994) dan di Sungai Batanghari (Adjie *et al.*, 1999). Menurut Welcomme (1979) ikan belida (*Chitala lopis*) dikelompokkan ke dalam predator besar, pemakan ikan segala ukuran, udang, dan kepiting. Sedangkan makanan pelengkap ikan belida berupa udang, tumbuhan, dan potongan daging (Wibowo *et al.*, 2011).

Makanan utama ikan belida di setiap bulan umumnya sama, kecuali pada bulan Mei. Komposisi makanan ikan di bulan Mei terdiri atas ikan (27,70 %) dan potongan daging (34,11 %). Bulan Mei termasuk dalam musim kemarau, sehingga ketersediaan ikan-ikan kecil sangat minim di perairan karena tidak terjadi pemijahan. Kedalaman air cukup dangkal menyebabkan ikan belida dapat menjangkau dasar perairan untuk mengonsumsi bentos. Permukaan air sudah naik pada bulan Juli dan September sehingga banyak ikan-ikan yang mulai memijah. Ikan-ikan kecil umumnya banyak dan menjadi makanan ikan belida (Wibowo *et al.*, 2011).

Setiap spesies ikan memiliki preferensi yang berbeda terhadap suatu jenis makanan tertentu sehingga dengan demikian tiap spesies menempati tingkat trofik (*trophic level*) yang berbeda pula, walaupun mempunyai habitat yang sama. Penelitian terhadap tiga spesies ikan pelagis kecil, yaitu malalugis (*Decapterus macarellus*), solisi (*Rastrelliger kanagurta*), dan katombo (*Selar crumenophthalmus*) memperlihatkan preferensi jenis makanan yang berbeda tersebut.

Ikan malalugis memakan 5 kelompok jenis organisme dimana 3 di antaranya memiliki kontribusi paling besar yaitu Diatom, Copepoda, dan udang (Crustacea), masing-masing sekitar 53 %, 20 %, dan 16 %, jenis lainnya terdiri atas Dinoflagellata (zooplankton) dan kelompok lainnya (sisik ikan dan mata ikan). Pada ikan solisi, kelompok Copepoda (zooplankton) memberi kontribusi paling besar sekitar 81 %, lainnya terdiri atas Dinoflagellata dan Diatom, sedangkan makanan pada katombo terutama berupa juvenil ikan (92 %) dan udang. Dengan demikian, diketahui bahwa 2 spesies ikan pelagis kecil, yaitu malalugis

(*Decapterus macarellus*) dan solisi (*Rastrelliger kanagurta*) cenderung merupakan ikan pemakan plankton (*plankton feeder*), sedangkan katombo (*Selar crumenophthalmus*) cenderung bersifat karnivora. Pada malalugis kontribusi plankton sekitar 81 % yang terdiri atas Diatom 53 %, dan zooplankton (Dinoflagellata dan Copepoda) 28 %; sedangkan pada solisi hampir keseluruhan makanannya (98 %) berupa plankton dan terdiri atas Copepoda 76 %, Dinoflagellata 20 %, dan Diatom 3 %. Crustase yang dimakan malalugis (kira-kira 14 %) merupakan meroplankton udang rendah atau juvenil udang (Suwarso *et al.*, 2005).

Berbeda dengan 2 kelompok ikan pelagis kecil, ikan pelagis besar pada umumnya bersifat sebagai karnivora atau pemangsa. Cumi-cumi yang umum ditemukan dalam lambung ikan kemungkinan besar dari umpan yang digunakan nelayan. Pada tuna sirip kuning atau madidihang (*Thunnus albacares*) frekuensi kehadirannya 66 %; sedangkan pada cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tongkol (*Euthynnus sp*) masing-masing 77 % dan 73 % (Tabel 46).

Tabel 46. Frekuensi kehadiran (%) tiap jenis mangsa pada tuna sirip kuning, cakalang, dan tongkol di Perairan Teluk Tomini

Jenis mangsa	<i>T. albacares</i>	<i>Katsuwonus pelamis</i>	<i>Euthynnus sp</i>
Cumi-cumi (umpan)	66	77	73
Ikan	45	18	73
Layang	13	-	-
Selar	4	14	-
Siro	4	-	-
Teri	34	18	-
Cakalang	2	-	-
Ikan buntal	4	-	-
Cumi-cumi	6	5	-
Udang	28	-	64
Lain-lain	4	4	-
	65	25	20

Sumber: Suwarso *et al.* (2005)

Pada lambung tuna sirip kuning ditemukan berbagai jenis ikan pelagis kecil, cakalang, ikan karang dan udang. Jenis-jenis ikan pelagis kecil yang dapat diidentifikasi antara lain teri, layang, selar, dan lemuru. Kelompok ikan merupakan bahan yang sudah hancur. Terdapat perbedaan preferensi makanan dari kelompok yuwana (panjang 17 – 40 cm atau bobot 0,3 – 1,8 kg) dan ikan dewasa (panjang 60-122 cm atau bobot 5-30 kg). Selain cumi-cumi, yuwana lebih menyukai ikan (termasuk petek), teri, dan udang; kelompok ikan ini terdiri atas ikan pelagis kecil seperti layang, selar, lemuru, serta petek. Jenis-jenis ikan pelagis kecil tersebut diduga juga menjadi makanan utama ikan dewasa. Selain itu, ikan dewasa ukuran 101-122 cm (bobot 20-29 kg) juga memakan ikan buntal dan cakalang. Tidak ditemui udang dalam lambung ikan dewasa, udang hanya ditemui dalam lambung yuwana (Suwarso *et al.*, 2005).

Frekuensi kehadiran kelompok ikan, ikan teri, dan udang paling tinggi, masing-masing 45 %, 34 %, dan 28 %. Di antara ikan pelagis kecil lainnya, *Decapterus* memiliki frekuensi kehadiran paling tinggi (13 %). Tuna sirip kuning dan cakalang diduga juga berinteraksi dengan habitat karang, yang terlihat dari sebagian kecil mangsanya berupa ikan karang kecil (ikan buntal). Selain cumi-cumi dan petek, kelompok ikan pelagis kecil diduga juga merupakan mangsa yang penting bagi cakalang. Ikan teri memberi kontribusi cukup besar, frekuensi kehadirannya 18 %. Sedangkan pada ikan tongkol, selain cumi-cumi, ikan pelagis kecil dan udang diperkirakan juga merupakan mangsa yang penting, frekuensi kehadirannya masing-masing sekitar 73 % dan 64 %.

Menurut Kantun & Mallawa (2016) bahwa, secara keseluruhan jenis makanan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) yang ditemukan pada daerah rumpon didominasi jenis makanan *cephalopods* (43,73 %) disusul ikan (32,32 %) dan krustase (29,35 %) dengan rincian pada rumpon laut dangkal diperoleh *cephalopods* (11,41 %), ikan (14,07 %), dan krustase (9,51 %); sedangkan pada rumpon laut dalam *cephalopods* (32,32 %),

ikan (18,25 %) dan krustase (14,45 %). Perbedaan dominasi diduga berkaitan dengan ketersediaan makanan dan rantai makanan yang terbentuk pada daerah rumpon. Tuna madidihang tergolong ikan yang tidak selektif dalam memilih makanan. Hal ini disebabkan karena kebutuhan energi yang besar sekitar 15 % dari bobot tubuh per hari yang diperlukan untuk selalu bergerak.

Dalam mengelompokkan ikan berdasarkan kepada makanannya, ada ikan sebagai pemakan plankton, pemakan tanaman, pemakan dasar, pemakan detritus, ikan buas, dan ikan pemakan campuran. Berdasarkan kepada jumlah variasi dari macam-macam makanan tadi, ikan dapat dibagi menjadi eurifagus atau euryphagic yaitu ikan pemakan bermacam-macam makanan, stenofagus atau stenophagic yaitu ikan pemakan makanan yang macamnya sedikit atau sempit, dan monofagus atau monophagic adalah ikan yang makanannya terdiri dari satu macam makanan saja (Effendie, 1978; Effendie, 1997; Rahardjo *et al.*, 2011).

Banyak spesies ikan yang dapat menyesuaikan diri dengan persediaan makanan dalam perairan sehubungan dengan musim yang berlaku. Dalam suatu daerah geografis luas untuk satu spesies ikan yang hidup terpisah-pisah dapat terjadi perbedaan kebiasaannya. Perbedaan ini bukan untuk satu ukuran saja tetapi untuk semua ukuran. Jadi satu spesies ikan dengan ukuran yang sama dalam daerah yang berbeda, dapat berbeda kebiasaannya. Perbedaan ini dapat terlihat jelas pada spesies ikan yang hidup di perairan tawar. Namun dalam satu perairan pun kalau ada perubahan lingkungan sehingga menyebabkan perubahan persediaan makan, ikan akan merubah kebiasaannya (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Di Sungai Berantas yang telah tercemar, ikan jendil (*Pangasius* sp) yang biasanya memakan serangga, ternyata sudah bisa memakan kotoran manusia dan sampah plastik. Ikan jendil harus mengubah kebiasaannya, dari pemakan serangga menjadi pemakan kotoran manusia dan sampah plastik karena perubahan persediaan makanan. Kemungkinan sampah plastik tersebut ikut tertelan bersamaan dengan makanan lainnya, atau ikan jendil menyangka sampah plastik tersebut sebagai makanan.

Pada budi daya ikan-ikan laut karnivor, seperti kakap putih (*Lates calcalifer*) dan kerapu (*Cromileptes*, *Epinephelus*), ikan tidak hanya dipaksa memakan pakan yang mati, tetapi juga pakan buatan dalam bentuk pasta dan pelet. Kerapu adalah ikan dasar yang cenderung memakan makanan hidup, seperti ikan-ikan kecil, udang, cumi-cumi dan sebagainya yang ada sekitar dasar perairan. Di alam, kerapu mencari makan sambil berenang di antara batu-batu karang, lubang atau celah-celah batu yang merupakan tempat persembunyiannya dan hanya kepalanya saja yang terlihat. Dari tempat itulah kerapu menunggu mangsanya. Bila mangsa tampak dari jauh, kerapu melesat cepat untuk menangkap dan menelannya, kemudian segera kembali ke tempat persembunyiannya.

Kerapu yang dipelihara dalam keramba mempunyai kebiasaan makan dengan menyergap pakan yang diberikan satu per satu sebelum pakan itu sampai ke dasar. Kerapu dalam keadaan lapar di keramba terlihat siaga dan selalu menghadap ke permukaan air dengan mata bergerak-gerak siap memangsa pakan. Kerapu jarang mengambil ataupun mengonsumsi pakan yang diberikan apabila sudah sampai ke dasar, meskipun kerapu dalam keadaan lapar. Namun, kebiasaan makan ikan kerapu maupun kakap putih yang memangsa makanan hidup dapat diubah.

Agar kakap putih dan kerapu memakan pakan buatan maka perlu diubah kebiasaannya. Cara ini disebut *weaning*, yaitu mengubah kebiasaan makan ikan yang masih berukuran kecil (benih) dari satu jenis ke jenis pakan lain yang diinginkan. Pembiasaan makan ini dilakukan pada tahap pendederan. Awalnya benih diberi pakan yang biasa diberikan (pakan lama), tetapi di saat bersamaan mulai diberi pakan yang dikehendaki (pakan baru/pakan buatan) sedikit demi sedikit hingga benih mau memakannya. Perbandingan pakan lama dengan pakan baru adalah 3:1. Pada hari berikutnya, dosis pakan baru ditingkatkan dan pakan lama dikurangi. Demikian seterusnya dilakukan hingga semua benih terbiasa

memakan jenis pakan baru. Di dalam akuakultur sering dilakukan pemaksaan kebiasaan makan ikan dengan memberi makanan alami lain atau dengan makanan buatan.

Berdasarkan makanannya secara garis besar ikan dapat digolongkan menjadi herbivor, karnivor, omnivor, predator, dan sebagainya. Akan tetapi dalam kenyataannya banyak sekali *overlap* disebabkan oleh keadaan habitat sekelilingnya dimana ikan itu hidup. Oleh karena itu, dalam pemeriksaan untuk menggolongkan ikan berdasarkan kepada kesukaan makanannya memerlukan contoh yang besar yang diambil dari berbagai macam lokasi. Apabila satu spesies ikan telah diketahui secara umum kebiasaan makannya, tetapi ketika diambil dalam suatu perairan tertentu terdapat kelainan dalam lambungnya, hal ini menunjukkan bahwa habitat itu secara alami tidak sesuai dengan ikan itu. Banyak sekali penelitian menunjukkan walaupun ikan itu sama spesies dan ukurannya, tetapi apabila habitat perairannya sedikit berbeda hasilnya tidak sama. Dengan demikian penilaian kesukaan terhadap makanannya sangat relatif. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam hubungan ini adalah faktor penyebaran organisme sebagai makanan ikan, faktor ketersediaan makanan, faktor pilihan dari ikan itu sendiri, serta faktor-faktor fisik yang memengaruhi perairan.

Penelitian Wibowo *et al.* (2011) pada ikan belida (*Chitala lopis*) di aliran Sungai Kampar, Provinsi Riau pada 5 lokasi (5 titik sampling), yaitu: Waduk Kota Panjang, Sungai Teso, Langgam, Rantau Baru, dan Kuala Tolam, didapatkan makanan utama ikan belida pada setiap lokasi umumnya berupa ikan-ikan kecil, kecuali di Sungai Teso dan Kuala Tolam, karena ikan-ikan kecil jarang ditemukan pada Sungai Teso dan Kuala Tolam. Pada Mei, makanan utama ikan belida di Waduk Kota Panjang dan Rantau Baru berupa ikan-ikan kecil; sedangkan makanan utama ikan belida di Langgam dan Kuala Tolam adalah udang. Pada Agustus, makanan utama ikan belida berupa ikan-ikan kecil. Pada November, makanan utama ikan belida yaitu ikan-ikan kecil dan lebih banyak dibandingkan pada Mei dan Agustus.

Sementara penelitian Utomo *et al.* (1990) pada ikan lais (*Cryptopterus limpok* dan *C. micronema*) memasukkan ikan tersebut ke dalam karnivora. Makanan utama ikan lais, baik pada musim kemarau maupun musim hujan adalah ikan. Namun, saat musim penghujan pada alat pencernaan ikan lais banyak ditemukan serangga air dibanding musim kemarau. Karena pada saat air besar, ikan lais akan menyebar sampai ke daerah lebak yang banyak terdapat serangga air (Tabel 47). Ikan lais juga memakan udang dan tumbuhan air, baik pada musim kemarau maupun musim hujan.

Tabel 47. Komposisi pakan alami dengan indeks bagian terbesar (%) dalam lambung ikan lais *Cryptopterus limpok* dan *C. micronema* pada musim kemarau dan musim penghujan.

Kelompok pakan	Musim kemarau		Musim penghujan	
	<i>C. limpok</i>	<i>C. micronema</i>	<i>C. limpok</i>	<i>C. micronema</i>
Ikan	80,66	99,9	62,7	87
Serangga air:				
Zygoptera	1,06	0,004	2	0,9
Odonata	-	-	0,4	-
Blastomatidae	-	-	1,9	-
Plecoptera	-	-	0,7	-
Hydrophilidae	-	-	3,4	-
Udang	2,67	0,022	13,6	2
Tumbuhan air	12,39	0,024	12,4	1,1
Tidak teridentifikasi	3,20	0,012	2,6	9
Jumlah	100	100	100	100

Sumber: Utomo *et al.* (1990)

Mengenal penyebaran organisme makanan ikan di dalam suatu komunitas umumnya akan didapatkan bahwa beberapa persen spesies organisme mempunyai jumlah individu banyak (lebat). Sedang spesies sisanya berjumlah banyak dengan masing-masing jumlah individu sedikit atau jarang. Penyebaran organisme makanan yang dominan menyebabkan pengambilan makanan itu akan bertambah, sedangkan

pengambilan organisme yang lain oleh ikan itu akan menurun. Ketersediaan makanan yang terdapat dalam perairan dapat diketahui apabila dilakukan analisis makanan yang terdapat dalam perairan. Dari hasil ini akan terlihat pula apakah makanan yang dimakan itu dipilih atau tidak (Effendie, 1978; 1997).

Jika ketersediaan suatu makanan yang merupakan makanan utama di perairan cukup melimpah, kemungkinan ikan akan memakan makanan tersebut. Ikan belida (*Chitala lopis*) adalah predator yang makanan utamanya berupa ikan-ikan kecil. Namun jika ketersediaan ikan-ikan kecil di alam menurun, maka ikan belida juga memakan berbagai makanan lain, seperti udang, kepiting, cacing, potongan daging, tumbuhan, bahkan batu kerikil. Ini menunjukkan bahwa ketika ketersediaan makanan di alam terbatas, maka ikan tidak memilih makanan.

B. SPESIALISASI KEBIASAAN MAKANAN

Aktivitas mencari makan pada ikan di alam bebas merupakan pekerjaan harian yang rutin, dimana makanan tadi diketahui oleh ikan secara penglihatan, perabaan, dan pembauan. Setiap jenis ikan dapat menggunakan beberapa organ yang berbeda untuk mendeteksi apakah ada atau tidak ada makanan di sekitarnya. Dapat terjadi ikan lebih mengutamakan menggunakan satu organ yang menjadi andalan dalam mendeteksi makanan dibandingkan dengan organ lain yang juga dipunyai oleh ikan tersebut. Ikan hiu atau cucut lebih mengandalkan penciuman dibandingkan dengan organ lain (mata) yang juga dipunyai oleh ikan tersebut. Hal ini terlihat pada perkembangan organ olfaktori (penciuman) yang lebih maju dibandingkan dengan organ optiknya (Rahardjo *et al.*, 2011).

Ikan yang mencari makan di dasar perairan, di perairan berlumpur, atau dalam kondisi gelap mengandalkan sungut, penciuman, pendengar, dan gurat sisi dalam mendeteksi makanan. Ikan lele (*Clarias* sp) dalam mencari makanan tidak mengalami kesulitan, walaupun hidup di perairan tergenang yang kotor karena mempunyai alat alat peraba (sunggut), yang sangat peka terhadap keberadaan makanan baik di dasar perairan, di pertengahan, maupun di permukaan. Berikut dikemukakan beberapa organ yang dapat digunakan oleh ikan dalam mendeteksi makanan (Rahardjo *et al.*, 2011), yaitu:

- (1) **Mata.** Ikan biasa menggunakan mata sebagai alat untuk mendeteksi makanan. Umumnya ikan yang mengandalkan mata aktif mencari makan pada siang hari, misalnya ikan-ikan Scombridae.
- (2) **Garis sisi.** Organ ini berperan penting dalam mendeteksi makanan, terutama bagi ikan yang memburu mangsa yang bergerak. Pada organ garis sisi terdapat saraf yang berfungsi sebagai pendeteksi getaran. Mangsa yang bergerak/berenang akan menimbulkan riak atau getaran air. Getaran di sekitar ikan dapat dijadikan sinyal bagi pemangsa untuk melacaknya.
- (3) **Elektroreseptor.** Beberapa jenis ikan seperti hiu atau cucut dapat mendeteksi makanan melalui organ penerima arus listrik yang terdapat pada permukaan tubuhnya yang disebut Ampulla Lorenzini. Ampulla Lorenzini merupakan suatu struktur yang menyerupai kantung yang terletak pada bagian kepala. Organ ini mampu menentukan lokasi mangsa berdasarkan perubahan gerak otot mangsa.
- (4) **Sunggut.** Pada alat yang berfungsi untuk meraba makanan ini terdapat pemusatan organ peraba. Sunggut dimiliki oleh ikan-ikan yang aktif pada kondisi gelap yang mencari makan terutama di dasar perairan.
- (5) **Organ pendengar.** Telinga pada ikan hanya terdiri atas telinga dalam yang berfungsi sebagai alat pendengar dan alat untuk keseimbangan. Pendengaran ikan biasanya lemah. Kelompok ikan *Clupeiformes* (ikan *herring* dan *anchovies*), *Holocentridae* (*squirrelfish*) dan sejumlah ikan lain memiliki gelembung renang khusus yang berhubungan langsung dengan organ telinga bagian dalam. Ikan-ikan tersebut memiliki pendengaran yang jauh lebih peka (Moyle & Cech, 1988 dalam Purbayanto *et al.*, 2010). Hal tersebut disebabkan karena gelembung renang berfungsi sebagai resonansi pendengaran maupun saat mengeluarkan frekuensi suara (Popper & Schilt, 2008 dalam Purbayanto *et al.*, 2010).
- (6) **Organ penghidu.** Organ ini memegang peranan penting dalam mendeteksi makanan, terutama yang berada pada jarak yang cukup jauh. Ikan dasar seperti pari, sidat, belut, juga ikan cucut, dan ikan laut dalam mempunyai sistem penciuman yang berkembang baik. Menurut Syandri (1988) penciuman ikan sangat sensitif terhadap bahan-bahan organik maupun anorganik yang dapat dikenal melalui

indra penciuman. Ikan dapat mengenal bau mangsanya, predator, dan spesiesnya sendiri. Bau-bau melarut dalam air dan merangsang reseptor pada organ olfaktoris ikan, sehingga menimbulkan reaksi terhadap ikan tersebut. Percobaan secara fisiologis yang dilakukan oleh Syandri (1988) dalam Purbayanto *et al.* (2010) membuktikan bahwa: (a) apabila organ olfaktori pada ikan hiu rusak, maka kemampuan ikan akan hilang untuk menangkap mangsanya; (b) apabila mata ikan hiu rusak sedangkan olfaktoris masih tetap baik, maka ikan hiu masih dapat menangkap dengan cepat mangsanya (mengenal lokasi mangsanya); (c) pada konsentrasi 0,0001 ppm ikan hiu sensitif terhadap bau; (d) pada manusia bau yang sangat sensitif bagi ikan adalah darah.

Ikan perch (*Perca fluviatilis*) dan ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) mampu mengenali adanya ikan pemangsa *Esox lucius* dan *Lota lota* yang mendekat dengan mendeteksi bau kedua ikan pemangsa ini. Respon yang dilakukan oleh ikan perch dan ruffe adalah menahan gerak dan menegakkan jari-jari keras sirip dorsal. Penegakan sirip menunjukkan peringatan kepada predator yang mendekat, selain juga sebagai alat pertahanan diri.

- (7) **Organ pengecap.** Organ pengecap (*taste tube*) pada ikan terpusat pada rongga mulut, yaitu lidah dan palatin. Selain di bagian tersebut, organ ini menyebar di lengkung insang, epibrankial, dan di sekitar gigi tekak.

Di antara organ pendeteksi makanan yang disebutkan di atas, organ pengecap merupakan penentu akhir apakah suatu jenis makanan akan ditolak atau diterima. Benda yang dianggap makanan oleh satu jenis ikan dideteksi melalui penglihatan dan diambil oleh ikan. Di bagian mulut benda tersebut akan dideteksi oleh organ pengecap (*sensory receptor*). Umumnya ikan akan memuntahkan kembali benda yang tidak cocok (tidak menjadi seleranya) melalui mulut atau membuang melalui celah insang untuk partikel yang berukuran kecil (Rahardjo *et al.*, 2011).

Jika terdapat benda-benda bukan bahan makanan yang dimakan oleh ikan, seperti plastik dan botol, ada tiga kemungkinan yang terjadi sehingga ikan dapat menelannya. Pertama, ikan-ikan buas seperti hiu, kemungkinan menyergap benda-benda tersebut bersamaan dengan makanan lainnya. Kedua, kemungkinan benda-benda tersebut disangka sebagai mangsa, terutama ketika bergerak karena dorongan arus, angin, dan gelombang. Ketiga, di dalam benda-benda tersebut (misalnya di dalam kantong plastik) terdapat bahan makanan sehingga terpaksa ikan menelannya (Kordi, 2018).

Makanan yang tersedia di alam dan dimanfaatkan oleh ikan biasanya dapat diketahui dengan mengambil contoh makanan yang ada pada lambungnya dan dilengkapi dengan daftar diet harian ikan yang diambil pada berbagai umur dan ukuran. Dalam mempelajari tentang kebiasaan, kesukaan, dan macam-macam makanan ikan harus menyertakan pertimbangan terhadap morfologi fungsional dari tengkorak, rahang, dan alat pencernaan ikan tersebut. Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut dapat diketahui gizi alami dan pembatas-pembatas kebiasaan makanan yang mungkin timbul.

Kebiasaan cara memakan (*feeding habits*) pada ikan seringkali dihubungkan dengan bentuk tubuh yang khusus dan morfologi fungsional dari tengkorak, rahang, dan alat pencernaan makanannya. Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa, ikan herbivora (pemakan tumbuhan) tidak mempunyai kemampuan untuk memakan dan mencerna material lain selain tumbuhan, oleh karena itu ikan pemakan tumbuhan cenderung memakan material tumbuhan yang lambat dicerna. Ikan herbivor harus dapat mengekstraksi nutrient melalui ususnya yang panjang. Jadi usus ini berfungsi sebagai penahan makanan dalam jumlah besar dalam waktu lama untuk mendapatkan kesempatan penggunaan penuh material makanan yang sudah dicerna. Secara kontras ikan karnivor mempunyai usus yang lebih pendek (Effendie, 1997; Yudasmara, 2014).

Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*), ikan karper rumput atau koan (*Ctenopharyngodon idellus*), dan ikan beronang (*Siganus*) adalah contoh ikan herbivor memakan material tumbuhan. Kebiasaan ikan gurami

yang memakan daun-daunan di dalam air ini kemudian ditiru oleh para petani gurami dengan memberikan pakan berupa daun-daunan, seperti daun pepaya, daun singkong, daun ubi jalar, daun talas, daun kangkung, dan lain-lain. Daun talas atau sente merupakan salah satu makanan yang disukai ikan gurami. Jika di dalam kolam ditebari beberapa jenis daun, maka daun talas yang dimakan terlebih dahulu oleh ikan gurami, kemudian daun-daun lain, setelah daun talas dihabiskan.



Gambar 40. Talas, tanaman darat yang disukai ikan gurami

Sementara itu, hampir semua tumbuhan air dapat dimakan oleh ikan karper rumput. Ikan karper rumput mempunyai gigi pharinxnya menjari dari kiri ke kanan, sebagai penyesuaian terhadap kondisi dimana ikan sanggup menyobek tumbuhan yang berserat dengan gigi pharinx tadi yang disokong oleh gerakan otot lateral. Beberapa tumbuhan yang tumbuh di darat dapat dimakan oleh karper rumput, seperti daun pisang, daun pepaya, daun keladi, daun lamtoro, rumput-rumput lapangan, dan sebagainya. Menurut Krupauer (1971), ikan karper rumput dapat memakan lebih dari 100 jenis tumbuhan air. Ikan karper rumput yang ditebar pada kolam yang penuh dengan rumput akan dengan cepat menjadi bersih. Karena itu, ikan ini dijadikan sebagai hewan pengendali gulma (tumbuhan air pengganggu). Dinas Perikanan Bali pernah memanfaatkan karper rumput untuk mengendalikan gulma di Danau Buyan, Tablingan, Beratan dan Batur. Danau-danau tersebut bersih dari gulma air, setelah beberapa kali ditebar karper rumput. Karena makanan utamanya terdiri dari tanaman air dan tanaman darat, maka ikan ini populer sebagai karper rumput (*grass carp*).

Tabel 48. Makanan beberapa spesies beronang

Spesies	Habitat
<i>Siganus canaliculatus</i>	Rumput laut, terutama <i>Enhalus</i> dan <i>Halophila</i>
<i>Siganus vermiculatus</i>	Potongan alga, <i>Hypnea</i> , <i>Padina</i> , <i>Halophila</i> , dan berbagai tumbuhan laut
<i>Siganus lineatus</i>	Tumbuhan laut <i>Enhalus</i> , <i>Halophila</i> , <i>Hypnea</i> , <i>Syringodium</i> , <i>Halodulac</i> , dan berbagai jenis alga
<i>Siganus doliatus</i>	Komponen utama adalah <i>Hypnea</i> dan beberapa komponen keluarga dari tumbuhan <i>Boeldea</i> , <i>Dictyota</i> , <i>Padina</i> , <i>Microcoleus</i> , dan <i>Tolypioeladia</i>
<i>Siganus spinus</i>	Terutama <i>Coulerpa</i> dan <i>Microcoleus</i>
<i>Siganus puellus</i>	Makanan utamanya adalah <i>Schizomerix</i>
<i>Siganus punctatus</i>	Terutama keratos sponge, sedikit <i>Halophila</i> , dan <i>Schizomerix</i>

Sumber: Anonim (1992)

Ikan beronang (*Siganus*) adalah pemakan berbagai tumbuhan laut, seperti lumut, alga, lamun, dan sebagainya (Tabel 48). Ikan beronang mempunyai mulut kecil, gigi seri pada masing-masing rahang, gigi geraham berkembang sempurna, dinding lambung agak tebal, usus halusnya panjang dan mempunyai permukaan yang luas. Karena itu beronang dapat memotong dan mengunyah tumbuhan lamun dan rumput laut. Beronang merupakan hama dalam budi daya rumput laut di daerah pasang surut. Gerombolan ikan beronang di Teluk Parepare (Sulawesi Selatan) dalam satu malam dapat memangsa rumput laut sebanyak dua rakit ukuran 5 x 3 m. Sebagai ikan herbivor yang memakan berbagai tumbuhan laut, beronang mudah dipancing dengan menggunakan umpan berupa tumbuhan. Beronang mudah dipancing dengan menggunakan umpan nasi atau pisang yang masak. Ada juga pemancing yang menggunakan adonan tepung terigu dan tepung beras.

Secara garis besar morfologi usus macam-macam ikan berbeda menurut kebiasaan makanannya (Effendie, 1997; Yudasmara, 2014), yaitu:

- (1) **Ikan herbivor**, tidak mempunyai gigi dan mempunyai tapis insang yang lembut untuk menyaring fitoplankton dari air. Ikan ini tidak mempunyai lambung yang benar, yaitu bagian usus yang mempunyai jaringan otot kuat, mengekskresikan asam, mudah mengembang, terdapat di bagian muka alat pencernaan makanannya. Ususnya panjang berliku-liku, dindingnya tipis.
- (2) **Ikan karnivor**, mempunyai gigi untuk menyergap, menahan dan merobek mangsa dan jari-jari tipis insangnya menyesuaikan untuk penahan, memegang, memarut, dan menggilas mangsa. Punya lambung benar dan usus pendek, tebal dan elastis.
- (3) **Ikan omnivor**, mempunyai sistem pencernaan antara bentuk herbivor dan karnivor.

Pengelompokan ikan berdasarkan kepada macam makanannya digolongkan ke dalam tiga kelompok besar, yaitu pemakan tumbuhan (herbivor), hewan (karnivor), dan pemakan campuran (omnivor). Namun pembagian berdasarkan makanan utamanya ikan dikelompokkan menjadi pemakan tumbuhan, pemakan hewan, pemakan campuran, pemakan plankton (planktivor), pemakan detritus (detritivor), pemakan insekta, pemakan bangkai, ikan buas, dan kanibal. Namun banyak ikan yang mempunyai daya untuk menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungannya dalam rangka mempertahankan hidupnya.

Herbivor adalah ikan yang makanan utamanya terdiri dari tumbuhan air, jenis-jenis algae dari kelas Chlorophyceae, Bacillariophyceae, dan lain-lain. Contoh ikan yang dikenal sebagai herbivor di antaranya gurami (*Osphronemus gouramy*), karper rumput (*Ctenopharyngodon idellus*), dan beronang (*Siganus*).

Karnivor adalah ikan yang makanan utamanya terdiri dari hewan. Jenis-jenis organisme dari kelompok zooplankton, udang, serangga air, ikan, kerang, cumi-cumi, dan hewan-hewan lainnya adalah komponen penyusun makanan ikan karnivor. Contoh ikan karnivor di antaranya gabus (*Channa striata*), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), arowana (*Scleropages formosus*), kakap putih (*Lates calcalifer*), kakap tambak (*Lutjanus argetimaculatus*), kerapu (*Epinephelus*, *Cromieptes*, *Plectropomus*), dan bobara (*Caranx*).

Omnivor adalah ikan yang makanan utamanya terdiri dari tumbuhan dan hewan. Ikan yang termasuk omnivor di antaranya ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila (*Oreochromis niloticus*), jelawat (*Leptobarbus hoevenii*), lalawak (*Barbonymus balleroides*), dan lampan (*Barbonymus schwanenfeldii*).

Detritivor adalah ikan yang makanan utamanya berupa detritus. Ikan detritivor makan di dasar perairan dengan cara mengaduk dasar perairan, misalnya ikan belanak (*Liza* sp). Planktivor ada ikan yang makanan utamanya adalah plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton, misalnya ikan malalugis (*Decapterus macarellus*) dan solisi (*Rastrelliger kanagurta*).

Planktivor atau pemakan plankton adalah ikan yang makanannya terdiri atas jenis plankton, baik fitoplankton maupun zooplankton, misalnya ikan tambakan (*Helostoma temmincki*) dan mola (*Hypophthalmichthys molitrix*). Ikan mola sering diintroduksi ke perairan untuk memanfaatkan plankton di perairan.

Tabel 49. Jenis dan indeks bagian terbesar (IBT) makanan pada ikan bada (*Rasbora argyrotaenia*)

Jenis pakan	IBT (%)
Serangga	74,99
Tumbuhan	13,58
Zooplankton	5,39
Fitoplankton	0,95
Detritus/serasah	3,07
Tidak teridentifikasi	2,03

Sumber: Sulastri *et al.* (2011)

Insektivora atau pemakan insekta atau serangga adalah ikan yang makanannya utamanya berupa insekta atau serangga, baik akuatik atau terestrial, larva maupun insekta ukuran besar. Misalnya ikan buda (*Rasbora argyrea*) yang 74,99 % (Tabel 49) makanannya adalah serangga. Serangga yang menjadi sumber makanan ikan buda dapat berasal dari tumbuhan dan serasah (Sulastri *et al.*, 2011). Ikan lain yang dikenal sebagai pemakan serangga adalah tatabola atau ikan sumpit (*Toxotes jaculatrix*).

Scavenger adalah sebutan untuk ikan yang memakan bangkai, misalnya ikan lele (*Clarias* sp) dan ikan hiu atau cucut. Scavenger juga sekaligus adalah karnivor, yang memakan berbagai makanan dari hewan dan dalam jumlah yang banyak. Ikan lele muda (0,5-5,0 g) biasanya mengalami masalah dengan usus karena jumlah makanan yang dikonsumsi sangat berlebihan. Tingkat pemberian makanan juga memengaruhi gejala pecahnya usus (*Ruptured Intestine Syndrom-RIS*) (Zonneveld *et al.*, 1991).

Piscivor atau iktiofagus adalah sebutan untuk ikan-ikan yang makannya terdiri atas berbagai jenis ikan, misalnya ikan kerapu dan tuna (*Thunnus*). Predator atau pemangsa ditujukan kepada ikan-ikan karnivor yang makan dengan cara memangsa hewan lainnya, termasuk dalam jenisnya sendiri atau bersifat kanibal, misalnya pada ikan kerapu dan ikan hiu.

Ada juga ikan herbivor atau pemakan tumbuhan yang mampu memakan tumbuhan tingkat tinggi (makrofitofagus), yang makanannya terdiri atas jenis tumbuhan berukuran besar, misalnya ikan gurami yang dapat memakan daun pepaya dan talas, atau ikan karper rumput yang dapat memakan daun pisang, daun lamtoro, dan sebagainya.

Salah satu ikan yang mempunyai keistimewaan khusus dalam kebiasaan makanannya dan mencari makanan adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*). Ikan mas mencari makan dengan cara mengisap dengan mulut yang dapat dijulurkan dengan mudah. Mulutnya terminal dan tidak mempunyai gigi. Sebagai ganti gigi dan lambung, ikan mas mempunyai gigi pharynx untuk menggerus. Dilihat dari segi spesialisasi makanannya, maka ikan mas adalah ikan omnivor, euryphagus atau euryphagik, dan sebagai pemakan yang oportunistik di suatu daerah ekologi yang bermacam-macam. Di daerah musim empat, pada waktu musim dingin makanan bagian terbesarnya adalah makanan yang pada waktu musim panas merupakan makanan yang terbawa dengan makanan lainnya.

Ikan *Orthodon microlepiotus* mempunyai usus lebih besar dari pada ikan *Ptychocheilus grandis* yang karnivor yang hanya memakan ikan lainnya. Sedangkan ikan *Lavimia exilicanda* yang memakan zooplankton kecil mempunyai usus yang sedang. Ketiga macam ikan tersebut semuanya sebagai penghuni sistem sungai Sacramento. Pada ikan herbivor perbandingan panjang usus dengan panjang tubuhnya bertambah dengan tajam pada ikan sampai dengan ukuran panjang tubuh 18 cm. Sedangkan pada ikan karnivor perbandingannya tak berubah pada ikan dengan panjang tubuh mencapai 60 cm ke atas (Effendie, 1997). Tabel 50 disajikan panjang nisbi tubuh dengan kebiasaan makanan pada beberapa spesies ikan.

Tabel 50. Panjang nisbi tubuh dan kebiasaan makanan pada beberapa spesies ikan

Spesies	Kebiasaan Makanan	Panjang Nisbi
<i>Labeo horie</i>	Detritivor	15,0 – 21,0
<i>Labeo niloticus</i>	Detritivor	16,9
<i>Labeo caibasu</i>	Herbivor	3,75 – 10,0
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Herbivor	4,6 – 7,1
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Herbivor	2,5
<i>Gila bicolor</i>	Omnivor	11,0 – 11,3
<i>Salmo salar</i>	Karnivor	0,73 – 0,80
<i>Micropterus salmoides</i>	Karnivor	0,7 – 0,9
<i>Gadus morhua</i>	Karnivor	1,05 – 1,50

Sumber: Effendie (1997)

Pada ikan karper rumput (*Ctenopharyngodon idellus*) yang merupakan herbivor yang memakan tumbuhan tingkat tinggi, gigi pharynxnya menjari dari kiri ke kanan, yang menunjukkan penyesuaian terhadap kondisi, yang memungkinkan ikan ini sanggup menyobek tumbuhan yang berserat dengan gigi pharynx tersebut yang disokong otot lateral. Dilihat dari spesialisasi makanannya, ikan karper rumput adalah herbivor, termasuk pemakan tumbuhan tingkat tinggi (makrofitofagus).

Pada ikan tilapia *feeding specialization*-nya adalah pengambilan algae yang menempel pada batuan dengan menggaruk, menyisir atau memotong dari dedaunan, memakan moluska, mengambil invertebrata kecil, atau mengambil invertebrata benthik yang lebih besar atau memakan zooplankton dengan cara mengisap yang disaring dengan jari-jari insangnya, memakan telur, embrio ikan atau kadang-kadang memangsa seluruh ikan. Dilihat dari spesialisasi makanannya, ikan tilapia adalah ikan omnivor, euryphagus atau euryphagik.

Pada ikan juga terdapat hubungan antara morfologi jari-jari tipis insang dan status makanan ikan. Umumnya fungsi jari-jari tipis insang sebagai penyaring material makanan dari air, sehingga dapat diduga hubungan antara jumlah jari-jari tipis insang, ruang antaranya, panjangnya dengan kebiasaan makanan ikan. Namun pada ikan trout ada perkecualian. Ditemukan bahwa ukuran mangsa terkecil tidak sesuai dengan jarak minimum jari-jari tapis insang. Kesimpulannya tidak harus selalu dekat hubungan antara ukuran makanan yang dimakan dengan jarak jari-jari tapis insang. Namun ada ahli yang menemukan keceratan hubungan tersebut, maka di sini harus diamati pula bahwa dengan dapat berkembangnya rongga buccal pada ikan harus dinilai untuk keefektifan jarak antara jari-jari tipis insang (Effendie, 1997; Yudasmara, 2014).

Pada ikan kerapu yang dikenal sebagai karnivor, piscivor, dan pemangsa mempunyai mulut yang lebar serong ke atas dan bibir bawahnya menonjol ke atas. Rahang bawah dan atas dilengkapi gigi-gigi geretan yang berderet dua baris, ujungnya lancip dan kuat. Sementara itu, ujung luar bagian depan dari gigi baris luar adalah gigi-gigi besar. Dengan bentuk mulut seperti itu, ikan kerapu dapat menangkap dan menelan langsung mangsa. Mangsa yang tertangkap sulit melepaskan diri karena tertahan dengan kuat oleh gigi kerapu yang kuat.

Tabel 51. Kelompok makanan, jumlah dan frekuensi kejadian ikan kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) di Kepulauan Spermonde Sulawesi Selatan (Sudirman, 1997).

Kelompok Makanan	Jumlah Makanan (%)	Frekuensi Kejadian (%)
Ikan	40,35	65,70
Krustase	19,30	31,40
Cumi cumi	8,77	13,30
Pasir	15,79	25,71
Karang	12,30	20,00
Lumpur	3,51	5,70

Sumber: Sudirman & Karim (2008).

Ikan kerapu memangsa berbagai jenis ikan kecil, plankton hewani, udang-udangan, cumi cumi dan hewan-hewan kecil lainnya. Ikan kerapu dikenal sebagai piscivor atau pemangsa ikan yang rakus. Berdasarkan analisis isi perut, maka ikan kerapu lumpur (*Epinephelus* sp) terdiri dari sebagian besar dari berbagai jenis ikan dan krustase (Purba, 1989). Sedangkan, pengamatan isi perut kerapu ukuran kecil/kerapu muda, diketahui kandungan di dalam perutnya didominasi oleh golongan krustase (udang-udangan dan kepiting) sebanyak 83 % dan ikan-ikanan sebesar 17 %. Namun, semakin besar ukuran kerapu, komposisi isi perutnya cenderung didominasi oleh ikan-ikanan (Tabel 51). Jenis udang-udangan yang banyak dijumpai dalam isi perut kerapu adalah jenis udang krosok (*Parapeneus* sp.), udang dogol (*Metapenaeus* sp.) dan udang jerbung (*Penaeus merguensis*). Sementara dari kelompok ikan-ikanan yang ditemui pada umumnya adalah ikan teri (*Stelopterus* sp), beronang (*Siganus* sp), tembang (*Sardinella* sp),

belanak (*Mugil* sp), jenaha (*Lutjanus* sp), dan cumi-cumi (*Loligo* sp) dalam jumlah kecil. Karena itu, kandungan protein dalam makanan ikan kerapu cukup tinggi.

Di alam, kerapu mencari makan sambil berenang di antara batu-batu karang, lubang atau celah-celah batu yang merupakan tempat persembunyiannya dan hanya kepalanya saja yang terlihat. Dari tempat itulah kerapu menunggu mangsanya. Bila mangsa tampak dari jauh, kerapu melesat cepat untuk menangkap dan menelannya, kemudian segera kembali ke tempat persembunyiannya. Kerapu yang dipelihara dalam keramba mempunyai kebiasaan makan dengan menyergap pakan yang diberikan satu per satu sebelum pakan itu sampai ke dasar. Kerapu dalam keadaan lapar di keramba terlihat siaga dan selalu menghadap ke permukaan air dengan mata bergerak-gerak siap memangsa pakan. Kerapu jarang mengambil ataupun mengkonsumsi pakan yang diberikan apabila sudah sampai ke dasar, meskipun kerapu dalam keadaan lapar. Biasanya kerapu berdiam di dasar dan tidak menyergap pakan yang diberikan jika sudah kenyang.

Tabel 52. Indeks relatif penting jasad makanan yang terdapat dalam lambung ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*)

Jasad makanan	N (%)	V (%)	F (%)	IRP (%)
Ikan	62,3	65,5	100	12790,0
Udang-udangan	23,9	26,7	37,5	1897,5
Lain-lain	12,5	18,9	27,1	850,9

Sumber: Slamet *et al.* (1998)

Keterangan: N = persentase jumlah satu macam makanan; V = persentase volume satu macam makanan; F = frekuensi kejadian satu macam makanan; IRP = indeks relatif penting

Ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) yang juga dikenal sebagai predator mempunyai rahang yang kuat, menonjol ke luar dengan bibir tebal. Napoleon adalah ikan karnivor yang makanan utamanya adalah ikan (Tabel 52), seperti ikan lemuru, tembang, kembung, dan teri. Napoleon juga memakan udang, kepiting, rajungan, dan hewan lainnya. Sementara larva dan ikan-ikan berukuran kecil memakan zooplankton atau plankton hewani.

Ikan belut tergolong karnivor dan predator. Ciri dari belut sebagai hewan karnivor dan predator adalah memiliki gigi-gigi runcing, kecil-kecil, untuk menyergap, menahan, dan menyobek mangsa. Ciri lainnya adalah mempunyai lambung besar, palsu, dan usus pendek, tebal, dan elastis. Di samping itu, belut bersifat kanibal atau saling memangsa, yaitu belut yang berukuran besar akan memangsa belut yang ukuran lebih kecil. Sifat kanibal ini muncul bila jumlah makanan sangat terbatas. Sifat kanibal merupakan salah satu ciri hewan karnivor yang rakus.

Ikan karnivor, piscivor, kanibal, scavenger (pemakai bangkai), sekaligus predator berukuran besar, seperti ikan hiu dapat memangsa apa saja. Salah satu hiu yang memakan apa saja adalah hiu macan (*Galeocerdo cuvieri*). Hiu yang hidup di daerah tropis ini dapat mencapai ukuran panjang 4,2 m. Hiu ini berbahaya bagi manusia dan juga terkenal sebagai pemakan bangkai dan sampah, karena kegemarannya menelan semua jenis sampah yang dibuang dari kapal di laut. Seekor hiu macan pernah memuntahkan sebuah lengan manusia bertato di sebuah akuarium di Australia, sehingga melahirkan Kasus Pembunuhan Lengan Hiu; tanda tato yang khas itu memungkinkan polisi untuk mengenali korbannya, dan dengan demikian menjadi penolong yang cukup besar dalam mencari orang yang harus diajukan ke Pengadilan (Anonim, 1989).

Kebanyakan hiu adalah pemakan hewan, seperti ikan, udang, kepiting, cumi-cumi, penyu, duyung, dan memakan berbagai makanan sisa yang dibuang kapal di laut atau di pelabuhan. Hardenberg, seorang ahli biologi perikanan yang lama bekerja di Indonesia pernah menemukan ikan hiu berukuran besar dengan isi perut terdiri dari sisa seekor buaya (Nontji, 1987). Karena ikan hiu memakan berbagai makanan sisa yang dibuang, ikut pula tertelan benda-benda yang tidak dapat dicernakan, di antaranya dapat berupa botol, kaleng, kotak, tong, kepala kerbau, dan kain (Anonim, 1989). Namun hiu paus atau cucut geger

lintang (*Rhineodon typus*) yang merupakan hiu terbesar dan ikan terbesar di dunia yang panjangnya bisa mencapai 15 m justru memakan hewan-hewan kecil dan zooplankton yang diperoleh dengan menggunakan organ penyaring yang terdapat dalam busur insangnya (Nontji, 1987).

Di antara karnivor dan predator, apabila ikan telah tumbuh menjadi ikan berukuran besar, untuk memenuhi kebutuhan energinya, maka akan mengkonsentrasikan usaha-usahanya yang berhubungan dengan rahangnya, pergeligian, dan perototan di daerah lambungnya, sehingga ikan akan memangsa mangsa yang berukuran besar, seperti udang, kepiting, rajungan, cumi-cumi, ikan, penyu, dan sebagainya.

Morfologi fungsional dan spesialisasi sistem alat pencernaan makanan dapat berubah apabila ikan tumbuh. Pada waktu awal perkembangannya, alat pencernaan makanan tersebut berupa lambung yang sederhana, tapi kemudian segera berubah walaupun ikan masih kecil. Perubahan terbesar pada ikan ketika ketika pada masa stadia larva memakan zooplankton. Alat pencernaan sudah memperlihatkan seperti ikan dewasa pemakan zooplankton (Effendie, 1997; Yudasmara, 2014).

C. KERAGAMAN DAN UKURAN MAKANAN

Ketersediaan makanan di perairan bebas memungkinkan ikan untuk memilih dan mencari sumber makanan yang dibutuhkannya tanpa terbatas ruang dan waktu. Namun, ikan juga selalu selalu memanfaatkan sumber makanan yang tersedia di sekitarnya. Karena itu, ikan-ikan pemangsa mudah ditemukan pada daerah di mana sumber makanan terkumpul, seperti di rumpon, sekitar pelabuhan, sekitar bekas kapal tenggelam, dan sebagainya. Di daerah teluk atau sekitar hutan mangrove di mana mengumpulkan ikan-ikan ukuran kecil seperti teri atau puri (*Stolepohorus* sp) dan tembang (*Sardinella fimbriata*), maka ikan-ikan pemangsa akan memburu dan memangsa ikan-ikan tersebut.

Tahun 1984 beberapa ekor ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) masuk ke Sungai Balipota, Desa Tabapoma, Bacan (Maluku Utara) sejauh sekitar 2 km dari muara karena memburu ikan teri, 1 ekor tuna madidihang berhasil ditangkap oleh penduduk. Tahun 1987 ratusan ekor tuna madidihang dan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) terjebak dan terdampar di hutan mangrove di Desa Tabapoma. Ikan tuna madidihang dan cakalang tersebut memburu ikan teri dan terdampar karena perairan lingkungan hutan mangrove yang keruh. Puluhan ekor tuna dan cakalang berhasil ditangkap.

Ini menunjukkan bahwa, dalam mencari makan, ikan akan berusaha untuk memperoleh makanan yang ada di sekitarnya. Dengan begitu, makanan yang terbanyak dimakan oleh ikan adalah makanan yang terdekat dan dapat dijangkaunya. Penelitian Kantun *et al.* (2013) dalam Kantun & Mallawa (2016) pada ikan tuna madidihang memperoleh frekuensi kehadiran jenis makanan berdasarkan isi lambung dalam setiap bulannya didominasi oleh cumi-cumi dengan frekuensi kehadiran > 40 % untuk periode bulan Juli-Agustus dan 50 % untuk bulan September-Oktober, kemudian disusul oleh ikan dan krustase dengan pola yang sama. Sementara Kantun *et al.* (2014) memperoleh kehadiran jenis makanan berdasarkan isi lambung dalam setiap bulannya didominasi oleh cumi-cumi dengan frekuensi > 40 % untuk periode bulan Maret-Juni, disusul ikan dan krustase yang berada < 40 % di perairan yang sama, sedangkan berdasarkan posisi rumpon diperoleh hasil yang sangat berbeda dari penelitian tahun 2013. Semua jenis makanan yang dimakan ikan tuna madidihang semuanya beraada > 55 % (56,47-73,91 %) dengan rata-rata 63,73 % didapatkan pada rumpon laut dalam, sementara pada rumpon laut dangkal > 25 % (26,09-43,53 %) dengan rata-rata 36,43 %).

Hasil ini bertolak belakang dengan yang diperoleh Abdussamand *et al.* (2008) di perairan Teluk Mannar India dengan makanan utama ikan pelagis (69,9 %), krustase (17,4 %), dan *cephalopods* (12,7 %). Rohit & Rammohan (2012) di sepanjang pantai India memperoleh 42,5 % krustase; 34,7 % ikan; dan 15,5 % *cephalopods*. Tuna madidihang berukuran kecil, larva-juvenil (< 100 cm), makanan utamanya adalah larva krustase. Tuna madidihang ukuran 100-129 cm mengonsumsi larva krustase dan *squids*, sedangkan tuna madidihang berukuran > 130 cm makanan utamanya adalah ikan dan *squids* (Kantun & Mallawa, 2016).

Perbedaan preferensi terhadap jenis makanan diduga berkaitan dengan sumber makanan yang tersedia di alam. Tuna madidihang termasuk jenis ikan yang tidak selektif (*oportunis feeders*) dalam mencari makanan sehingga makanan yang tersedia di alam saat itu merupakan makanannya. Penelitian yang dilakukan oleh Suwarso *et al.* (2005) di perairan Teluk Tomini pada ikan tuna madidihang, cakalang (*Katsuwonus pelamis*), dan tongkol (*Euthynnus* sp), makanan yang paling banyak ditemukan pada lambung ketiga ikan tersebut adalah cumi-cumi. Cumi-cumi yang umum ditemukan dalam lambung ikan kemungkinan besar dari umpan yang digunakan nelayan. Pada tuna madidihang frekuensi kehadiran cumi sebanyak 66 %; sedangkan pada cakalang (*Katsuwonus pelamis*) mencapai 77 %, dan tongkol (*Euthynnus* sp) sebanyak 73 %.

Makanan yang ditemukan pada lambung ikan sangat bergantung pada lokasi di mana ikan bersangkutan mencari makanan. Ikan-ikan yang terisolasi di suatu lingkungan, misalnya ikan yang hidup di gua atau kolam, maka jenis makanannya terbatas. Hanya ikan-ikan yang hidup di perairan luas dan bebas yang makanannya lebih bervariasi.

Menurut Rahardjo *et al.* (2011) bahwa dari sudut variasi jenis organisme oleh ikan, ikan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- (1) Monofagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas hanya satu jenis organisme makanan. Dalam kenyataannya sulit menemukan ikan yang memakan satu jenis makanan saja. Mungkin ikan-ikan yang hidup terisolasi di suatu perairan atau ikan-ikan budi daya yang hanya memakan satu jenis organisme makanan.
- (2) Stenofagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas beberapa jenis organisme makanan, misalnya *Puntius chola* dan *Puntius dorsalis* yang memakan invertebrata benthik (Weliange & Amarasinghe, 2003).
- (3) Eurifagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas berbagai jenis organisme makanan (variasi jenis makanannya tinggi). Ikan kelompok ini lebih mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (dalam hal makanan) dibandingkan dengan dua kelompok terdahulu. Ikan *Puntius filamentosus* yang menghuni danau di Srilanka mempunyai makanan yang berbeda antara musim air tinggi dan waktu air surut (Weliange & Amarasinghe, 2003). Ikan mujair (*Oreochromis mossambica*) juga termasuk dalam kelompok ini.

Di samping variasi jenis makanan, ukuran makanan juga menentukan ikan untuk memperoleh makanan. Makanan yang dapat dimakan oleh ikan mempunyai ukuran yang lebih kecil dari ukuran tubuh ikan dan memungkinkan untuk dapat dimasukkan ke dalam mulut. Ikan pemakan plankton tentu lebih mudah memasukkan makanan berupa fitoplankton dan zooplankton ke dalam mulut. Sementara ikan karnivor dan pemangsa yang memakan ikan hidup tentu lebih sulit dalam memperoleh makanan, selain makanan yang dimakannya umumnya berupa organisme hidup, beberapa di antaranya merupakan ikan-ikan perenang cepat. Karena itu, agar makanan yang dimakannya lebih mudah, maka dalam mencari makan, ikan memburu makanan yang sesuai dengan ukuran mulutnya.

Walaupun karnivor dan pemangsa dapat memakan makanan dalam jumlah yang banyak, bahkan seberat bobot tubuhnya, namun makanan yang dimakan terdiri dari beberapa macam atau beberapa ekor. Ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*) ada karnivor dan predator yang dapat memakan mangsa seberat bobot tubuhnya setiap hari. Dalam mencari makan, ikan betutu hanya berdiam diri di balik bebatuan, tumbuhan air dan kadang-kadang membenamkan dirinya di dalam lumpur untuk menunggu mangsanya melintas, kemudian dengan cepat menyergapnya. Makanan yang disergapnya adalah makanan yang sesuai dengan ukuran mulut ikan betutu sehingga dapat langsung ditelannya. Ikan betutu juga bersifat kanibal atau memangsa jenisnya sendiri, bahkan sejak ikan masih berukuran benih, sekitar 2 cm (bobot 0,2 gram). Ikan-ikan betutu yang berukuran lebih besar memangsa betutu yang berukuran kecil, atau ikan betutu yang kuat memangsa ikan betutu yang sakit atau lemah.

Hanya ikan-ikan yang hidup di laut dalam yang dapat memakan makanan berukuran besar. Kondisi lingkungan laut dalam yang “ekstrim” memaksa organisme penghuninya untuk beradaptasi. Salah satu bentuk adaptasinya adalah ikan laut dalam mempunyai mulut yang besar. Di dalam mulut terdapat gigi-gigi yang panjang dan melengkung ke arah tenggorokan. Dengan demikian, gigi-gigi dapat menjamin bahwa apa yang tertangkap tidak akan keluar lagi. Mulut ini dihubungkan dengan tengkorak oleh suatu engsel yang memungkinkan ikan membuka mulut sangat lebar, bahkan jauh lebih lebar daripada tubuhnya, sehingga memungkinkan menelan mangsa yang lebih besar daripada tubuhnya.

Dilihat dari ukuran makanan yang dimakannya, ikan dikelompokkan sebagai berikut (Rahardjo *et al.*, 2011):

- (1) Mikrofagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas organisme yang berukuran kecil, misalnya plankton dan larva serangga air. Beberapa ikan kelompok ini adalah kurisi, *Nemipterus tambroides* (Sjafei & Robiyani, 2001), dan lemuru, *Sardinella lemuru* (Pradini *et al.*, 2001).
- (2) Mesofagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas organisme yang berukuran sedang, misalnya moluska, annelida, dan udang.
- (3) Makrofagus adalah ikan yang makanannya terdiri atas organisme yang berukuran besar, misalnya kepiting, ikan, dan hewan avertebrata yang berukuran besar.

D. KEBIASAAN CARA MAKAN

Di hutan-hutan mangrove atau di daerah pesisir di mana terdapat tumbuhan yang dekat dengan permukaan air laut, sering terlihat serangga terjatuh ke air dan secara tiba-tiba disambar/dimangsa oleh ikan. Serangga tersebut jatuh karena “ditembak” atau mendapat semprotan air dari ikan sumpit atau tatabola (*Toxotes* sp). Ikan sumpit mempunyai kemampuan menyumpit atau menembak serangga yang hinggap di tumbuhan dekat permukaan air. Ini adalah salah satu keunikan ikan sumpit dalam mencari makan. Ikan sumpit dapat menyumpit mangsanya dengan ketepatan yang tinggi sampai sejauh 1 m, sedangkan setelah beberapa kali ulangan, ikan sumpit dapat menembak sasaran kecil sampai sejauh 3 m. Tembakan dengan peluru air ini dimungkinkan oleh tekanan mendadak yang ditimbulkan oleh gerakan tutup insangnya. Air bertekanan tinggi yang terjadi di dalam rongga mulutnya disalurkan lewat celah kecil memanjang di langit-langitnya, dengan lidahnya sebagai katup atau penutup.



Gambar 41. Ikan sumpit (*Toxotes* sp) menyumpit mangsa di daunan

Modifikasi yang mengagumkan ini disertai pula dengan kemampuan pandang yang sangat cermat. Ini terbukti dari kemampuannya untuk menembak sasaran di udara dengan tepat, dengan memberikan koreksi yang diperlukan karena patahnya arah cahaya oleh pembiasan dari medium air ke medium udara. Ikan sumpit mempunyai mata besar yang dapat dengan mudah digerakkan, dan ini dapat memungkinkannya untuk mempunyai pandangan binokuler, baik ke depan maupun ke atas. Mangsa

yang disumpitnya berupa lalat atau serangga kecil lainnya yang hinggap di daun atau ranting tumbuhan pantai. Tetapi sesekali serangga yang terbangpun dapat ditembak jatuh. Lebih sering malah ikan sumpit melompat keluar dari air untuk menerkam mangsanya, kadang-kadang sampai setinggi sekitar 15 cm (Nontji, 1987).

Ikan mempunyai kebiasaan yang berbeda-beda dalam mengambil makanannya. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari berbagai sudut yang merupakan adaptasi terhadap lingkungan hidup dan jenis makanannya. Letak mulut ikan yang inferior (di bawah kepala) seperti pada golongan Elasmobranchii, Acipenser, Polyodon, dan lain-lain. Mulut yang letaknya terminal (di ujung depan kepala) terdapat pada kebanyakan ikan. Mulut ikan yang letaknya superior (di bagian atas) terdapat pada ikan Hyporhamphus. Selain letaknya, mulut ikan bervariasi baik dalam bentuk, besar, dan perlengkapan lainnya seperti gigi, alat peraba, dan lain-lain. Variasi pada tiap-tiap spesies ikan merupakan spesialisasi struktur dalam penyesuaian terhadap fungsi ekologi yang memberikan ikan itu suatu keuntungan tertentu dari pada ikan lain yang tidak mempunyai bentuk tadi. Keadaan demikian untuk beberapa spesies ikan tertentu yang hidup dalam suatu lingkungan yang khas memberikan kemungkinan kecil sekali terjadi persaingan interspesifik. Dengan kata lain bahwa spesies tertentu itu mengadakan penyesuaian yang menguntungkan dalam cara pengambilan makanan terhadap lingkungannya (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Kebanyakan cara ikan mencari makan dengan menggunakan mata. Pembauan dan persentuhan digunakan juga untuk mencari makanan, terutama oleh ikan pemakan dasar dalam perairan yang kekurangan cahaya atau dalam perairan keruh. Ikan yang menggunakan mata dalam mencari makanan akan mengukur apakah makanan itu cocok atau tidak dengan ukuran mulutnya. Tetapi ikan yang menggunakan pembauan dan persentuhan tidak melakukan pengukuran, melainkan kalau makanan sudah masuk mulut akan diterima atau ditolak.

Umumnya ikan buas atau predator mencari mangsa dengan menggunakan mata. Ikan buas aktif mencari mangsa dengan berenang ke sana ke mari, tetapi ikan yang tidak aktif akan menunggu mangsa di suatu tempat yang terlindung. Bila mangsa mendekat akan disergap. Ikan buas yang suka berkelompok jika telah dapat melokalisasi mangsanya akan memakan mangsa tersebut secara intensif dan cepat. Tetapi hal ini bergantung pada distribusi dan konsentrasi makanan tadi. Kadang-kadang ikan buas mengalami kesukaran menghadapi mangsa yang bergerombol karena mangsa tersebut bergerombol sedemikian rupa sehingga tidak ada satu individu yang terlepas. Kalau kelompok ikan tadi dalam keadaan terpecah maka ikan predator akan makan secara intensif.

Ikan predator yang aktif memburu mangsa mempunyai penglihatan lebih tajam dibandingkan dengan ikan predator yang menunggu mangsa. Ikan kerapu macan (*Epinehelus fuscoguttatus*) ukuran panjang 200 mm memiliki nilai ketajaman penglihatan sebesar 0,06 dan untuk ukuran panjang total 300 mm adalah 0,07 (Natsir, 2008). Apabila dibandingkan dengan ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) yang hidup di perairan terumbu karang, ketajaman penglihatan ikan kerapu macan tergolong rendah. Ketajaman penglihatan kakap merah dengan ukuran 100 mm adalah 0,08 dan untuk ikan ukuran 185 mm memiliki nilai ketajaman sebesar 0,13 (Geonita, 2002). Tingginya nilai ketajaman penglihatan pada ikan kakap merah ini disebabkan karena ikan kakap merah merupakan jenis ikan yang aktif dalam memburu mangsanya, tidak seperti ikan kerapu macan yang lebih banyak bersembunyi dan kemudian menyergap mangsanya dari tempat persembunyian (Purbayanto *et al.*, 2010). Bila dibandingkan dengan ketajaman ikan gulamah (*Argyrosomus amoyensis*) yang hidup di perairan demersal, ketajaman penglihatan ikan kerapu macan tetap tergolong rendah. Ketajaman penglihatan ikan gulamah untuk ukuran panjang total 100-300 mm berkisar 0,08 – 0,10 (Agustini, 2005). Hal ini dikarenakan ikan gulamah hidup pada perairan demersal, namun ikan ini aktif dalam memburu mangsanya. Perbandingan yang sangat menyolok terlihat apabila ikan kerapu macan dibandingkan dengan ikan pelagis seperti tongkol (*Euthynnus affinis*), untuk ukuran panjang total 285 – 375 mm nilai ketajaman penglihatannya berkisar 0,14 – 0,19 (Alatas, 2004).

Besarnya nilai ketajaman penglihatan ini disebabkan karena ikan tongkol merupakan ikan pelagis, perenang cepat, dan hidup di perairan permukaan serta aktif memburu mangsa sehingga memiliki penglihatan yang lebih baik (Purbayanto *et al.*, 2010).

Untuk larva ikan, mata merupakan indra penting untuk mencari dan menangkap makanannya. Bila larva ikan menemukan mangsa di depan tubuhnya maka larva ikan akan bereaksi dengan menggerakkan mata sehingga berposisi simetris tertuju ke depan. Kemudian larva menggerakkan tubuh berupa loncatan-loncatan kecil. Bila mangsa sudah dekat kira-kira 1-2 mm di depan mulutnya, larva akan mendorong tubuhnya ke depan dari posisi badan bentuk S kemudian menangkap mangsa tadi. Biasanya mangsa seperti copepoda tidak tinggal diam, tetapi mengadakan reaksi. Pergerakan larva merupakan perangsang untuk mangsa mengadakan pergerakan. Bilamana larva sudah mendekat kira-kira 2-3 mm mangsa akan meloncat sebelum tertangkap. Mangsa *Diaptomus* dapat mengadakan satu kali loncatan sejauh 5 mm. Mangsa yang telah meloncat biasanya masih ada dalam jarak penglihatan larva. Persentase sukses pengambilan mangsa oleh larva bergantung kepada kepadatan mangsa yaitu dari 3 – 20 % (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Melihat bagaimana cara ikan mendapatkan atau memperoleh makanan, maka secara sederhana ikan digolongkan ke dalam kelompok pemburu, peramban, penyaring, pengisap, pembersih, dan parasit (Lagler *et al.*, 1977). Pemburu adalah kelompok ikan yang memakan ikan atau hewan lain. Dalam upaya memperoleh makanan, ada ikan yang aktif memburu mangsanya dan ada pula yang pasif menunggu mangsanya. Beberapa ikan yang aktif memburu mangsanya antara lain ikan gabus (*Channa striata*), bobara atau kuwe (*Caranx* sp), tuna (*Thunnus* sp), dan tongkol (*Euthynnus affinis*). Ikan sumpit atau tatabola (*Toxotes* sp) menangkap mangsanya dengan cara menyemprotkan air terlebih dahulu kepada serangga yang hinggap di atas atau di dekat permukaan air. Serangga yang terkena semprotan air terkejut dan jatuh, yang kemudian disergap oleh ikan sumpit.

Selain ikan sumpit, ikan arowana (*Scleropages formosus*) juga menangkap mangsa di permukaan, seperti serangga yang hinggap di dedaunan dekat permukaan, dengan cara menyemprotkan air ke udara. Untuk mendapatkan makanan berupa serangga di permukaan, arowana bersaing dengan jenis-jenis burung raja udang (*Halcyon*, *Alcedo*, *Lacedo*, *Ceyx* dan *Pelargopsis*). Karena itu, sering terjadi tabrakan antara arowana dan burung-burung tersebut. Penduduk di sekitar sungai atau pencari ikan sering menyaksikan peristiwa itu. Oleh karena itu, ada kepercayaan masyarakat bahwa arowana kawin dengan burung (Prayitno, 1992).

Ikan yang juga memakan serangga di dekat permukaan adalah ikan betok (*Anabas testudineus*). Ikan betok adalah omnivor (pemakan hewan dan tumbuhan) yang juga memakan serangga. Namun ikan betok memakan serangga dengan cara meloncat untuk memangsa serangga yang berada di daun dan batang padi. Kemampuan itulah yang membuat ikan betok populer sebagai *climbing perches* dan *climbing gouramy*. Sebagai pemakan serangga, ikan betok adalah musuh alami hama wereng batang coklat yang kini merebak tidak terkendali. Ikan betok bisa meloncat untuk memangsa hama wereng dan serangga-serangga lain yang ada di dedaunan dan batang tanaman padi. Setelah penggunaan pestisida dalam pengendalian hama padi marak, betok semakin sulit ditemukan di sawah. Karena itu, hama wereng sulit dikenalkan karena tidak mempunyai musuh alami.

Ikan kerapu dan betutu merupakan pemburu yang pasif. Ikan pari membenamkan dirinya di dalam pasir menunggu mangsa lewat. Ikan pari akan bergerak cepat menyergap mangsa yang berenang di atasnya. Kelompok ikan pemburu umumnya mempunyai bukaan mulut yang lebar dan gigi canine, dan dapat bergerak dengan cepat (punya daya akselerasi yang tinggi), serta mempunyai penglihatan yang tajam.

Peramban adalah kelompok ikan yang memakan tumbuhan dengan cara mencabik atau memotong bagian tumbuhan. Umumnya ikan mempunyai gigi tipe molar dan atau dilengkapi dengan gigi tekak. Ikan yang

termasuk ke dalam kelompok peramban adalah gurami dan ikan kowan (Cudmore & Mandrak, 2004 *dalam* Rahardjo *et al.*, 2011).

Penyaring adalah kelompok ikan yang mendapatkan makanan dengan cara menyaring kolam air. Organ penyaring yang digunakannya adalah tapis insang, sedangkan organisme yang menjadi makanannya (yang tersaring) adalah plankton. Karena fungsinya untuk menyaring makanan, tapis insang merupakan jari-jari yang panjang dan rapat. Termasuk dalam kelompok ini antara lain ikan layang (*Decapterus russelli*), tambakan (*Helostoma temmincki*), dan nilem (*Osteochilus hasseltii*) (Rahardjo *et al.*, 2011).

Ikan penyaring atau pemakan plankton mempunyai mulut relatif kecil dan umumnya tidak dapat ditonjolkan keluar. Rongga mulut bagian dalam dilengkapi dengan jari-jari tapis insang yang panjang dan lemas untuk menyaring plankton yang dimakan. Plankton masuk ke dalam mulut bersama-sama air. Planktonnya akan tinggal dalam mulut sedangkan airnya keluar melalui celah insang. Umumnya mulut ikan pemakan plankton tidak dilengkapi dengan gigi. Alat pencernaan makanannya tidak mempunyai lambung seperti pada ikan buas dan usus pemakan plankton relatif panjang tetapi tidak dilengkapi dengan perlengkapan sempurna untuk mencerna. Ikan pemakan plankton kalau makan ada yang suka membentuk satu school (berkelompok) dan mencari kelompok plankton yang padat. Bila ikan menemukan kelompok plankton yang padat maka akan makan dengan intensif dan makannya lebih cepat dari pada ikan yang terisolir. Sebaliknya ikan pemakan benthos dan ikan buas makannya kurang intensif jika berkelompok tetapi akan makan lebih intensif jika terisolir (Effendie, 1978; 1997).

Hasil penelitian pada berbagai jenis ikan di seluruh dunia, terbukti hampir seluruh ikan-ikan pelagis kecil dan larvanya memanfaatkan plankton sebagai makanannya. Dari seluruh produksi ikan dunia, 74 % merupakan ikan pelagis. Berdasarkan jenis makanannya ternyata 63 % ikan pelagis ini adalah pemakan plankton (*plankton feeder*). Di Indonesia sendiri ikan pelagis kecil pemakan plankton (seperti layang, selar, teri, japuh, lemuru, dan kembung) menyumbang sekitar 53 % dari potensi lestari sumber daya perikanan (Nontji, 2008).

Pengisap adalah kelompok ikan yang mendapatkan makanan dengan cara mengisap organisme pada substrat di perairan dasar, misalnya ikan mas. Umumnya ikan pengisap mempunyai mulut yang dapat disembulkan dan sungut. Posisi mulut termasuk tipe terminal atau subterminal (Rahardjo *et al.*, 2011). Salah satu ikan laut yang makan dengan cara mengisap organisme di dasar perairan adalah belanak (*Mugil cephalus*) yang memakan makro dan mikro bentik dan pemakan detritus dari tanaman. Cara mengambil makanannya sangat khas. Nener ikan belanak yang berukuran sampai 30 mm sebagai pemakan larva nyamuk, copepoda, dan zooplankton. Ikan belanak dewasa cara mengambil makanannya atau memilih makanannya dengan beberapa cara. Yang pertama adalah dengan jalan menghisap lapisan atas permukaan air dengan menojolkan mulutnya untuk makan mikro alga. Apabila makanan mikro alga terdapat pada benda yang terendam dalam air maka ikan akan mengulurkan premaxillanya dan kemudian menaikkannya lagi, jadi semacam mencium benda yang terendam tadi. Material yang masuk ke dalam mulut akan disaring di dalam pharynx. Material yang cocok akan terus dimasukkan ke dalam mulut dan yang tidak cocok akan dikeluarkan lagi. Cara mengambil makanan yang banyak dilakukan ikan ini adalah sambil berenang melakukan pengisapan bagian atas permukaan lumpur dasar perairan. dengan cara ini mikro alga dan detritus tanaman yang sedang membusuk akan terambil untuk dimakan. Untuk makan butir pasir belanak menukikkan kepala dan tubuhnya membentuk sudut antara 15-20 derajat ke permukaan sedimen sambil menonjolkan premaxilla dengan mencaplok sedimen tadi. Kadang-kadang mulutnya seperti digeserakan sambil dibuka kemudian mengisap sedimen bagian atas. Material yang ukurannya besar akan dimuntahkan lagi. Bila ikan sedang melakukan demikian akan terlihat dari atas permukaan, dasar perairan tersebut keruh seperti gumpalan awan (Effendie, 1978; 1997).

Ikan pemakan dasar pada waktu mencari makanan menggunakan sungut untuk meraba dasar perairan. Persentuhan sungut peraba dengan makanannya akan menggerakkan mulut mengambil mangsa. Kebanyakan makanan yang diambil terdiri invertebrata. Mulut pemakan ikan dasar ada yang dilengkapi dengan gigi halus memenuhi rahang atas dan bawah, tetapi ada pula yang tidak dilengkapi oleh gigi seperti yang terdapat pada ikan mas. Ikan mas yang sudah tua dan besar tubuhnya mengubah kebiasaan dan cara mengambil makanannya, yakni dari pemakan dasar menjadi pemakan rumput. Gigi pharynx yang terdapat di depan usophagus digunakan untuk menggiling makanan yang masuk.

Pembersih adalah ikan yang makannya berasal dari sisa-sisa makanan yang terdapat pada jenis ikan lain yang berukuran lebih besar. Makanan ini diperoleh dengan cara mengambil sisa-sisa makanan yang terdapat di gigi pada rongga mulut ikan. Termasuk kelompok ini adalah *Aspidontus taeniatus* (Rahardjo *et al.*, 2011).

Di daerah terumbu karang terdapat ikan pembersih yaitu bentuk khusus dari pemangsaan dimana ikan-ikan kecil tertentu, seperti *Labroides* spp yang memindahkan berbagai ektoparasit dari spesies ikan lain, yang biasanya berukuran lebih besar. Tingkah laku membersihkan tersebar luas dan nampaknya terdapat di semua terumbu. Pada proses ini, ikan-ikan pembersih (atau udang-udang) sering membuat “stasiun pembersihan” tempat mereka mengumumkan kehadirannya dengan warnanya yang terang dan kontras. Ikan yang akan dibersihkan datang ke daerah stasiun pembersihan (sering berupa penonjolan kepala karang atau batu yang besar) dan tetap tinggal tak bergerak ketika ikan pembersih bergerak di atas tubuhnya untuk membersihkan parasit-parasit. Para pembersih bahkan sering masuk ke dalam mulut dan ruang insang ikan. Sejenis “gencatan senjata” terdapat di antara predator-predator pada stasiun pembersihan, jadi setelah ikan-ikan dibersihkan, pemangsaan berlaku kembali. Ikan-ikan “antri” dengan tenang di stasiun pembersihan menunggu giliran untuk dibersihkan (Nybakken, 1988).

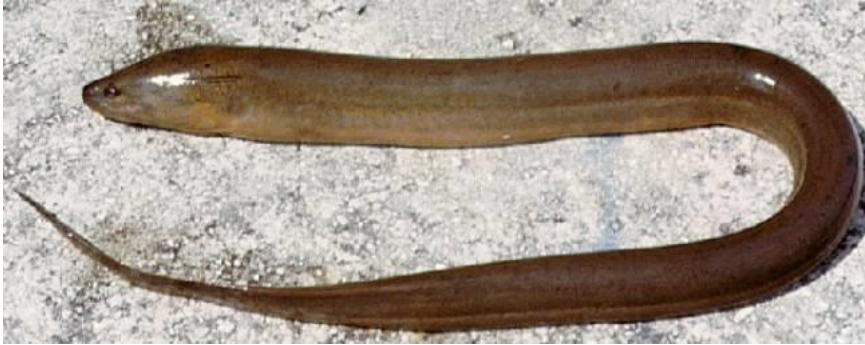
Parasit adalah kelompok ikan yang memperoleh makanan dari organisme lain yang berukuran lebih besar dengan cara mengisap cairan tubuhnya. Organisme yang menjadi sasaran umumnya lain spesies, tetapi ada juga yang satu spesies. Lamprey laut (*Petromyzon marinus*) mengisap darah jenis ikan lain (misalnya cucut). Pada ikan lentera (*angler fish*) *Ceratias* yang hidup di laut dalam, ikan jantan bersifat parasit terhadap ikan betinanya. Sesaat setelah menetas ikan jantan akan mencari ikan betina dan menempelkan diri dengan perantaraan mulut pada tubuh ikan betina, biasanya di sekitar kepala. Ikan betina justru membantunya dengan cara mengembangkan semacam papila, dan dengan organ itu ikan jantan dapat mengisap nutrien. Ikan jantan ukurannya relatif lebih kecil (Rahardjo *et al.*, 2011).

E. KEBIASAAN WAKTU MAKAN

Ikan dalam mencari makan tidaklah terus-menerus sepanjang hari, melainkan ada waktunya. Waktu makan ikan waktu ikan makan adalah waktu ketika ikan aktif mencari makan. Kapan suatu jenis ikan makan dapat dilihat dari periode makannya dengan melihat kepenuhan lambung. Berdasarkan persentase kepenuhan lambung selama 24 jam, dapat diketahui bahwa suatu jenis ikan aktif makan pada jam-jam tertentu (Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada ikan terdapat apa yang dinamakan *feeding periodicity* atau masa ikan aktif mengambil makanan selama 24 jam. Bergantung pada ikannya *feeding periodicity* ada yang satu atau dua kali. Lamanya ada yang satu jam atau dua jam, bahkan ada yang terus-menerus. Pada ikan buas yang memakan mangsa ukuran besar interval pengambilan makanannya mungkin lebih dari satu hari. *Feeding periodicity* ikan nokturnal aktif pada malam hari dimulai dari matahari terbenam sampai pagi dan untuk diurnal pada siang hari. *Feeding periodicity* ini berhubungan dengan suplai makanan juga dengan musim. Kalau kondisi lingkungan menjadi buruk *feeding periodicity* dapat berubah, bahkan dapat menyebabkan terhentinya pengambilan makanan (Effendie, 1997; Yudasmar, 2014).

Waktu makan ikan erat berhubungan dengan kelengkapan organ pelacak makanan. Ikan yang menggunakan mata untuk melacak makanan cenderung aktif pada siang hari (diurnal), misalnya ikan mas (*Cyprinus carpio*), gurami (*Osphronemus gouramy*), dan tawes (*Barbonymus gonionotus*). Ikan yang mengutamakan organ penghidu atau peraba untuk mendeteksi makanannya cenderung aktif pada malam hari (nokturnal), misalnya ikan lele (*Clarias*), belut (*Monopterus albus*), dan sidat (*Anguilla*) (Rahardjo *et al.*, 2011). Walaupun aktif mencari makan pada malam hari, ikan-ikan tersebut juga dapat memangsa makanan di siang hari, terutama makanan yang berada di dekatnya. Belut akan ke luar dari sarangnya di malam hari untuk mencari makan di sekitar sarangnya. Pada bulan terang, belut tidak ke luar mencari makan dan tetap berdiam di dalam sarangnya. Namun jika ada makanan yang mendekat ke sarangnya, dengan cepat disergapnya. Pada siang hari, belut bersembunyi di dalam sarangnya, tetapi akan cepat keluar bila ada makanan mendekat ke sarangnya.



Gambar 42. Belut (*Monopterus albus*), aktif makan pada malam hari

Dalam keadaan normal ikan belanak mengambil makanannya terus-menerus, namun intensitasnya tidak sama bergantung pada isi lambung. Bila ikan belanak mengambil makanan intensif, perutnya selalu penuh tetapi jika mengambil makanannya sewaktu-waktu perutnya akan terisi sebagian. Menurut Odum *dalam* Effendie (1997), isi lambung ikan belanak ada hubungannya dengan keadaan pasang surut.

Ikan beronang (*Siganus*) aktif makan pada saat air mulai naik hingga pasang tinggi pada pagi, siang, dan sore hari. Waktu makan ikan beronang mengikuti pergerakan air pasang di siang hari, itu karena ikan beronang mencari makan di daerah pasang surut pada ekosistem lamun dan sekitar ekosistem mangrove. Pada saat air pasang, ikan beronang aktif mencari makan di daerah padang lamun secara bergerombol.

Ikan-ikan karnivor atau ikan predator yang mencari makan pada siang hari mempunyai kebiasaan mencari makan sebelum matahari terbit dan menjelang matahari terbenam. Ikan bobara atau kuwe (*Caranx melampygus*, *C. sexfasciatus*) adalah salah satu ikan laut yang mencari makan pada pagi hari sebelum matahari terbit dan sore hari menjelang matahari terbenam. Ikan bobara muncul dalam jumlah yang banyak dalam mencari makan. Ikan bobara memburu dan memangsa ikan-ikan pelagis kecil, sehingga juga menjadi waktu yang tepat untuk menangkap bobara.

Kebiasaan ikan bobara di alam yang mencari makan dan makan pada pagi dan sore hari, ini juga menguntungkan dalam budi dayanya. Hasil analisis isi lambung ikan bobara yang diamati dengan interval 3 jam, setelah pemberian pakan secara satiasi, menunjukkan bahwa berat pakan dalam lambung ikan akan menurun. Dalam waktu 12 jam setelah pemberian pakan, sekitar 92 % pakan telah dicerna, sisanya 8 % masih berada dalam lambung dan pada beberapa contoh, kondisi lambung telah kosong. Tampaknya, ikan bobara membutuhkan waktu sekitar 12 jam untuk mencerna pakan. Berarti, frekuensi pemberian pakan yang efektif dan efisien adalah dua kali sehari (Rachmansyah, 1994), yaitu pada pagi dan sore hari. Pemberian pakan pada pagi dan sore hari adalah meniru kebiasaan makan bobara di alam.

Ikan bobara juga dikenal sebagai ikan perenang cepat. Ikan bobara tidak hanya berenang dengan lincah dan cepat di perairan terbuka yang bebas hambatan, tetapi juga berenang dengan cepat dan lincah di antara batuan karang dalam mengejar mangsa. Bahkan di antara tumbuhan lamun, di antara akar-akar

tumbuhan di hutan mangrove dan di antara tiang-tiang pelabuhan, ikan bobara sangat cepat dan lincah dalam mengejar mangsa.

Seperti ikan bobara, ikan kerapu (*Epinephelus*, *Cromileptes*, *Plectropoma*) juga mempunyai kebiasaan makan pada pagi hari sebelum matahari terbit dan menjelang matahari terbenam. Karena itu, di dalam pemeliharannya, pemberian makan pada waktu ini sangat efisien. Ikan kerapu yang dipelihara di keramba jaring apung (KJA) dan tambak, jika dalam keadaan lapar terlihat siaga dan selalu menghadap ke permukaan air dengan mata bergerak-gerak siap memangsa pakan. Oleh karena itu, pemberian pakan harus dilakukan tepat waktu, sehingga ikan-ikan akan terbiasa menunggu makan pada waktu-waktu tersebut.

F. TEMPAT MENCARI MAKANAN

Besarnya populasi ikan di suatu perairan sangat ditentukan oleh makanan yang tersedia. Ketersediaan makanan di perairan bebas memungkinkan ikan memilih dan mencari makanan yang dibutuhkan. Ikan akan menyesuaikan diri dengan persediaan makanan di dalam perairan sehubungan dengan suplai makanan dan musim yang berlaku.

Dalam mencari makan, tempat atau relung merupakan salah satu faktor penting bagi ikan bersangkutan. Tempat ikan mencari makan ikan dapat dipilah menjadi tiga, yakni dasar perairan, kolam air, dan permukaan air. Sebagian ikan tidak selalu terpaku dan aktif pada satu tempat. Beberapa ikan memakan makanan yang berada di atas permukaan air dengan cara melompat keluar dari air atau menyumpit makanan yang berada di atas permukaan air.

Beberapa spesies ikan mencari makan di dasar perairan. Kelompok ini terdiri atas ikan pemakan detritus, pemakan avertebrata bentik, dan juga ikan pemburu yang pasif. Beberapa contoh ikan dapat dikemukakan di sini antara lain ikan lepu, lele, mas, dan belanak. Untuk mengetahui apakah suatu jenis ikan termasuk pemakan dasar atau bukan, hal ini dapat dideteksi dari bentuk dan letak mulutnya. Ikan pemakan dasar umumnya mempunyai mulut bertipe subterminal atau inferior, kadang-kadang dilengkapi dengan sungut di sekitar mulutnya (Rahardjo *et al.*, 2011).

Kolam air merupakan ruang mencari makan bagi ikan-ikan predator yang bersifat aktif memburu mangsanya dan ikan penyaring plankton, misalnya ikan gabus (*Channa striata*), bobara (*Caranx* sp), tuna (*Thunnus* sp), sepat (*Trichogaster* sp), dan tawes (*Barbonymus gonionotus*).

Permukaan air merupakan daerah mencari makan bagi beberapa jenis ikan, terutama pemakan serangga air yang hidup di permukaan air atau ikan-ikan pemakan larva avertebrata air. Ikan julung-julung (*Zenarchopterus dispar*), kacang-kacang (*Hemiramphus* sp), dan ikan terbang (*Cypsilurus*, *Exocoetus*) termasuk dalam kelompok ikan. Ikan cendro (*Tylosurus* sp) adalah ikan yang mencari makan di permukaan air, namun makannya berupa ikan-ikan kecil dan udang.

Beberapa jenis ikan biasa mencari makan di atas permukaan air, terutama ikan-ikan pemakan serangga. Ikan sumpit atau tatabola (*Toxotes* sp) menangkap mangsanya dengan cara menyemprotkan air terlebih dahulu kepada serangga yang hinggap di atas atau di dekat permukaan air. Serangga yang terkena semprotan air terkejut dan jatuh, yang kemudian disergap oleh ikan sumpit. Ikan arowana (*Scleropages formosus*) juga menangkap mangsa di permukaan, seperti serangga yang hinggap di dedaunan dekat permukaan, dengan cara menyemprotkan air ke udara. Sedangkan ikan betok (*Anabas testudineus*) memakan serangga dengan cara melompat untuk memangsa serangga yang berada di daun atau batang padi dan pada tumbuhan lainnya.

Ikan tidak selalu terpaku dan aktif mencari makan pada satu tempat. Ikan selalu menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan atau musim. Ikan bobora (*Caranx* sp) dan tuna (*Thunnus* sp) adalah predator yang mencari makan di kolam air. Namun, kedua ikan tersebut juga mengejar mangsa di permukaan air, mencari makan di daerah terumbu karang, daerah padang lamun, masuk ke teluk di sekitar hutan mangrove, bahkan hingga masuk ke sungai untuk mengejar mangsa.

G. RANTAI MAKANAN DAN TINGKAT TROFIK

Rantai makanan (*food chains*) adalah proses makan memakan sehingga terbentuk suatu mata rantai. Sedangkan tingkat trofik (*trophic level*) adalah posisi yang ditempati oleh suatu organisme pada rantai makanan. Hubungan rantai makanan diperhitungkan mulai dari tingkat trofik I (fitoplankton) hingga tingkat yang dipanen. Misalnya fitoplankton (tingkat I) dimakan oleh zooplankton herbivora (tingkat II), selanjutnya dimakan oleh zooplankton karnivor (tingkat III), dimangsa pula oleh ikan kecil (tingkat IV), akhirnya dimangsa lagi oleh ikan-ikan besar, seperti tuna dan cakalang. Pengalihan energi dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya umumnya berlangsung dengan efisiensi yang rendah sekitar 10-20 %.

Dalam membahas rantai makanan dan tingkat trofik maka harus diketahui terlebih dahulu produktivitas primer. Produktivitas primer adalah laju produksi bahan organik (dinyatakan dalam C = karbon) melalui reaksi fotosintesis per satuan volume atau luas suatu perairan tertentu, yang dapat dinyatakan dengan satuan seperti mg C/m³/hari atau g C/m²/tahun. Besarnya produksi itu sendiri dikenal sebagai produksi primer, yang dinyatakan dengan satuan seperti g C/m³. Tetapi dalam praktiknya, kedua istilah itu sering digunakan dengan saling tukar (Nontji, 2008).

Reaksi fotosintesis dapat terjadi pada semua tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil, dan dengan adanya cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan sumber dari segala energi yang menggerakkan seluruh fungsi ekosistem bumi. Di laut, tumbuhan berklorofil berupa rumput laut (*seaweed*), lamun (*seagrass*), fitoplankton, dan mikroflora benthik (*benthic microflora*). Rumput laut, lamun, dan mikroflora benthik hanya terdapat di perairan tertentu saja yakni pada pesisir yang dangkal. Sebaliknya, fitoplankton terdapat di seluruh laut, dari permukaan sampai pada kedalaman yang dapat ditembus cahaya matahari, kira-kira sampai kedalaman sekitar 100 meter. Oleh sebab itu, kontribusi fitoplankton dalam produktivitas primer global di laut adalah yang terbesar (Nontji, 2008). Menurut Steemann-Nielsen (1975) kurang lebih 95 % produktivitas primer di laut disumbangkan oleh fitoplankton. Inilah yang menjadi dasar mengapa pembahasan mengenai produktivitas primer di laut, hampir selalu tertuju pada produktivitas primer oleh fitoplankton.

Fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil mampu melakukan reaksi fotosintesis. Dalam proses ini cahaya matahari (sebagai sumber energi) disadap oleh pigmen klorofil yang ada dalam tumbuhan, dan dengan adanya karbondioksida (CO₂), air, dan zat-zat hara akan terjadi reaksi kimia yang akan menghasilkan senyawa organik (misalnya karbohidrat) yang mempunyai potensi energi kimiawi yang tinggi yang disimpan dalam sel. Karena kemampuan membentuk zat organik dari zat anorganik maka fitoplankton disebut sebagai produsen primer (*primary producer*).

Potensi energi kimiawi yang terwujud dalam biomassa fitoplankton dialihkan ke berbagai hewan melalui rantai makanan atau jaringan makanan (*food web*). Dengan demikian, kehidupan seluruh hewan di laut bergantung pada energi yang diperoleh dari fitoplankton, baik secara langsung maupun tak langsung.

Fitoplankton adalah produsen primer pada gilirannya akan dimakan oleh hewan herbivor, yang selanjutnya akan dimakan oleh hewan karnivor. Karnivor ini akan dimangsa pula oleh karnivor yang lebih besar, dan seterusnya hingga sampai pada karnivor puncak (*top carnivore*) yang tidak lagi mempunyai pemangsa. Seluruh hewan dipandang sebagai konsumen (*consumer*) karena hanya dapat menggunakan zat

organik, tidak dapat memproduksinya sendiri seperti fitoplankton. Lewat rantai pakan inilah energi dialirkan mulai dari produsen primer (fitoplankton) hingga karnivor puncak.

Dilihat dari urutan tingkat trofiknya, maka fitoplankton sebagai produsen primer dianggap sebagai tingkat trofik I, zooplankton herbivor pemakan fitoplankton sebagai tingkat trofik II, karnivor pemakan herbivor sebagai tingkat trofik III, dan seterusnya. Dalam ekosistem laut, tingkat trofik yang ada hanya sampai tingkat V atau VI. Pada umumnya, dari tingkat trofik rendah menuju ke tingkat yang lebih tinggi, ukuran biotanya semakin besar tetapi total seluruh biomassa pada tingkat trofik itu mengecil.

Dilihat dari segi biomasanya, rantai makanan ini dapat digambarkan sebagai piramida dengan fitoplankton sebagai fondamennya dan karnivor puncak berada paling atas. Efisiensi pengalihan energi dari satu tingkat trofik ke tingkat lebih tinggi berikutnya umumnya sangat kecil, untuk perairan oseanik berkisar sekitar 10 %, sedangkan daerah *upwelling* mencapai 20 % (Tabel 53). Sebagai ilustrasi dapat digambarkan misalnya fitoplankton (tingkat trofik I) sebanyak 10.000 kg hanya dapat mendukung kopepod herbivor (tingkat trofik II) sebanyak 1.000 kg, yang selanjutnya dapat mendukung ikan kecil karnivor pemakan herbivor (tingkat trofik III) sebanyak 100 kg, yang seterusnya mendukung ikan pemangsa karnivor (tingkat trofik IV) sebanyak 10 kg, yang pada akhirnya hanya dapat mendukung ikan pemangsa seperti tuna (tingkat trofik V) sebanyak 1 kg. Jadi untuk mendapatkan 1 kg ikan tuna diperlukan landasan sebanyak 10.000 kg fitoplankton (Nontji, 2008).

Tabel 53. Produksi primer, trofik level, efisiensi energi dan produksi ikan berdasarkan lingkungan

Lingkungan Laut	Rataan Produksi Primer (g/C/m ²)	Trofik Level	Efisiensi (%)	Produksi Ikan (mg/C/m ² /th)
Oceanic	50	5	10	0 – 5
Continental Shelf	100	3	15	340
Upwelled	300	1-5	20	36.000

Sumber: Millero (1989) dalam Kantun & Mallawa (2016)

Produk ikan yang dipanen akan semakin efisien apabila rantai makanannya lebih pendek, atau lebih dekat ke fitoplankton. Kawasan samudera terbuka mempunyai efisiensi trofik yang rendah. Di kawasan perairan pantai, perairan umumnya tercampur dengan sempurna, kaya akan hara, konversi energi antar-tingkat trofik berlangsung lebih efisien, dan rantai pakan pun yang dapat dipanen lebih pendek. Ikan pada tingkat trofik yang lebih rendah memerlukan sedikit energi untuk mendapatkan makanan, dan akan dapat tumbuh lebih banyak. Di perairan yang terjadi *upwelling* atau air naik yang kaya akan hara juga pengalihan energi lebih efisien.

Di daerah-daerah *upwelling* selalu disertai dengan produksi plankton yang tinggi. Karena plankton merupakan pangkal utama rantian makanan di laut maka daerah *upwelling* dikenal pula sebagai daerah yang mempunyai potensi perikanan yang tinggi. Menurut Hutabarat & Evans (1986), daerah *upwelling* hanya meliputi 0,1 % bagian saja dari jumlah seluruh lautan, tetapi menghasilkan sekitar 25 % dari jumlah tangkapan ikan per tahun dunia. Beberapa wilayah *upwelling* yang dikenal sebagai daerah yang mempunyai potensi perikanan tinggi, misalnya di lepas pantai California yang dikenal sebagai lokasi yang baik untuk penangkapan ikan *Sardinopsis* (famili Clupeidae). Tidak berbeda jauh di perairan lepas pantai Peru dan Chili yang merupakan daerah penangkapan ikan *anchovy* (dari famili Engraulidae). Di pantai barat Afrika, *Sardinella* sp merupakan jenis ikan yang sangat dominan di tangkap. Ikan *Sardinopsis*, *Sardinella*, dan *Anchovy* berada pada tingkat trofik II hingga sangat efisien dalam pemanfaatan energi.

Di perairan Singapura, Tham Ah Kow pada awal tahun 1950-an mengembangkan model statistik yang dapat memprediksi produksi perikanan berdasarkan variabel plankton dan lingkungan. Semula ditemukan bahwa hasil tangkapan ikan teri (*Stolephorus* spp) biasanya bertepatan dengan puncak didapatkannya fitoplankton atau zooplankton atau bahkan keduanya. Ikan teri sendiri merupakan makanan ikan tenggiri (*Scomberomorus* spp). Dari tiga jenis ikan tembang yang banyak tertangkap,

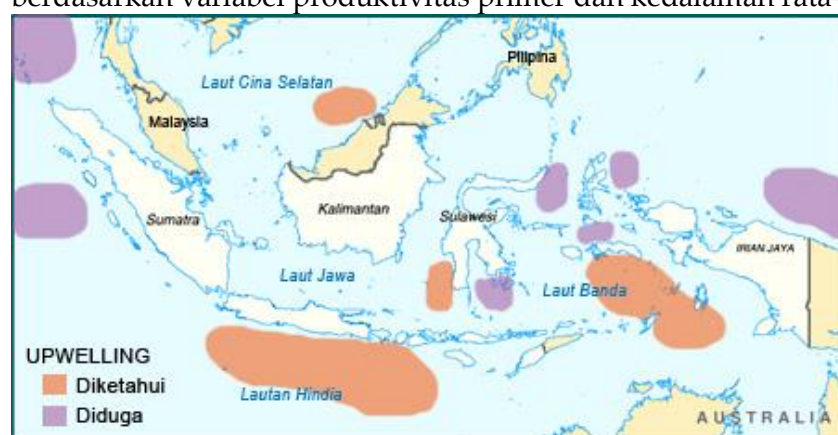
Sardinella perforata, *S. fimbriata*, dan *S. displanotus*, semuanya adalah pemakan plankton. Ikan teri dan ikan tembang ini sendiri merupakan makanan terpenting bagi ikan golok-golok (*Chirocentrus* spp). Dapat disimpulkan bahwa bila terdapat banyak plankton di suatu perairan tertentu, maka ikan pemakan plankton akan banyak pula (Nontji, 2008).

Tabel 54. Pendugaan potensi produksi perikanan di Laut Banda dan Laut Arafura berdasarkan data produktivitas primer (Dalzel & Pauly, 1990)

Variabel	Laut Banda	Laut Arafura
Produktivitas primer rata-rata (g C/m ² /tahun)	152	167
Kedalaman paparan rata-rata (m)	100	40
Potensi perikanan pelagis (ton/km ² /tahun)	2,99	3,51
Pelagis kecil	2,10	2,46
Pelagis besar	0,89	1,05
Potensi perikanan demersal (ton/km ² /tahun)	1,00	1,52

Sumber: Nontji (2008)

Untuk perairan Laut Banda dan Arafura yang merupakan daerah *upwelling*, Dalzell & Pauly (1990) dalam Nontji (2008) telah membuat dua model empiris untuk memprediksi potensi produksi perikanan di perairan itu, masing-masing untuk perikanan pelagis dan demersal. Prediksi untuk perikanan pelagis berdasarkan variabel produktivitas primer fitoplankton, sedangkan untuk perikanan demersal berdasarkan variabel produktivitas primer dan kedalaman rata-rata (Tabel 54).



Gambar 43. Daerah *upwelling* di perairan laut Indonesia (fishmate.blogspot.com)

Setidaknya ada tujuh lokasi *upwelling* di perairan Indonesia (Gambar 43). Sebagian besar lokasi *upwelling* ini terletak di *Wallace area*, yaitu suatu kawasan perairan yang dibatasi oleh garis Wallace di bagian barat dan garis Lydekker di bagian timur. Daerah ini dikenal memiliki keanekaragaman jenis dan kelimpahan biota yang tinggi, beberapa jenis di antaranya bersifat unik dan endemik. Selain Selat Makassar dan Laut Banda, *upwelling* juga terjadi di Laut Seram, Laut Maluku, Laut Arafura, dan perairan utara kepala burung dan perairan timur Papua. Satu-satunya lokasi *upwelling* di luar kawasan Wallacea adalah di perairan selatan Jawa hingga Sumbawa (Mulyadi, 2005).

Lokasi *upwelling* merupakan daerah yang subur dan ideal bagi ikan-ikan pelagis kecil untuk memperoleh makanan berupa plankton, yang pada gilirannya akan dimangsa oleh ikan-ikan yang berukuran besar. Hubungan yang saling berkesinambungan ini menjadikan lokasi *upwelling* sebagai area yang sangat ideal untuk penangkapan ikan (*fishing ground*). Di daerah *upwelling* efisiensi peralihan energi relatif lebih baik, yaitu mencapai 20 %.

Energi yang berkurang sebanyak 90 % pada tiap peralihan ke tingkat trofik berikutnya itu dilepaskan untuk berbagai kegiatan metabolisme seperti untuk bernapas, berenang, makan, reproduksi, dan hilang berupa energi bahang (*heat*). Rantai makanan dapat dilihat lebih sederhana pada peningkatan trofik. Namun pada kenyataannya tiap individu sebenarnya terkait satu dengan yang lainnya dalam jaringan makanan yang kompleks, dan karenanya lebih cocok disebut sebagai jaringan makanan (*food web*). Seekor

ikan bisa mengonsumsi berbagai jenis plankton, fitoplankton dan zooplankton sekaligus. Pada larva dan anak-anak ikan mempunyai preferensi jenis makanan yang berubah-ubah sesuai pertumbuhannya.

Pada akuakultur, ikan-ikan budi daya yang berada pada trofik yang lebih tinggi juga boros dalam hal pakan dan memproduksi banyak limbah. Ini dapat dilihat dari rasio konversi pakan yang tinggi. Rasio konversi pakan (RKP) atau FCR (*feed conversion ratio*) adalah jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg ikan. Ikan-ikan karnivor seperti kerapu lumpur (*Epinephelus tauvina*/E. *suillus*), kakap merah (*Lutjanus altifrontalis*), dan bobara (*Caranx sexfasciatus*) mempunyai RKP di atas 3 (Tabel 55).

Tabel 55. Laju pertumbuhan harian dan konversi pakan pada beberapa ikan karnivor

Jenis Ikan	Pertumbuhan harian (%/hari)	Konversi pakan	sumber
Kerapu lumpur (<i>Epinephelus tauvina</i>)	0,35 – 0,58 0,7 0,4 – 0,9	5,1 – 7,6 7,05 5,0 – 9,5	Sugama <i>et al.</i> (1986) Imanto (1986) Danakusumah <i>et al.</i> (1985)
Kerapu macan (<i>E. fuscoguttatus</i>)	0,15 0,36	10,9 10,3 – 15,6	Sugama <i>et al.</i> (1986) Imanto (1986)
Kerapu lumpur (<i>E. suillus</i>)	1,07 – 1,21	-	Ahmad <i>et al.</i> (1991)
Kakap merah (<i>Lutjanus altifrontalis</i>)	0,32 – 1,18	6,20 – 15,8	Sugama (1986)
Kerapu sunu (<i>Plectropomus maculatus</i>)	0,24 – 0,44	-	Marsil & Asmanelli (1993)
Napoleon (<i>Cheilinus undulatus</i>)	0,29 – 0,47	-	Lamidi <i>et al.</i> (1993)
Bobara (<i>Caranx</i> sp)	1,57 – 1,72	3,31 – 3,74	Rahmansyah & usman (1993)
Bobara (<i>Caranx sexfasciatus</i>)	0,9	4,70	Hariyano <i>et al.</i> (2010)
Gabus (<i>Channa striata</i>)	-	4 - 10	Suryanti <i>et al.</i> (1997)
Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>)	-	7 – 12	Arifin & Rupawan (1997)

Sumber: Pongsapan *et al.* (1994); Kordi (2018).

Sementara ikan-ikan berada pada trofik lebih rendah, seperti herbivor dan omnivor mempunyai RKP yang relatif rendah, misalnya ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) antara 1 – 3,5; ikan mas (*Cyprinus carpio*) 1,2 – 3; dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) hanya 1,0 – 1,6. Artinya memproduksi ikan-ikan yang trofiknya lebih rendah lebih efisien dari sisi penggunaan pakan.

RKP yang tinggi pada ikan-ikan karnivor dapat diturunkan jika budi dayanya dilakukan dengan menggunakan campuran pakan alami dan pakan buatan, atau hanya dengan pakan buatan. Ujicoba pada ikan kakap putih (*Lates calcalifer*) dan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dengan pakan buatan, RKP-nya mengalami penurunan, namun pertumbuhan ikan budi daya lebih lambat dibandingkan dengan penggunaan pakan alami.

Namun demikian, beberapa ikan budi daya yang berada pada trofik yang lebih tinggi yang merupakan karnivor adalah ikan-ikan dengan pertumbuhan yang relatif lebih cepat. Misalnya ikan bobara biru (*Caranx melampygus*) dan bobara putih (*C. sexfasciatus*) yang memiliki laju pertumbuhan tercepat. Pertumbuhan harian bobara biru mencapai 1,71 %, sedangkan bobara putih mencapai 1,72 %. Karena itu, untuk menghasilkan ikan bobara ukuran konsumsi, 300 – 500 g/ekor, hanya butuh waktu pemeliharaan 3 – 6 bulan. Di Ambon, produksi bobara biru (*C. melampygus*) dan bobara putih (*C. sexfasciatus*) selama 4 – 6 bulan dengan berat panen 350 – 500 g/ekor.

Penelitian yang dilakukan oleh Pongsapan *et al.* (1994) yang dilakukan di Teluk Ambon, mendapatkan laju pertumbuhan harian bobara antara 1,49 – 1,71 %. Sementara penelitian Rachmansyah & Usman (1993) mendapatkan pertumbuhan yang lebih tinggi, yaitu 1,57 – 1,72 %. Laju pertumbuhan harian bobara hingga 1,72 % sangat tinggi, bila dibandingkan dengan ikan-ikan laut lain yang dibudidayakan. Sementara pertumbuhan harian kerapu lumpur (*E. suillus*) sebesar 1,07 – 1,21 dan kakap merah (*L. altifrontalis*) sebesar 0,32 – 1,18 (Tabel 55).

Produksi perikanan di laut, baik penangkapan maupun budi daya, terbanyak adalah biota yang berada pada trofik yang tinggi. Sumber daya perikanan komersial yang dipanen dari laut terbanyak adalah karnivor (tingkat trofik III ke atas). Ikan tuna dan sebangsanya bahkan berada pada urutan kelima (tingkat trofik V) dalam rantai makanan di laut. Menurut catatan FAO produksi perikanan dunia terdiri dari karnivor sekitar 80 %, herbivor sekitar 20 %, dan tumbuhan akuatik 1-2 % (Nontji, 2008). Demikian pula perikanan budi daya di laut, sebagian besar biota yang dibudidayakan adalah karnivor. Di Indonesia, ikan-ikan laut yang dibudidayakan di antaranya beberapa spesies ikan kerapu, kakap putih (*Lates calcalifer*), kakap merah (*Lutjanus* sp), bawal bintang (*Trachinotus blochii*), kobis (*Rachycentron canadum*), bobaka, dan tuna. Sedangkan ikan laut herbivor yang dibudidayakan barulah ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan beronang (*Siganus* sp).

Selain mempunyai RKP yang tinggi, ikan yang berada pada trofik yang tinggi juga membutuhkan protein yang tinggi. Ini berhubungan dengan kebiasaan makanan ikan yang merupakan pemangsa atau karnivor. Menurut Yone *et al.* (1974) menyatakan bahwa, beberapa spesies ikan laut memerlukan protein lebih dari separo pakannya dan ikan tersebut bersifat karnivor. Pakan yang dirancang untuk beberapa spesies ikan laut (Percoidae) harus mengandung tingkat protein antara 40 - 50 % dalam bentuk kering untuk pertumbuhannya.

Pakan yang mengandung protein tinggi berdampak pada dua hal. Pertama, biaya produksi semakin tinggi karena pakan yang mengandung protein tinggi harganya semakin mahal. Kedua, pakan dengan protein tinggi akan menghasilkan limbah yang cukup besar. Sebagai contoh, pakan dengan RKP 1,5 berarti setiap pemberian 1,5 kg pakan akan menghasilkan 1 kg daging ikan. Jika kandungan protein pakan 30 % (dalam 1 kg pakan), maka dalam 1,5 kg pakan terdapat 450 g protein. Dengan kata lain protein pakan untuk menghasilkan 1 kg ikan mencapai 450 g. Padahal kandungan protein maksimal pada ikan hanya 17 % (170 g protein dalam 1 kg ikan). Dengan demikian, terdapat sisa protein pakan sebesar 280 g yang dibuang sebagai limbah.

Sisa protein yang terbuang dalam bentuk limbah berupa feses (*faeces*) atau kotoran ikan, masih ditambah dengan sisa pakan yang terbuang karena tidak termakan (*uneaten feeds*) oleh ikan, dan metabolit (buangan dari proses metabolisme antara lain amoniak yang dikeluarkan melalui insang) yang umumnya mengandung unsur N dan P (fosfor) yang bila larut ke dalam air (setelah diurai oleh bakteri) akan menjadi hara bagi fitoplankton. Semakin tinggi kegiatan intensitas budi daya di dalam suatu perairan, maka semakin banyak pula unsur N dan P yang larut ke air. Artinya, semakin tinggi kesediaan unsur hara bagi fitoplankton sehingga perairan semakin subur (eutrofikasi). Eutrofikasi menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem, defisiensi oksigen terlarut pada malam hari dan kematian massal fitoplankton yang penguraian bangkainya dapat menyebabkan defisiensi oksigen terlarut pula. Dampak lebih lanjut adalah terjadinya hipernutrifikasi yang diikuti oleh perubahan ekologi seperti peningkatan sedimentasi, siltasi, hypoxia, perubahan produktivitas fitoplankton dan struktur komunitas bentos (Barg, 1992).

Pada budi daya air tawar, ikan-ikan yang dibudidayakan umumnya ikan-ikan herbivor dan omnivor, yang mempunyai pakan dengan kandungan protein di bawah 40 %, kecuali beberapa ikan karnivor, yaitu ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata*), gabus (*Channa striata*), sidat (*Anguilla bicolor*, *A. marmorata*), belut (*Monopterus albus*), belida (*Notopterus* sp), dan lele (*Clarias batrachus*, *C. gariepinus*) (Tabel 56).

Baik ikan laut maupun ikan yang hidup di air tawar, budi daya spesies yang berada pada trofik yang tinggi membutuhkan pakan yang mengandung protein tinggi. Demikian juga RKP-nya relatif tinggi, sehingga biaya produksi pada budi daya ikan yang mempunyai tingkat trofik tinggi lebih mahal. Namun, ikan yang berada pada tingkat trofik tinggi mempunyai pertumbuhan relatif lebih cepat dibandingkan dengan ikan-ikan berada pada tingkat trofik rendah. Untuk menghasilkan ikan bobaka ukuran konsumsi (rata-rata 500 g/ekor) hanya butuh waktu pemeliharaan sekitar 5 bulan dengan menebar ukuran benih

rata-rata 25 g/ekor. Sedangkan untuk menghasilkan ikan gurami ukuran konsumsi (rata-rata 500 g/ekor) butuh waktu pemeliharaan sekitar 7 bulan dengan menebar benih rata-rata 100 g/ekor.

Tabel 56. Kebutuhan protein pada beberapa ikan air tawar

Ikan Air Tawar	Protein (%)
Baung (<i>Hemibagrus nemurus</i>)	25 - 35
Bawal air tawar (<i>Colossoma macropomum</i>)	25 - 27
Baster (<i>Carrasius auratus var</i>)	20 - 25
Belida (<i>Notopterus</i> sp)	35 - 45
Belut (<i>Monopterus albus</i>)	35 - 40
Betok (<i>Anabas testudineus</i>)	24 - 28
Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>)	40 - 55
Gabus (<i>Channa striata</i>)	30 - 40
Gurami (<i>Osphronemus gouramy</i>)	24 - 32
Jelawat (<i>Leptobarbus hoevenii</i>)	25 - 35
Karper rumput (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	20 - 27
Lalawak (<i>Barbonymus balleroides</i>)	20 - 25
Lampan (<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>)	20 - 25
Lele (<i>Clarias batrachus</i> , <i>C. gariepinus</i>)	25 - 40
Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	25 - 32
Mola (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , <i>H. nobilis</i>)	24 - 27
Mujair (<i>Oreochromis mossambica</i>)	20 - 25
Nila (<i>Oreochromis nilotica</i>)	25 - 35
Nilem (<i>Osteochillus hasselti</i>)	20 - 25
Patin (<i>Pangasius djambal</i> , <i>P. hypophthalmus</i>)	25 - 30
Sidat (<i>Anguilla bicolor</i> , <i>A. marmorata</i>)	40 - 55
Semah/batak (<i>Tor</i> sp)	25 - 27
Sepat (<i>Trichogaster</i> sp)	20 - 23
Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	20 - 30

H. PERUBAHAN KEBIASAAN MAKAN

Walaupun ikan mempunyai preferensi makanan tertentu, misalnya pemakan tumbuhan, pemakan plankton, pemakan detritus, pemakan serangga, pemakan ikan, dan sebagainya, namun ikan tidak selalu bergantung pada satu jenis makanan. Ikan dapat mengubah pola makan dengan memakan makanan yang tersedia sesuai dengan perubahan musim atau ketersediaan makanan di suatu perairan.

Ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) yang tertangkap sekitar rumpon, isi lambungnya didominasi oleh jenis makanan yang tersedia dan terbentuk pada daerah rumpon. Jika dilihat berdasarkan persentase secara keseluruhan, jenis makanan tuna madidihang yang ditemukan pada daerah rumpon didominasi jenis makanan *cephalopods* (43,73 %), disusul ikan (32,32 %), dan krustase (29,35 %), dengan rincian pada rumpon laut dangkal diperoleh *cephalopods* (11,41 %), ikan (11,07), dan krustase (9,51 %); sedangkan pada rumpon laut dalam *cephalopods* (32,32 %), ikan (18,25 %), dan krustase (14,45 %). Perbedaan dominasi diduga berkaitan dengan ketersediaan makanan dan rantai makanan yang terbentuk pada daerah rumpon (Kantun & Mallawa, 2016).

Sementara ikan lais (*Cryptopterus limpok* dan *C. micronema*) yang merupakan ikan karnivor, makanan utamanya adalah ikan-ikan kecil, baik pada musim kemarau maupun musim hujan adalah ikan. Namun, saat musim penghujan pada alat pencernaan ikan lais banyak ditemukan serangga air dibanding musim kemarau. Karena pada saat air besar, ikan lais akan menyebar sampai ke daerah lebak yang banyak terdapat serangga air (Utomo *et al.*, 1990).

Salah satu ikan yang sangat baik beradaptasi dengan ketersediaan makanan adalah ikan lele (*Clarias* sp). Ikan lele adalah karnivor dan pemakai bangkai (*carnivorous-scavenger*). Makanannya berupa binatang-binatang renik seperti kutu-kutu air (*Daphnia*, *Cladocera*, *Copepoda*), cacing-cacing, larva (jentik-jentik

serangga), siput-siput kecil, dan sebagainya. Ikan lele juga memakan makanan yang membusuk, seperti bangkai hewan dan kotoran manusia.

Di alam, ikan lele mencari makanan di dasar perairan, tetapi bila ada makanan yang terapung maka ikan lele juga dengan cepat menyambarnya. Dalam mencari makanan, ikan lele tidak mengalami kesulitan karena mempunyai alat peraba (sungut), yang sangat peka terhadap keberadaan makanan baik di dasar perairan, di pertengahan, maupun di permukaan. Lele juga dikenal sebagai ikan nokturnal dan menyukai tempat yang gelap. Aktif bergerak mencari makan pada malam hari, dan memilih berdiam diri atau bersembunyi di tempat terlindung pada siang hari. Seseekali ikan ini muncul di permukaan untuk menghirup oksigen langsung dari udara.

Ikan lele dikenal sebagai ikan yang rakus dalam hal makan. Karena itu walaupun dikenal sebagai ikan karnivor, tetapi dapat juga menyantap apa saja yang diperolehnya, termasuk sisa-sisa dapur seperti nasi dan dedak yang diberikannya di kolam.

Namun, sifatnya sebagai ikan karnivor tetap melekat pada dirinya. Ini terbukti, bila dalam pemeliharaannya diberikan pakan yang banyak mengandung protein nabati maka pertumbuhannya lambat. Pertumbuhan ikan lele dapat dipacu dengan pemberian pakan berupa pelet yang mengandung protein minimal 25 %, juga diberikan pakan tambahan berupa bangkai ayam, bangkai itik, ikan rucah, daging bekicot, siput air, dan sebagainya.

Ikan lele dapat menyesuaikan diri dengan makanan yang tersedia di lingkungannya. Jika di lingkungannya cukup tersedia makanan berupa biota air yang merupakan makanan kesukaannya, maka ikan lele akan mengutamakan memakan makanan tersebut. Namun, jika tidak terdapat makanan kesukaannya, maka ikan lele akan memakan makanan yang tersedia. Ikan lele dapat memakan bangkai hewan darat, seperti bangkai ayam, itik, dan sebagainya.

Ikan kerapu (*Epinpehelus*, *Cromileptes*) adalah karnivor yang memangsa biota hidup, diantaranya berbagai jenis ikan, cumi-cumi, sotong, udang, dan sebagainya. Namun, ikan kerapu yang dipelihara di keramba jaring apung (KJA) dan tambak dapat memakan ikan-ikan yang mati, bahkan pakan buatan dalam bentuk pasta dan pelet.

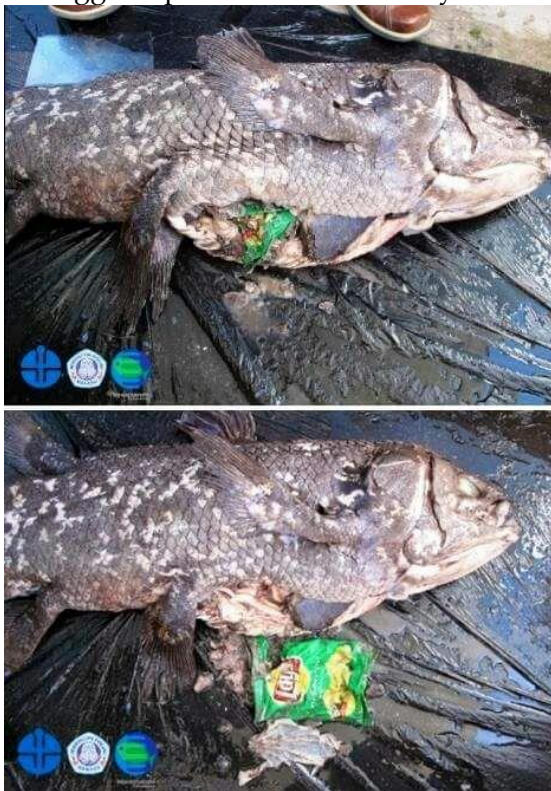
Ikan-ikan yang hidup di perairan tercemar, dimana jumlah makanan terbatas, maka ikan akan mengubah kebiasaan makannya menjadi memakan makanan sisa, bangkai, dan kotoran. Penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (Ecoton) bekerjasama dengan Perum Jasa Tirta I Jawa Timur pada Juli-Agustus 2011 di Sungai Surabaya, ditemukan sebagian besar ikan berjenis kelamin betina, juga menemukan ikan jendil yang biasanya memakan serangga, dalam penelitian ditemukan sudah bisa memakan kotoran manusia dan sampah plastik.

Biota akuatik, termasuk ikan dapat memakan berbagai plastik yang dibuang ke perairan. Tahun 2008, para ahli biologi kelautan mulai menemukan ikan-ikan yang menelan kepingan plastik. Dari 672 ikan konsumsi yang ditangkap dalam ekspedisi Pacific Gyre, 35 % ikan ditemukan kepingan plastik dalam tubuhnya. Pada tahun 2010 seekor paus kelabu (*Eschrichtius robustus*) mati terdampar di pesisir Puget Sound, Washington, Amerika Serikat. Hasil otopsi menunjukkan perut paus itu berisi celana pendek, bola golf, lebih dari 20 tas plastik, handuk kecil, selotip, bahkan sepasang sarung tangan operasi (Aristiari, 2018). Pada Juni 2018 seekor paus ditemukan sekarat di pesisir Songkhla, Thailand. Di dalam perutnya ditemukan 80 kantong plastik dan barang-barang lain seberat 8 kg yang juga terbuat dari plastik (*Kompas*, 30/06/2018).

Menurut Ocean Conservancy, lebih dari 700 spesies yang hidup di laut telah tercemari sampah plastik dan menyebabkan kematian. Sementara menurut Clean Water Action, sekitar 267 spesies terkena dampak dari sampah plastik, di antaranya 86 % spesies penyu laut, 44 % spesies burung laut, dan 43 % spesies mamalia laut.

Ini menunjukkan sampah plastik merupakan ancaman terhadap ekosistem laut. Berbagai biota perairan akan mati karena mengonsumsi sampah plastik, baik karena tercekik, luka dan infeksi di dalam pencernaan, kurang gizi, kelaparan, tenggelam atau mungkin terapung karena sampah plastik di dalam pencernaannya. Sampah plastik yang dibuang manusia akan berputar kembali dan akhirnya mengancam rantai makanan manusia juga.

Menurut Kordi (2008) bahwa, ikan dapat memakan benda-benda bukan bahan makanan, seperti kantong plastik, potongan plastik, potongan kain, botol, tali, gulungan rambut, dan sebagainya, karena tiga kemungkinan yang terjadi sehingga ikan dapat menelannya, yaitu: (1) ikan-ikan buas seperti hiu, kemungkinan menyergap benda-benda tersebut bersamaan dengan makanan lainnya; (2) kemungkinan benda-benda tersebut disangka sebagai mangsa, terutama ketika bergerak karena dorongan arus, angin, dan gelombang. Ini umumnya juga terjadi pada penangkapan ikan dengan menggunakan umpan palsu; dan (3) di dalam benda-benda tersebut (misalnya di dalam kantong plastik) terdapat bahan makanan sehingga terpaksa ikan menelannya.



Gambar 44. Di dalam perut ikan raja laut (*Latimeria menadoensis*) pun ditemukan plastik (Foto: Markus Lasut)

Ikan pemangsa yang makan dengan menggunakan mata kemungkinan dapat memangsa berbagai bahan yang bukan makanan, seperti plastik, potongan kain atau tali. Di perairan yang keruh atau dalam kondisi angin dan arus yang kuat, kemungkinan ikan memburu dan memangsa bahan-bahan tersebut. Secara alami, ikan akan mengeluarkan materi/bahan yang tertelan jika tidak sesuai atau bukan makanan. Namun, banyak materi yang bukan makanan, seperti plastik, potongan kain, atau tali yang ditemukan di dalam perut ikan. Kemungkinan bahan-bahan tersebut tidak bisa dikeluarkan atau dimuntahkan kembali oleh ikan karena tertahan di dalam lambung atau kemungkinan mencekik ikan jika ikan bersangkutan berusaha untuk memuntahkannya kembali.

Ikan raja laut (*Latimeria menadoensis*), salah satu ikan purba yang hidup di perairan Manado (Sulawesi Utara), yang merupakan karnivor, terutama memangsa ikan, pada perutnya ditemukan berbagai jenis sampah, termasuk plastik (Gambar 44). Banyaknya sampah plastik yang terdapat di habitat ikan raja laut merupakan ancaman terhadap ikan yang tergolong dalam daftar CITES Appendix 1 ini. Ikan raja laut kemungkinan menjadi omnivor atau pemakan segala, karena di habitatnya tersedia berbagai jenis makanan yang memungkinkan ikan raja laut memakannya.

Ikan-ikan yang terisolasi dalam suatu lingkungan terbatas atau ikan-ikan yang dibudidayakan akan menyesuaikan diri dengan ketersediaan yang ada. Perubahan kebiasaan makan ini tidak sekaligus melainkan secara bertahap sesuai dengan kondisi lingkungan. Ikan belut (*Monopterus albus*) adalah karnivor yang memangsa makanan hidup, seperti ikan-ikan kecil, kepiting, udang, dan sebagainya. Namun, jika makanan yang tersedia adalah makanan yang mati maka akan dimakan oleh belut. Ujicoba yang dilakukan oleh Ahmad Sarkan dengan menggantung sejumlah pakan alami di kolam belut, seperti kepiting air tawar, cacing, bangkai, dan belatung. Pakan yang pertama kali dimakan oleh belut adalah kepiting air tawar. Setelah kepiting air tawar habis dimakan, barulah belut memakan cacing. Setelah cacing habis dimakan, kemudian belut beralih ke bangkai, dan terakhir belatung. Artinya belut akan memakan makanan yang disukainya terlebih dahulu baru beralih memakan makanan yang lain yang tersedia.

Ikan-ikan pemangsa, seperti kerapu, belut, dan betutu akan menjadi kanibal atau memangsa jenisnya sendiri jika tidak tersedia makanan yang cukup. Untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya, maka ikan harus memperoleh makanan, termasuk memangsa jenisnya sendiri atau beradaptasi dengan makanan yang tersedia di lingkungannya.[]

BAB XI. RUAYA

Ruaya atau migrasi adalah suatu proses pergerakan atau perpindahan ikan dari suatu tempat ke tempat lain, yang memungkinkan ikan untuk hidup, tumbuh, atau pun berkembang biak. Ruaya ini biasanya dipengaruhi oleh faktor internal yaitu genetik atau insting, makanan, dan reproduksi serta faktor eksternalnya adalah suhu, salinitas, dan predator.

Ikan melakukan ruaya atau migrasi karena suatu alasan tertentu, seperti untuk tujuan pemenuhan siklus hidup, pemijahan, kondisi lingkungan yang sudah tidak mendukung, menghindari predator, mencari makanan, dan mencari daerah yang cocok untuk kelangsungan hidupnya (Kantun & Mallawa, 2016). Menurut Nikolsky (1969) dalam Effendie (1978; 1997) bahwa ruaya merupakan suatu mata rantai daur hidup yang tidak dapat dipisahkan dengan mata rantai sebelum dan sesudahnya. Ikan melakukan ruaya ke daerah-daerah di mana ikan menemukan kondisi yang diperlukan oleh fase tertentu dari daur hidupnya. Ruaya bertujuan untuk penyesuaian, penyakinan terhadap kondisi yang menguntungkan untuk eksistensi dan untuk reproduksi spesies. Ruaya pada ikan biasanya aktif tetapi kadang-kadang pasif pergerakannya dari satu habitat ke habitat.

Ikan tuna (*Thunnus*) beruaya karena berbagai alasan seperti untuk mencari kondisi lingkungan yang aman dan nyaman, untuk melakukan pemijahan, dan untuk mencari makanan. Ruaya alamiah sesuai siklus hidupnya dilakukan sejak mulai menjadi larva di laut lepas dan ketika juvenil berada di daerah neritik dan menjelang dewasa akan kembali ke lepas pantai untuk melakukan pemijahan. Ruaya harian (diurnal) dilakukan secara vertikal terjadi pada daerah rumpon yang tempatnya tidak berpindah-pindah. Pada siang hari, tuna akan berada pada perairan yang lebih dalam, sedangkan pada malam sampai pagi hari akan berada pada daerah sekitar permukaan. Sementara itu, untuk ikan tuna yang beruaya bebas, ruaya akan dilakukan secara horizontal pada kedalaman tertentu dan terjadi sepanjang hari atau sepanjang tahun untuk pemenuhan kebutuhan akan lingkungan yang optimum, kebutuhan makanan, dan reproduksi (Kantun & Mallawa, 2016).

Sebagian besar masa hidup ikan sidat (*Anguilla*) di perairan tawar. Namun jika menjelang dewasa dan tiba waktunya untuk melakukan pemijahan dan bertelur maka ditempuhnyalah perjalanan yang luar biasa, menuruni sungai-sungai menuju ke laut sampai jauh ke tengah samudera yang dalam. Anak-anak sidat yang lahir di sana akan menempuh perjalanan kembali ke darat berenang mengarungi samudera untuk kemudian memudiki sungai-sungai sampai ke tempatnya bermukim di hulu-hulu sungai. Sifat ruaya semacam ini, dari air tawar menuju ke laut untuk memijah disebut katadromus (*catadromous*) (Nontji, 1987).

Ikan air tawar maupun ikan laut dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu ikan bukan peruaya dan ikan peruaya. Ikan bukan peruaya tidak pernah meninggalkan habitatnya, sedangkan ikan peruaya ada dalam habitat tertentu dalam waktu tertentu dan pada waktu lain meninggalkan habitat tadi untuk tujuan tertentu seperti berpijah, mencari makan, dan lain-lain. Beberapa spesies ikan tidak menghuni satu macam habitat baik secara musiman maupun beberapa tahap perkembangan hidupnya. Macam-macam habitat yang dihuni ikan disajikan pada Tabel 57. Sementara batasan-batasan yang digunakan dalam hubungan dengan ruaya dan habitat ikan di antaranya:

- (1) *Amfibiotik*, ikan yang melakukan ruaya dari air laut ke air tawar atau sebaliknya.
- (2) *Holobiotik*, ikan yang tidak melakukan ruaya, selama hidupnya tinggal di air tawar saja atau air laut saja. Beberapa menjadi peruaya.
- (3) *Diadrom*, ikan melakukan ruaya untuk berpijah.
- (4) *Amfidrom*, ikan melakukan ruaya untuk mencari makan.
- (5) *Potamodrom*, ikan yang hidup dan mengadakan ruaya di perairan tawar saja termasuk sungai dan danau.

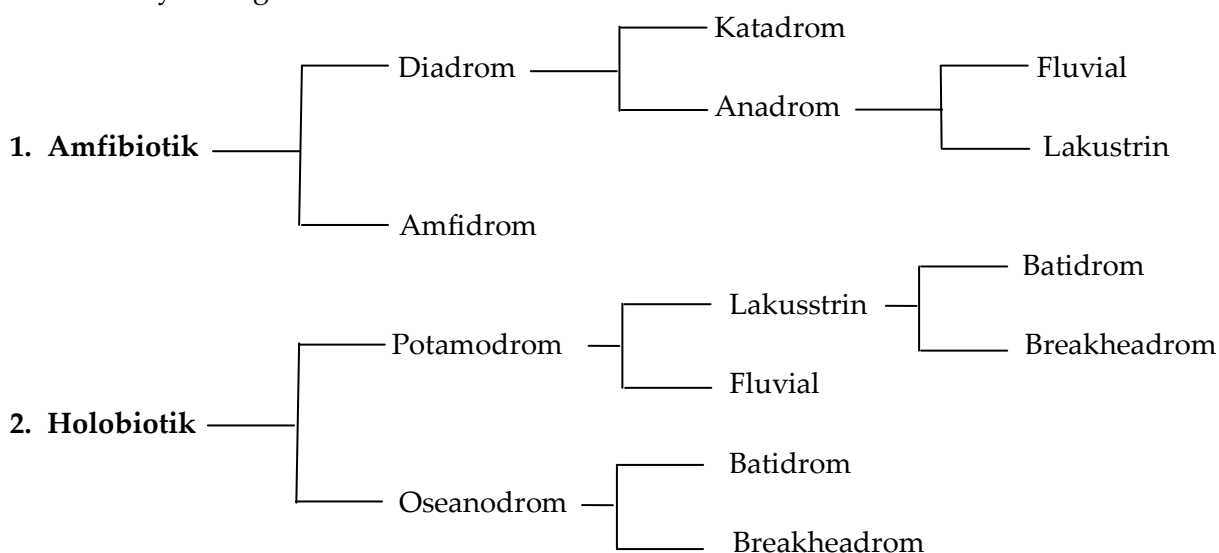
- (6) *Oseanodrom*, ikan yang hidup di laut dan mengadakan ruaya di laut.
 (7) *Batidrom*, ikan yang beruaya di perairan dalam.
 (8) *Breakheadrom*, ikan yang beruaya di perairan dangkal.

Tabel 57. Pengelompokkan ikan berdasarkan habitat yang dihuni (Reunsefell & Everhart, 1953)

Kelompok Ikan	Habitat yang dihuni
Penghuni Laut	
Laut dalam • Abysal • Bathypelagic • Arcibenthic	Tempatnya gelap dan dingin di dalam samudera. Tempatnya remang-remang, masih dingin, di atas samudera dalam. Tempatnya di atas atau dekat dasar di bawah ujung <i>continental shelf</i> .
Laut dangkal • Benthic • Oceanic • Pelagic • Benthopelagic • Coastal • Estuarine	Tempatnya di atas atau dekat dasar <i>continental shelf</i> . Jauh dari darat, di permukaan atau dekat permukaan samudera. Pengembara di samudera dekat permukaan. Secara bermusim menghuni dasar sampai ke permukaan. Tidak pernah jauh dari pantai. Daerah kuala, toleran terhadap perubahan salinitas.
Dromus (aliran) • Katadromus (ikut aliran) • Anadromus (menentang aliran) - Anadromus fluvial - Anadromus lacustrine	Dewasa di air tawar atau payau, berpijah di lautan. Menentang arus dengan atau tanpa danau. Menentang arus dari danau, anaknya di danau.
Air tawar • Lacustrine (penghuni danau) • Fluvial (penghuni aliran) • Adfluvial (ke air mengalir)	Seluruh hidupnya di air tenang. Seluruh hidupnya menghuni air mengalir. Hidup dalam danau, melawan arus untuk berpijah.

Sumber: Effendie (1978; 1997).

Berdasarkan tujuan pergerakan ikan, ikan amfibiitik terdiri dari dua kelompok yaitu ikan amfidrom dan diadrom. Ikan amfidrom adalah ikan yang beruaya bukan untuk tujuan berpijah tetapi untuk mencari makanan. Ikan amfibiitik yang beruaya untuk tujuan berpijah disebut ikan diadrom meliputi ikan katadrom yang beruaya dari air tawar ke laut dan ikan anadrom beruaya dari laut ke air tawar untuk berpijah. Termasuk ke dalam ikan anadrom ini adalah ikan fluvial yaitu ikan yang seluruh hidupnya tinggal di dalam air mengalir dan bilamana akan berpijahk beruaya ke hulu. Demikian juga ikan afluviial yang tinggal dalam perairan tenang bila berpijah pergi ke daerah hulu. Ikan holobiotik terdiri dari ikan potamodrom dan oseanodrom. Ikan potamodrom ini terdiri dari ikan lakustrin, adfluvial, dan fluvial. Ikan lakustrin ada yang batidrom yaitu yang melakukan ruaya di dalam perairan dan yang breakheadrom melakukan ruaya di perairan yang dangkal (Effendie, 1997). Ruaya ikan-ikan tersebut dapat dibuat klasifikasinya sebagai berikut:



Rahardjo *et al* (2011) membagi ruaya berdasarkan habitat yang menjadi daerah berlangsungnya ruaya ke dalam tiga macam, sebagai berikut:

- (1) *Diadromous*, adalah ikan peruaya yang berpindah dari perairan darat ke laut atau sebaliknya. Termasuk kelompok ini ada tiga tipe:
 - *Katadromous* adalah ikan yang menghabiskan sebagian besar hidupnya di perairan tawar dan beruaya ke laut untuk berpijah.
 - *Anadromous* adalah ikan yang menghabiskan sebagian besar hidupnya di laut dan beruaya ke perairan tawar untuk berpijah.
 - *Amfidromous* adalah ikan yang beruaya dari tawar ke laut atau sebaliknya bukan untuk berpijah, tetapi berlangsung reguler pada salah satu stadia hidupnya.
- (2) *Potamodromous* adalah ikan peruaya yang berpindah dalam suatu lingkungan perairan tawar.
- (3) *Oseanodromous* adalah ikan peruaya yang berpindah dalam suatu lingkungan laut.

Sementara itu Arfiati *et al.* (2015) juga membagi ruaya atau migrasi ke dalam tiga macam, yaitu:

- (1) *Oceanic migration*, contohnya ruaya ikan layang (untuk mendapatkan salinitas yang tinggi) dan tipe ruaya ikan layang ini di sekitar Kepulauan Nusa Tenggara. Contoh lain adalah ruaya ikan tuna yaitu keperluan pertumbuhan. Ikan tuna beruaya sampai melewati beberapa laut yang menjadi wilayah negara lain. Misalnya lahir di Selat India, kemudian dapat ditangkap di Samudera Indonesia pada ukuran 2-5 kg, kemudian terus tumbuh di perairan Australia dan dapat ditangkap tuna yang berukuran besar (mencapai puluhan kilogram).
- (2) *Fish water migration*.
 - a. *Rheophilile* yaitu ruaya di atau ke air yang mengalir.
 - b. *Limnophile* yaitu ruaya di atau ke air tenang.
 - c. *Diurnal* yaitu ikan yang aktif siang hari. *Nocturnal* yaitu ikan yang aktif malam hari. *Crepuscular* keaktifannya bolak-balik, kadang siang kadang malam hari.
- (3) *Diadromus migration*.
 - a. *Anadromous*, hidup di laut, berenang ke atas (ke air tawar atau ke sungai untuk berpijah, misalnya salmon).
 - b. *Katadromous*, hidup di air tawar, berenang ke bawah (ke laut) untuk berpijah.
 - c. *Amphidromous*, yaitu beruaya ke air tawar (salinitas yang lebih rendah) hanya untuk tumbuh tidak berkaitan dengan pemijahan.

Berdasarkan tujuannya, ruaya digolongkan menjadi tiga macam, yaitu ruaya pemijahan, ruaya mencari makanan, dan ruaya pengungsian. Ruaya pemijahan berhubungan dengan pemijahan ikan. Ruaya mencari makanan berkaitan dengan makanan. Sementara ruaya pengungsian akan dilakukan oleh ikan bila habitatnya mengalami perubahan sehingga tidak cocok lagi atau membahayakan ikan bersangkutan.

Ruaya merupakan salah satu mata rantai daur hidup ikan. Disebut ruaya jika pergerakan ikan berlangsung secara relatif teratur dan berkelompok dari satu tempat ke tempat lain untuk memenuhi keperluan siklus hidupnya. Kadang-kadang ruaya harus dilakukan dalam jarak yang sangat jauh pada musim-musim tertentu. Beberapa spesies ikan yang dikenal sebagai peruaya jauh atau bermigrasi jauh (*highly migratory species*) antara lain tuna (*Thunnus*), setuhuk atau marlin yang populer sebagai *spear fish* (*Makaira*, *Tetapturus*), ikan layar atau *sail fish* (*istiophorus*), dan ikan todak, ikan pedang atau *sword fish* (*Xiphias*).

Ruaya dari daerah pemijahan dinamakan ruaya *denatant*, ada dua macam yaitu: (1) ruaya dari daerah pemijahan ke daerah pembesaran dilakukan oleh anak-anak ikan, dan (2) ruaya dari daerah pemijahan ke daerah stok dilakukan oleh ikan-ikan dewasa. Ruaya ini biasanya bergerak searah dengan arus. Sedangkan ruaya *kontranatant* adalah ruaya ke daerah pemijahan yang bergeraknya menentang arus. Tetapi ada ikan

yang mengadakan ruaya pemijahan tidak seluruhnya kontranatant, sebagian dilakukan dengan ruaya denatant (Effendie, 1978; 1997).

Ruaya merupakan mata rantai daur hidup ikan, karenanya jika terdapat faktor yang mengganggu proses ruaya, diduga ikan akan mengalami gangguan hingga kepunahan. Selama ini penurunan populasi atau kepunahan spesies ikan-ikan air tawar selalu dihubungkan dengan penangkapan yang intensif dan pencemaran yang tinggi. Padahal, mungkin salah satu faktor penyebab kepunahan adalah terganggunya ikan ketika melakukan ruaya. Pembangunan bangunan di perairan, seperti bendungan, waduk, cek dam, sabo dam, dan sebagainya yang melintang di sungai akan memutus atau memblokir ikan dan fauna akuatik yang mempunyai karakteristik ruaya dari hulu ke hilir atau sebaliknya.

A. RUAYA PEMIJAHAN

Perpindahan kelompok ikan dari satu tempat ke tempat lain untuk keperluan pemijahan disebut ruaya pemijahan. Ruaya pemijahan suatu spesies dapat berlangsung dalam jarak dekat, masih dalam suatu perairan, namun pada spesies lain ruaya pemijahan dapat menempuh jarak sangat jauh yang memakan waktu lama. Bahkan sidat maupun salmon melakukan ruaya melintasi ekosistem perairan yang berbeda.

Pergerakan ruaya ikan ke daerah pemijahan (*Spawning area/spawning ground*) bertujuan penyesuaian dan penyakinan tempat yang paling menguntungkan untuk perkembangan telur dan larva. Sejak telur dibuahi sampai menetas menjadi larva merupakan saat yang paling kritis karena tidak dapat menghindarkan diri dari serangan predator. Dengan demikian ruaya pemijahan mengandung pengaruh yang langsung berhubungan dengan rekrutmen dan mortalitas.



Gambar 45. Sidat (*Anguilla marmorata*), ikan yang beruaya dari air tawar ke laut untuk memijah. Salah satu bagian dari ruaya pemijahan adalah *Reproductive homing* yaitu kembalinya ikan ke daerah asal kelahiran sebelum mengadakan reproduksi. Hal ini penting untuk kelangsungan hidup untuk individu atau populasi. *Reproductive homing* juga akan menambah kemungkinan keberhasilan reproduksi dengan penyediaan kawan perkawinan dalam kondisi fisiologi yang baik, daerah pemijahan, dan tempat yang baik untuk peletakan telur untuk keuntungan terpeliharanya keturunannya. Tetapi *Reproductive homing* mempunyai tendensi untuk menjaga kesetimbangan jumlah pemijahan dalam menggunakan daerah itu terhadap kapasitas reproduksinya (Effendie, 1978; 1997).

Sebagian ikan penghuni perairan tawar dalam proses reproduksinya melakukan perjalanan menuju area pemijahan, yang seringkali sampai ke habitat yang berbeda yakni laut. Ikan harus mampu menembus batas salinitas baik laut maupun tawar. Ikan yang beruaya ke laut untuk melakukan pemijahan dikelompokkan sebagai ikan katadromus (*kata* = bawah, *dramein* = lari), karena pergerakannya searah dengan arus pada waktu berada dalam sungai. Sifat katadromus ini dapat berkisar dari jarak tempuh yang pendek seperti ikan *Cottus asper* (Bond, 1979) sampai kepada jarak tempuh yang sangat jauh seperti pada ikan sidat (*Anguilla*).

Ruaya yang dilakukan untuk melakukan pemijahan paling mengesankan adalah ruaya yang dilakukan oleh ikan sidat eropa (*Anguilla anguilla*, *A. vulgaris*). Jarak ruaya yang harus ditempuh oleh ikan sidat dewasa mencapai sekitar 5.000 km mulai dari pantai-pantai di Eropa sampai ke perairan Bermuda. Jarak yang sama harus ditempuh pula oleh ikan sidat muda dari tempat itu menuju ke sungai-sungai di Eropa (Gunarso, 1985).

Selama hidup di perairan tawar ikan sidat eropa dalam tahap pertumbuhan sampai menjelang dewasa (berumur antara 9-12 tahun) mempunyai tubuh yang kuning kecoklatan dan bentuk mata kecil sebagai penyesuaian untuk kebiasaan nokturnal. Ikan sidat mulai beruaya pada bulan Desember (permulaan musim dingin) menyeberangi Laut Atlantik menuju ke Laut Sargasso di Amerika. Daya tarik untuk berpijah sangat kuat pada sidat. Walaupun sidat hidup dalam kolam, bila saatnya mulai memijah, sidat akan keluar dari kolam pada malam hari dan berusaha mencapai sungai. Perjalanan di sungai dilakukan pada malam hari. Selama beruaya sampai ke tempat pemijahan sidat tidak pernah makan. Oleh karena itu, selama dalam perjalanan tersebut terjadi perubahan, antara lain tubuh menjadi kurus, mata semakin membesar sampai empat kali sebelumnya, hidungnya semakin lancip, warna tubuh berubah menjadi warna perak, dan diameter telurnya semakin besar (Effendie, 1978; 1997; Rahardjo *et al.*, 2011).

Jarak perjalanan dari pantai Eropa sampai ke Laut Sargasso sebelah selatan Bermuda diperkirakan antara 3-4 ribu mil. Ikan sidat tiba di tempat ini pada bulan November tahun berikutnya. Jadi perjalanan sidat menuju ke tempat pemijahan memakan waktu hampir satu tahun. Pemijahan terjadi pada kedalaman 400-700 m di bawah permukaan laut dengan suhu antara 16-17 °C. Setelah memijah induk sidat akan mati.

Telu-telur sidat akan mengambang ke permukaan dan dalam waktu 24 jam menetas menjadi pra-larva, kemudian menjadi larva. Larva sidat yang lembut, berbentuk daun, dan tembung pandang disebut leptosefalus (*leptocephalus*). Pada fase leptosefalus yang berukuran terkecil adalah 3,9 mm dan diperkirakan berumur 4 hari. Pada fase ini larva sidat hidup di laut. Leptosefalus berkembang menjadi elver yang mempunyai panjang tubuh 5-7 cm dan tembus pandang, biasa sudah mencapai pantai atau muara sungai. Masa perkembangan dari pra-larva sampai elver cukup panjang, yaitu 8-12 bulan. Elver akan berkembang menjadi fase kuning, punggung berwarna kelabu kecoklat-coklatan, kehijau-hijauan atau kekuning-kuningan. Perut berwarna kusam atau kelabu. Sidat pada fase ini ditemukan di sungai atau danau (Romimohtarto & Juwana, 2004).

Ikan sidat yang terdapat di Amerika Serikat adalah spesies *Anguilla rostrata* juga berpijah tidak terlalu jauh dari tempat berpijah ikan sidat eropa (*A. anguilla*), juga di Laut Sargasso di sebelah selatan Bermuda. Perilaku pemijahan sidat amerika (*A. rostrata*) tidak berbeda jauh dengan sidat eropa (*A. anguilla*) (Effendie, 1978; 1997; Rahardjo *et al.*, 2011). Tempat dan perilaku pemijahan sidat eropa dan amerika yang tidak berbeda jauh ini menimbulkan tanda tanya, kemudian melahirkan dua teori. Teori pertama menyebutkan bahwa, elver sidat amerika tidak akan masuk sungai-sungai di Eropa, begitu sebaliknya, elver sidat eropa tidak akan masuk ke sungai-sungai Amerika. Walaupun daerah pemijahan kedua sidat tersebut berdekatan.

Teori kedua dikemukakan oleh Denys Tucker dari Inggris, bahwa sidat eropa adalah sidat amerika. Kedua spesies ini memang sangat mirip dan berbeda terutama dalam jumlah ruas-ruas tulang belakangnya: sidat eropa rata-rata memiliki 115 buah dan sidat amerika 107 buah. Tucker menunjukkan adanya bukti eksperimen yang baik bahwa jumlah dari bagian-bagian badannya (ruas-ruas tulang belakang, duri-duri sirip, dan lain-lain) ternyata lebih tinggi pada individu-individu yang perkembangan embrionya berlangsung dalam suhu yang lebih rendah, dan sebaliknya. Bagian yang lebih dingin dari Laut Sargasso memiliki arus barat laut. Arus ini dapat menghanyutkan larvanya menuju ke arah pantai-pantai Eropa, hingga perkembangan selanjutnya akan berlangsung di tempat yang lebih rendah suhunya jika dibandingkan dengan larva yang hanyut ke pantai-pantai Amerika. Dengan demikian, kedua spesies sidat

ini sebenarnya merupakan satu spesies saja, dan sidat eropa sepenuhnya dipertahankan keberadaannya oleh sidat amerika dewasa yang memiliki perjalanan yang jauh lebih pendek untuk kembali ke tempat bertelurnya (Anonim, 1989).

Tempat-tempat lain yang terdapat ikan sidat adalah Jepang, Australia, dan Indonesia. Tetapi tempat berpijahnya belum ikan sidat tersebut belum diketahui dengan pasti. Untuk ikan sidat di Indonesia ada dugaan berpijah di samudera selatan pulau Jawa. Hal ini didasarkan pada didaptkannya larva sidat di pantai selatan Pulau Jawa seperti daerah Pelabuhan Ratu dan Cilacap.

Karena anak-anak sidat selalu datang dari laut dalam maka sungai-sungai di Sumatera, Jawa, dan Kalimantan yang bermuara ke Paparan Sunda yang dangkal biasanya sudah tidak terjangkau dan karenanya tidak mempunyai sidat. Kecuali sungai-sungai dekat selat yang masih ada hubungan langsung dengan perairan samudera misalnya sekitar Selat Malaka, Selat Sunda, dan Selat Bali. Keadaan yang sama dijumpai juga di Paparan Sahul, dan di bagian tengah Indonesia antara Paparan Sunda dan Paparan Sahul yang dikitari oleh palung-palung laut dalam. Di pulau-pulau tersebut, kehadiran sidat di sungai-sungainya sangat umum.

Ketergantungan pada adanya ruaya sidat-sidat kecil yang datang dari perairan samudera yang dalam, menyebabkan kadang-kadang dua hulu sungai atau danau yang berdekatan bisa sangat berlainan. Sungai-sungai yang mengalirkan air ke arah samudera mempunyai sidat sedangkan yang mengalirkan airnya ke laut dangkal tidak ada sidatnya. Di Gunung Merapi (Jawa Tengah), misalnya di lereng baratnya berpangkal sungai-sungai yang menyatu dengan Kali Progo menuju Samudera Hindia, sidat sangat umum ditemukan. Tetapi di lereng timurnya, tempat berpangkalnya Kali Demak, Kali Serang, dan Bengawan Solo yang menuju ke Laut Jawa yang dangkal, semuanya bebas dari sidat.

Di Sumatera Barat, Danau Maninjau mempunyai aliran ke Sungai Antokan yang menuju ke Samudera Hindia, banyak dijumpai sidat. Tak jauh dari danau ini terdapat Danau Singkarak yang menuju sungai Indragiri yang mengarah ke perairan dangkal di timur, tidak ditemukan sidat. Di Sumatera Utara, anak-anak sidat yang datang dari Samudera Hindia bisa masuk lewat Selat Malaka paling jauh sampai ke sekitar Belawan dan Tanjung Balai. Di Sungai Asahan sidat ditemukan tetapi sangat jarang. Tetapi sidat-sidat itu tidak bisa mencapai Danau Toba karena adanya air terjun yang tinggi sebagai penghalang, karenanya di Danau Toba tidak ditemukan sidat (Nontji, 1987).

Ikan-ikan dari famili Galaxiidae dan Gobiidae yang hidup di sungai juga katadrom yang melakukan ruaya pemijahan ke laut, tetapi tidak jauh dari pantai dan di bagian yang dangkal. Kelompok ikan belanak yang hidup di dalam danau atau di daerah pantai jika berpijah beruaya ke laut yang tidak jauh dari pantai. Lain halnya dengan golongan ikan sebelah yang biasa hidup di perairan laut dangkal jika akan berpijah akan beruaya ke bagian yang dalam (Effendie, 1978; 1997). Ikan kakap putih (*Lates calcalifer*) dan bandeng (*Chanos chanos*) yang masuk ke sungai berair tawar atau ditebar ke danau dan waduk, bila mencapai dewasa dan tiba waktunya memijah, maka ikan tersebut akan beruaya ke laut untuk memijah.

Ikan-ikan yang juga hidup di muara sungai dan masuk sungai namun memijah di laut antara lain ikan sembilang atau yiwa (*Plototus canius*), manyung (*Arius maculatus*, *A. sagor*), lundu atau baung (*Macrones gulio*), sumpit atau tatabola (*Toxotes jaculator*), dan golila (*Therapon* sp). Ikan-ikan ini merupakan ikan yang bersifat euryhaline yang hidup di daerah estuaria, sehingga dalam siklus hidupnya masuk keluar sungai yang airnya tawar, baik untuk mencari makan maupun berlindung. Ikan-ikan tersebut diketahui memijah di laut tidak jauh dari pantai.

Jenis ikan anadromus merupakan kelompok ikan yang masuk ke dalam sungai dengan menentang arus. Di antaranya terdapat spesies yang menggunakan waktu yang sangat singkat di laut sebelum kembali ke

sungai untuk mematangkan gonad dan memijah, misalnya ikan *Galaxias* di Selandia Baru dan ikan ayu (*Plecoglossus altivelis*) di Jepang (Bond, 1979). Pada spesies ini pemijahan berlangsung di perairan tawar pada bagian hilir sungai, sehingga anakan terhanyut ke air asin dan tinggal untuk beberapa bulan sebelum kembali beruaya ke sungai. Di sungai, ikan bergerak ke bagian tengah dan hulu sungai selama beberapa bulan kemudian berenang ke hilir untuk memijah (Rahardjo *et al.*, 2011).

Beberapa jenis ikan menempuh perjalanan jauh sebelum mencapai daerah pemijahan. Spesies ikan peruaya yang terkenal adalah chinook salmon (*Onchorhynchus*) dan salmon atlantik (*Salmo*). Baik salmon dari genera *Salmo* maupun genera *Oncorhynchus*, keduanya beruaya ke hulu sungai untuk berkembangbiak dan benih atau anak-anaknya kembali ke laut untuk menjalani kehidupan sebagaimana induknya hingga mencapai dewasa, dan kemudian kembali ke air tawar untuk berkembangbiak.

Ikan dewasa hidup dan mencari makan di laut selama 1-2 tahun sebelum kembali ke sungai dalam kondisi prima. Sering kali ikan ini mendekati muara sungai dan hidup di muara sungai tersebut hingga satu tahun sebelum masuk ke sungai. Ikan salmon masuk ke sungai bulan Agustus atau September, dan masa bertelur yang utama adalah pada awal musim salju. Di beberapa daerah, perpindahan ikan salmon ke sungai terjadi lagi dalam musim semi.

Dalam perjalanannya untuk berkembangbiak, ikan salmon mempergunakan semua persediaan energinya, karena salmon tidak mencari makan di air tawar. Tidak diketahui mengapa pada masa “puasa” ini salmon menangkap alat dan umpan hidup dari para nelayan. Perjalanan naik ke sungai dan bertelur cukup menguras dan menghabiskan tenaga. Ikan yang dua bulan sebelumnya mempunyai daging yang kokoh dan merah serta tubuh yang bulat dengan kulit yang cerah, akan menjadi pucat, lemah serta lembek dan mudah terkena infeksi. Ikan-ikan yang bertahan hidup akan hanyut kembali ke laut dan mencari makan untuk kemudian pulih kembali. Air garam akan membunuh parasit-parasit pada tubuh ikan yang diperoleh di air tawar. Ikan-ikan yang bertahan hidup akan kembali bertelur dan jarang sekali ditemukan ikan yang dapat bertelur sampai 4 kali.

Jika salmon spesies lainnya masih dapat hidup setelah berkembangbiak dan kembali ke laut, sehingga akan kembali lagi bertelur, maka sebagian besar salmon atlantik (*Salmo salar*) hanya satu kali bertelur. Induk salmon atlantik yang telah berkembangbiak akan mati, sehingga tidak kembali ke sungai untuk bertelur yang kedua kalinya. Ikan salmon atlantik memijah pada musim panas pada dasar perairan berkerikil pada arus yang mengalir pelan. Perjalanan yang ditempuh sangat jauh sampai 1.000 km. Beberapa minggu setelah menetas, ikan kecil muncul di sungai. Di sungai ini, anak-anak salmon makan dan tumbuh sampai sekitar 1 tahun. Ruaya akan dilakukan bila smoltifikasi berjalan baik. Smoltifikasi adalah proses perubahan fisiologis, tingkah laku, dan morfologis terkait dengan penyiapan ikan salmon beruaya secara normal ke laut. Smoltifikasi berkaitan dengan sederet hormon, tiroid (T4), kortisol, hormon pertumbuhan, dan prolaktin. Hormon-hormon ini masing-masing bekerja sendiri atau bersinergi untuk mengendalikan dan menyelaraskan smoltifikasi guna meningkatkan kemampuan hipoosmoregulasi. Kemampuan salmon menahan sodium, magnesium, dan pottasium sesudah terpapar 24 jam air laut merupakan kunci keberhasilan smoltifikasi (Quigley *et al.*, 2006 dalam Rahardjo *et al.*, 2011). Pada saat itu salmon mampu berosmoregulasi di laut, dan pada saat yang sama terjadi perubahan warna tubuh. Kisaran jelajah salmon atlantik sangat luas, stok dari pantai timur Amerika Utara, Britania, dan Skandinavia sampai ke Tanah Hijau (*Greenland*), berjarak tempuh ratusan kilometer. Ruaya balik induk dewasa ke perairan tawar dan menuju hulu sungai untuk memijah terjadi sesudah 2-4 tahun di laut. Selama ruaya ke hulu ikan tidak makan, meskipun gonad kian membesar. Perkembangan gonad ini diambil dari penggunaan cadangan lemak tubuh dan rongga perut. Sesudah pemijahan banyak induk ikan yang mati, namun ada sebagian yang kembali ke laut untuk mencari makan dan memulihkan kondisinya, sebelum memijah untuk kali ke dua. Induk ikan yang kembali terutama betina. Sangat sedikit ikan betina yang mampu memijah pada kesempatan ke tiga (McDowall, 1988 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Ikan salmon yang mencapai dewasa di lautan akan kembali ke sungai asalnya untuk berkembangbiak. Dari suatu percobaan di Kanada, lebih dari 400.000 ikan salmon diberi tanda tertentu sebelum ikan-ikan ini bermigrasi ke laut. Dan dari jumlah tersebut 11.000 ekor ditemukan kembali ke sungai asalnya, dan tidak satu ekor pun yang ditemukan di sungai lain. Di laut, ikan-ikan salmon berpencar, dan dari Sungai Fraser ditemukan mulai dari pantai Pasifik Amerika Utara sampai ke pulau-pulau Aleut, sehingga timbul pertanyaan bagaimana ikan-ikan ini dapat menemukan jalan ke sungai asalnya. Penelitian menunjukkan bahwa, ikan salmon memperoleh petunjuk dari matahari dari apa yang disebut cara kompas matahari atau navigasi angkasa.

Percobaan pada ikan bas putih (*Roccus chrysops*) di Danau Mendota menunjukkan bahwa ikan-ikan ini dapat memperkirakan ketinggian matahari, dan demikian dapat menempuh perjalanan yang lurus. Namun, pada ikan salmon timbul masalah lain, yaitu cara menemukan anak sungai yang menuju ke tempat ikan tersebut dahulu menetas. Beberapa percobaan cerdas dilakukan oleh Dr. Arthur Hassler menunjukkan bahwa ikan salmon mempunyai daya cium yang sangat tinggi sehingga dapat mengenali bau dari tempat menetas dahulu. Pada suatu percabangan sungai, ikan-ikan tertentu akan memilih cabang-cabang sungai yang sama, terkecuali bila lubang hidungnya ditutup dengan kapas mentah yang menyebabkan ikan-ikan tersebut akan memilih cabang secara sembarangan (Anonim, 1989).

Beberapa spesies ikan anadromus mengembangkan populasi terkungkung (*landlocked population*) yang tidak pernah beruaya ke laut dan pemijahan di *inlet* sungai beralih menjadi pemijahan di danau (Helfman *et al.*, 1997). Ikan sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) merupakan spesies terkungkung di daerah genangan Waitaki yang mampu bereproduksi (Graynoth, 1995), atau ikan *bigmouth sleeper* (*Gobiomorus dormitor*) yang terkungkung di Waduk Carite di Puerto Rico karena waduk dibangun tanpa *spillway discharge*, berhasil memijah dan hidup (Bacheler *et al.*, 2004). Semula ikan *bigmouth sleeper* adalah amfidromus atau beruaya dari perairan tawar ke laut.

Ikan penghuni danau (lakustrin) juga ada yang melakukan strategi reproduksi dengan jalan beruaya. Ikan genera Tilapia yang hidup di bagian perairan yang dalam di danau melakukan ruaya pemijahan ke bagian pinggir danau yang dangkal. Ruaya ini tidak merupakan gerombolan dan tidak pula musiman. Beberapa ikan danau ketika terjadi peninggian air danau akan beruaya ke pinggir danau di bagian yang dangkal.

Dalam strategi reproduksinya ada juga ikan yang mengadakan ruaya dari danau ke air mengalir atau ke sungai, biasanya ikan beruaya ke hulu. Kelompok ikan ini umumnya dinamakan ikan adfluvial. Hal ini dilakukan untuk memberi kesempatan keturunannya menuju ke bagian hilir atau masuk lagi ke danau. Ruaya ini dilakukan pada waktu permukaan air sedang tinggi atau pada permulaan musim penghujan. Ikan belida (*Chitala lopis*) yang merupakan ikan sungai dan danau menyukai perairan yang terdapat banyak lekukan dan danau buntu, banyak anak sungai, air relatif keruh, agak dalam, dan berarus kurang deras. Selama musim hujan, air dari sungai utama meluap ke daerah sekitarnya sehingga menyatu dengan anak sungai dan rawa dan menggenangi tanaman darat. Selain itu, belida ditemui juga di waduk-waduk dan daerah bekas galian pasir di sepanjang sungai. Kedalaman air yang disukai ikan belida berkisar 0,5 sampai 15 m. Habitat yang paling disukai belida adalah perairan yang banyak memiliki pohon kayu tumbang dan hutan rawa. Selama musim hujan, induk belida beruaya dari anak sungai ke rawa untuk kawin. Namun ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) yang matang gonad beruaya ke bagian hilir sungai, bahkan di dekat muara sungai untuk memijah. Anak-anak jelawat yang berukuran 2-3 cm akan timbul ke permukaan air dan berenang secara berbondong-bondong menyusuri tepi sungai, menentang arus menuju ke hulu.

Ruaya pemijahan ikan lamuru (*Sardinella lemuru*) yang ada di Selat Bali belum diketahui dengan pasti. Juvenil ikan lemuru banyak terdapat di daerah perairan dekat Banyuwangi pada bulan-bulan permulaan musim hujan. Setelah makin besar ikan tersebut kemudian bergerak ke arah selatan. Pada akhir musim penghujan ikan yang dewasa terdapat di sebelah barat Pulau Bali dan sebelah timur ujung Pulau Jawa.

Sebagian besar dari gerombolan ikan itu bergerak ke bagian dalam di luar selat. Anak-anak ikan lepas juvenil tersebut muncul kembali di tempat yang sama pada awal musim hujan tahun berikutnya (Effendie, 1978; 1997). Wilayah ruaya pemijahan ikan lemu dapat diketahui melalui perubahan pergerakan massa air. Dugaan tempat memijah ikan lemu berada di perairan dalam yang tidak jauh dari pantai dengan kondisi salinitas yang rendah pada awal musim hujan (Pertami *et al.*, 2016). Hasil penelitian yang dilakukan Wudji *et al.* (2013) menduga musim pemijahan ikan lemu dimulai pada bulan September-Oktober atau November, dengan lokasi di bagian selatan Selat Bali mendekati paparan Pulau Bali.

B. RUAYA KE DAERAH PEMBESARAN DAN MAKANAN

Ikan melakukan ruaya atau migrasi karena berbagai alasan, seperti untuk mencari kondisi lingkungan yang aman dan nyaman, untuk melakukan pemijahan, dan untuk mencari makanan. Ruaya adalah alamiah sesuai siklus hidup ikan dilakukan sejak menjadi larva. Larva yang belum aktif berenang terbawa arus, angin, dan gelombang, dan ketika aktif berenang, maka juvenil akan menuju ke daerah pengasuhan (*nursery ground*), pembesaran (*rearing ground*), dan mencari makanan (*feeding ground*).

Ruaya non reproduktif ke daerah pembesaran dan makanan dilakukan oleh anak-anak ikan atau ikan dewasa secara horisontal atau vertikal. Ruaya ini berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Larva dan anak-anak ikan laut dan air tawar melakukan ruaya denatant secara pasif dari daerah pemijahan ke daerah pembesaran atau daerah makanan. Misalnya, ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang cara memijah dan daerah pemijahannya belum diketahui pasti. Diduga ikan bandeng mulai dewasa ketika mencapai umur 3 tahun dan memijah di dekat pantai pada perairan yang jernih, pada kedalaman 40-50 meter. Larva bandeng bersifat planktonik dan terbawa oleh arus, angin, dan gelombang hingga mencapai pantai yang biasa disebut *nener*. Nener ini berukuran panjang sekitar 11-13 mm, berat 0,01 g dan berumur 2-3 minggu.

Musim nener pertama muncul dari September sampai Desember dengan puncaknya pada bulan Oktober dan November. Musim nener kedua muncul pada April dan Mei terutama di utara pantai Jawa dan Madura. Musim nener di perairan Indonesia tidak sama dan ternyata tidak semua daerah mempunyai dua kali musim nener. Namun dapat disimpulkan bahwa musim pemijahan ikan bandeng di Indonesia berlangsung sepanjang tahun (Tabel 58) dimana nenernya mengadakan ruaya denatant ke daerah pantai.

Tabel 58. Musim nener bandeng (*Chanos chanos*) di perairan Indonesia

Daerah	Musim	Puncak Musim
Aceh	April-November	April dan Mei
Bengkulu	Januari-Mei	-
Jawa Barat	Maret-Juni	Maret dan Oktober
Jawa Tengah	Maret-Juni	Maret dan Oktober
Jawa Timur	Maret-Juni	Maret dan Oktober
Bali	April-Juni	Juni dan Oktober
Madura	September-Desember	September dan Desember
Lombok	Juli - Desember	April dan September
Sumbawa	Desember - Maret	Desember
Flores	Desember-Februari	-
Nusa Tenggara Barat	Juli-Maret	April dan Desember
Nusa Tenggara Timur	Desember-Februari	Maret dan November
Sulawesi	April-Juli	April dan Oktober
Kalimantan	April-November	Agustus

Sumber: Hamid *et al.* (1977); Dirjen Perikanan (1985)

Ikan bandeng adalah ikan yang bersifat euryhaline sehingga dapat masuk ke sungai dan danau yang airnya tawar. Bandeng dapat dipelihara di tambak bersalinitas rendah hingga di lingkungan air tawar. Sejak tahun 2009 ikan bandeng ditebar di Waduk Jatiluhur untuk mengendalikan plankton. Selain ikan bandeng, ikan yang dapat masuk ke sungai hingga ke bagian yang airnya tawar untuk mencari makan di

antaranya kakap putih (*Lates calcalifer*), belanak (*Mugil cephalus*), sembilang atau yiwa (*Plototus canius*), manyung (*Arius maculatus*, *A. sagor*), lundu atau baung (*Macrones gulio*), sumpit atau tatabola (*Toxotes jaculator*), dan golila (*Therapon* sp). Pernah dilaporkan, bahwa kakap putih ditemukan di sungai Bengawan Solo sampai sejauh 200 km dari pantai (Nontji, 1987). Di sungai Kattiong, Langnga, Pinrang, Sulawesi Selatan, pernah dijala seekor kakap putih berukuran panjang 107 cm dan berat 40 kg.

Beberapa spesies ikan demersal, seperti ikan kerapu dan kakap, anak-anaknya melakukan ruaya denatant di perairan dangkal yang terlindung, seperti ekosistem terumbu karang, ekosistem lamun, ekosistem mangrove, estuaria, daerah sekitar pelabuhan, kapal tenggelam, dan sekitar rumpon. Di daerah-daerah tersebut tersedia makanan yang cukup melimpah bagi anak-anak ikan. Anak-anak kakap jenaha (*Lutjanus johnii*), kakap tambak (*Lutjanus argentimaculatus*), dan kakap merah (*L. sebae*) hidup bergerombol di perairan terumbu karang yang dangkal, padang lamun, ekosistem mangrove, estuaria, teluk dan perairan pantai berpasir. Sedangkan ikan-ikan yang berukuran besar mulai hidup di perairan yang agak dalam.

Ikan tuna (*Thunnus*) melakukan ruaya ke daerah temperat saat membutuhkan makanan untuk tumbuh dan berkembang, dan beruaya ke daerah tropis ketika akan melakukan pemijahan. Tuna madidihang (*Thunnus albacares*) beruaya ke daerah tropis menjelang musim panas bukan hanya karena persoalan reproduksi, tetapi juga disebabkan faktor makanan. Ketersediaan makanan yang cukup pada suatu lingkungan sangat membantu mempercepat proses reproduksi karena tercukupinya energi untuk melakukan perkawinan dan pemijahan. Tuna madidihang memasuki wilayah tropis dan secara kebetulan menemukan rumpon atau FAD (*fish aggregating device*) maka lingkungan yang dilewatinya akan memberi suplemen baru dalam hal makanan dan melakukan pemijahan (Kantun & Mallawa, 2016).



Gambar 46. Anak-anak kakap jenaha (*Lutjanus johnii*) di hutan mangrove

Larva ikan sidat (*Anguilla*) atau leptosefalus beruaya denatant secara pasif ke daerah pembesaran. Kalau sudah mengalami metamorfosis menjadi elver biasanya sudah mencapai pantai atau muara sungai. Sidat-sidat muda kemudian masuk ke sungai dan danau untuk meneruskan hidupnya. Sebaliknya, anak-anak ikan salmon (*Salmo*, *Oncorhynchus*) beruaya ke laut untuk meneruskan hidupnya.

Ruaya nokturnal ke daerah makanan secara reguler juga dilakukan oleh beberapa ikan laut. Hal ini disebabkan karena di daerah dimana ikan hidup pada malam harinya kekurangan makanan. Ikan beruaya mengikuti makanannya yang mengadakan ruaya vertikal pada malam hari. Ikan mackerel secara reguler mengikuti kelompok makanannya ke atas dan ke bawah. Sedangkan ikan *Clupea* melakukan ruaya ke suatu daerah makanan secara reguler.

Ruaya denatant ke daerah makanan dan pembesaran terdapat pula pada ikan air tawar. Pemijahan ikan itu di sungai dan danau biasanya bertepatan dengan meningginya permukaan air pada awal musim hujan. Telur atau larva ikan ada yang terbawa arus air ke bagian hilir sungai. Anak-anak ikan yang telah berenang aktif akan beruaya ke daerah makanan. Pinggir sungai atau danau yang dangkal dan berumput merupakan daerah pembesaran anak-anak ikan. Anak-anak ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) yang

berukuran 2-3 cm akan timbul ke permukaan air dan berenang secara berbondong-bondong menyusuri tepi sungai, menentang arus menuju ke hulu.

Ikan air tawar dewasa secara aktif melakukan ruaya ke daerah makanan setelah melakukan pemijahan. Ikan lakustrin setelah melakukan pemijahan di pinggir danau yang dangkal akan kembali beruaya ke bagian danau yang dalam. Ikan adfluvial setelah berpijah di sungai akan beruaya kembali ke daerah makanannya di danau. Dari golongan ikan adfluvial ini, kelompok yang memisahkan diri berpijah ke sungai yang lain, lama kelamaan dari kelompok itu akan ada di danau tersebut akan terjadi subpopulasi, karena ada pemutusan gen secara turun-temurun. Sebagai contoh ikan belida (*Chitala lopis*). Di Indonesia, ikan belida mempunyai beberapa tampilan visual warna dan bentuk tubuh, yaitu warna hitam, hitam keperakan, hitam kehijauan, albino dan bercorak (batik) pada bagian tubuhnya. Warna albino hanya ditemukan di Sungai Kampar. Sedangkan secara genetik, diduga terdapat 5 kelompok populasi ikan belida di Sungai Kampar. Kelompok 1 terdiri dari populasi Sungai Ogan (Musi), Kerinci, dan Sungai Kampar Kiri. Kelompok 2 meliputi Waduk Riam Kanan. Kelompok 3 meliputi Waduk PLTA Kuto panjang. Kelompok 4 meliputi Sungai Kelekar dan Sungai Kampar Kanan, dan Kelompok 5 meliputi Tapung Kanan (Siak) dan Pangkalan Buluh Musi (Sunamo, 2010). Munculnya 5 kelompok genetik ikan belida ini diduga terjadi pemisahan ketika ikan melakukan ruaya untuk pemijahan maupun ruaya ke daerah makanan, ataupun karena isolasi yang disebabkan oleh manusia, misalnya pembangunan waduk.

Ikan air tawar juga ada yang melakukan ruaya nokturnal ke daerah makanan di dasar anak sungai kecil dan dangkal, kemudian pada pagi hari kembali lagi ke sungai yang besar. Ikan yang aktif di malam hari seperti ikan belida, ketika mencari makan dapat mencapai anak-anak sungai kecil yang dangkal, dan kemudian kembali dan bersembunyi pada siang hari di perairan bervegetasi atau terdapat banyak pohon tumbang.

C. RUAYA PENGUNGSIAN

Ruaya pengungsian adalah ruaya untuk menghindari diri dari tempat yang kondisinya tidak baik, atau meninggalkan tempat daerah makanan beruaya ke tempat yang kondisinya buruk, tetapi diperlukan untuk melengkapi siklus hidupnya sebagai awal ruaya pemijahan. Ruaya pengungsian ikan yang hidup di daerah bermusim empat berbeda dengan ikan yang hidup di daerah tropis. Ikan-ikan di daerah bermusim empat melakukan ruaya pengungsian terutama untuk melengkapi siklus hidupnya, sedangkan ikan-ikan di daerah tropis melakukan ruaya pengungsian untuk menghindari diri dari kondisi lingkungan yang tidak baik, terutama perubahan kualitas air dan kekeringan.

Untuk daerah yang bermusim empat ada ikan yang melakukan ruaya *overwintering* yaitu pada musim dingin pergi meninggalkan tempat daerah makanannya ke tempat lain selama musim dingin. Misalnya ikan salmon yang melakukan ruaya *overwintering* pada awal musim dingin ke bagian sungai yang agak dalam, dimana selama musim dingin ikan salmon dalam keadaan tidak aktif dan biasanya tidak makan. Demikian juga pada ikan-ikan air tawar setelah menyelesaikan masa makannya di daerah makanan yang baik, dengan kondisi tubuh yang baik akan beruaya ke *overwintering*. Jika sekiranya ikan itu belum siap karena kondisinya kurang baik atau gonadnya belum berkembang seperti pada ikan yang muda, maka ikan akan tetap di daerah makanan dan tidak melakukan ruaya *overwintering*. Namun sebenarnya ada juga ikan yang tidak membutuhkan *overwintering* untuk melengkapi siklus hidupnya, tetapi ikan melakukan juga ruaya *overwintering* karena untuk menghindari diri dari predator pada musim tersebut, atau tempat itu memang benar-benar berbahaya yang dapat menyebabkan kematian (Effendie, 1978; 1997).

Untuk di daerah tropis, ikan-ikan lakustrin baik yang di danau maupun di rawa suka mengadakan ruaya pengungsian karena kondisi habitatnya yang memburuk. Pada permulaan musim kemarau, air yang masuk ke dalam danau mulai masam disebabkan oleh pembusukan daun tumbuh-tumbuhan, rumput,

dan lain-lain sehingga air juga kekurangan zat asam. Hal demikian menyebabkan ikan-ikan yang tidak tahan akan pergi meninggalkan danau atau rawa menuju sungai atau saluran pembuangan.

Ikan di danau dan waduk juga mengadakan ruaya pengungsian untuk menghindari peristiwa umbalan atau *upwelling* yang merupakan peristiwa pembalikan massa air dari lapisan dasar atau lapisan bawah ke lapisan permukaan. Berdasarkan pengamatan kualitas air secara fisik maupun kimia, terjadi perubahan, di antaranya rendahnya nilai kecerahan dan oksigen terlarut, meningkatnya kandungan gas $N-NH_3$, sulfat, dan parameter air lainnya, seperti lama penyinaran matahari, dan populasi plankton *Microcystis* sp. Pada mulanya air yang jernih berubah warna menjadi hijau tua, kemudian menjadi kecoklat-coklatan dan hitam disertai bau busuk. Umbalan menyebabkan kematian massal ikan-ikan yang dibudidayakan di keramba jaring apung (KJA), karena ikan-ikan tersebut tidak dapat melakukan ruaya, walaupun ikan telah mendeteksi menurunnya kualitas air.

Pada musim kemarau panjang, permukaan air semakin turun dan kondisinya semakin buruk bagi beberapa spesies ikan, kecuali untuk golongan ikan-ikan labirin yang dapat hidup pada perairan yang terburuk, seperti ikan lele (*Clarias*), betok (*Anabas testudineus*), gabus (*Chana striata*), sepat (*Trichogaster* sp), tambakan (*Helostoma temminckii*), dan belut (*Monopterus albus*). Ikan-ikan tersebut dapat hidup pada perairan minim oksigen, volume air yang terbatas, bahkan di dalam lumpur. Namun, secara alami ikan-ikan tersebut tetap beruaya mencari perairan yang optimum.

Ikan lele, betok, dan gabus adalah ikan-ikan yang biasa ditemukan “berjalan” di tanah dan menyeberangi jalan beraspal. Ikan betok sering ditemukan merayap di atas tanah atau “menyeberangi” pematang sawah dan jalan beraspal dengan menggunakan ekor, sirip perut, sirip dada, dan tutup insang untuk mendukung badannya. Tutup insang yang mempunyai duri keras direntangkan untuk menjaga keseimbangan, sedangkan sirip dada dan sirip ekor digunakan untuk mendorong tubuhnya maju. Karena itu, betok sering disebut ikan pejalan (*walking fish*). Ikan-ikan tersebut “berjalan” menuju ke lingkungan perairan yang lebih baik.

Tahun 2007 anak-anak penulis kedua (Ryza Mauryz H. Kordi K dan Izzah Mauryza H. Kordi K) memasukkan 20-an ikan betok di dalam sebuah baskom ukuran sedang yang berisi air. Baskom dan ikan betok tersebut diletakkan di dalam rumah. Esok paginya beberapa betok melompat keluar dari baskom dan menuju pintu, namun tidak bisa keluar karena pintu terkunci. Satu ekor berukuran lebih kecil terjepit di bagian bawah pintu. Jika tidak terhalang pintu, ikan-ikan tersebut lolos keluar hingga mencapai saluran air. Yang misterius adalah karena ikan-ikan tersebut menuju pintu yang dekat dengan sumber air. Artinya ikan-ikan tersebut mendeteksi sumber air dan hendak menuju ke sumber air tersebut.

Ikan-ikan laut juga melakukan ruaya pengungsian untuk menghindarkan diri dari kondisi yang buruk. Ikan layang atau sorihi (*Decapterus*) akan melakukan ruaya jika terjadi perubahan salinitas dan pola arus. Menurut Najamuddin (2014) ikan layang di Indonesia terdiri dari tiga kelompok menurut asalnya, yaitu layang timur, layang barat, dan layang utara. Layang timur adalah ikan layang yang selama musim penghujan akan terdesak oleh kadar garam rendah di Laut Jawa sehingga akan kembali ke arah timur Indonesia. Layang timur berasal dari bagian timur Indonesia, Selat Makassar, Laut Banda, dan Laut Flores. Kemungkinan juga ada yang berasal dari laut Lautan Pasifik yang bergerak ke arah selatan lewat Filipina dan memasuki Selat Makassar menuju ke Laut Jawa. Layang barat adalah layang yang berasal dari Samudera Hindia yang mengikuti arus melalui Selat Sunda masuk ke Laut Jawa. Kemudian layang utara adalah ikan layang yang berasal dari Laut Cina Selatan melalui Selat Gaspar dan Karimata ke Laut Jawa pada saat bulan basa (Desember-Maret) (Asikin, 1971).

Ikan layang adalah ikan yang stenohaline atau hidup pada perairan dengan variasi salinitas sempit, biasanya sekitar 31-33 ppt. Karena di Laut Jawa terjadi perubahan pola arus dan pola sebaran salinitas

yang bergantung pada musim maka ikan layang pun beruaya sesuai pola itu. Pada Musim Timur bulan Juni sampai September terdapat banyak ikan layang di Laut Jawa. Layang yang datang ini adalah layang timur yang terdiri dari dua populasi, yakni yang datang dari Selat Makassar dan yang datang dari Laut Flores. Arah gerakan ruaya ini sejalan dengan gerakan arus utama yang berkembang di Laut Jawa musim tersebut. Pada saat itu air dengan salinitas tinggi mengalir dari Laut Flores masuk ke Laut Jawa dan keluar melalui Selat Karimata dan Selat Sunda. Sebaliknya pada Musim Barat bulan Januari hingga Maret terdapat dua populasi layang yang masuk ke Laut Jawa yakni layang barat dan layang utara. Populasi layang barat datang dari Samudera Hindia tetapi sebarannya terbatas hanya sampai ke Selat Sunda dan sekitarnya. Sementara itu populasi layang utara berasal dari Laut Cina Selatan masuk, sebagian menuju ke Selat Sunda dan sebagian lagi ke timur sampai ke Pulau Bawean, Pulau Masalembu, dan sebagian lagi membelok ke arah selatan sampai ke Selat Bali. Pola ruaya ini sejalan pula dengan pola arus yang berkembang saat itu (Nontji, 1987).

Ruaya ikan layang mengikuti perubahan salinitas dan pola arus yang berhubungan dengan pergantian musim. Ikan layang melakukan ruaya untuk menghindari penurunan salinitas dan tentunya untuk menuju ke daerah makanan. Sebagai ikan yang bersifat stenohaline maka ikan layang akan beruaya menghindari menurunnya salinitas air laut di Laut Jawa. Ikan layang juga beruaya menuju ke Laut Jawa mengikuti gerakan arus untuk menghambat energi.

Ikan dapat mendeteksi lingkungan yang buruk atau adanya bahaya sehingga kemungkinan melakukan ruaya untuk menghindarkan diri dari lingkungan yang buruk atau bahaya. Tubuh ikan mengetahui perubahan lingkungan karena dilengkapi alat penerima rangsang (indra), baik fisik maupun kimia. Perubahan lingkungan yang direkam oleh alat indra tersebut diteruskan ke otak untuk selanjutnya dilakukan penyesuaian. Sebagai hewan akuatik, ikan memiliki beberapa mekanisme fisiologis untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan, atau melakukan ruaya untuk menghindarkan diri dari kondisi yang buruk atau berbahaya.

Tahun 1988 Gunung Kiebesi di Pulau Makiyan (Maluku Utara) meletus dan mengeluarkan debu dan lahar dalam jumlah besar ke bagian utara dan barat pulau. Beberapa hari menjelang letusan gunung, penduduk di bagian utara dan barat pulau melihat kelompok ikan-ikan pelagis seperti tembang (*Sardinella*) dan sorihi atau layang (*Decapterus*) yang bergerak mendekati pesisir dan menuju ke arah timur dan selatan. Ikan-ikan ini kemungkinan melakukan ruaya karena mendeteksi panas atau getaran di dalam laut yang disebabkan oleh gempa vulkanik.

Pada 26 Desember 2004, dunia dikejutkan oleh gempa dahsyat disertai tsunami yang menghantam beberapa negara di Asia Tenggara, Asia Selatan dan Afrika Timur. Aceh merupakan wilayah yang paling parah mengalami kerusakan dan jumlah korban jiwa. Namun, tsunami dahsyat tersebut tidak menimbulkan kematian pada hewan-hewan seperti gajah, burung, tikus, kelinci dan sebagainya yang telah melakukan migrasi untuk menghindar dari daerah-daerah yang diterpa tsunami. Demikian juga terpaan gelombang tsunami yang begitu besar yang menghempas sampai ke jauh ke daratan tidak menghempaskan ikan ke daratan. Diduga ikan-ikan telah mendeteksi bahaya sehingga dapat beruaya menjauh dari pesisir.

Pada musim barat ketika ombak besar menghempas ke pantai, anak-anak ikan yang biasa mencari makan di pesisir yang mengikuti naik-turunnya permukaan air pasang-surut, tidak ikut terhempas ke pantai. Anak-anak ikan yang biasa mencari makan di pesisir dan mengikuti naik-turunnya muka air di pesisir, seperti anak ikan belanak (*Mugil*) dan golila atau terapon (*Therapon*) tidak pernah ditemukan dihempas ombak ke pantai. Artinya anak-anak ikan tersebut telah beruaya ke bagian perairan yang aman dan terlindung. Biasanya anak-anak ikan tersebut beruaya ke daerah terlindung seperti ke teluk, daerah berhutan mangrove, atau masuk muara sungai.

D. IKAN PERUAYA JAUH

Ikan melakukan ruaya karena berbagai alasan, seperti untuk tujuan pemenuhan siklus hidup, pemijahan, kondisi lingkungan yang sudah tidak mendukung, menghindari predator, mencari makanan, dan mencari daerah yang cocok untuk kelangsungan hidupnya. Dalam melakukan ruaya, ada ikan yang melakukan ruaya dalam jarak pendek, mislanya dari perairan yang dalam ke perairan dangkal, atau sebaliknya. Waktu yang dibutuhkan pun singkat, hanya beberapa jam atau beberapa hari. Namun, ada ikan yang melakukan ruaya jarak jauh dan dalam waktu yang lama. Beberapa ikan yang diketahui beruaya antara samudera yang dikenal sebagai peruaya jauh atau spesies bermigrasi jauh (*highly migratory species*) antara lain tuna (*Thunnus*), setuhuk atau marlin yang populer sebagai *spear fish* (*Makaira*, *Tetapturus*), ikan layar atau *sail fish* (*Istiophorus*), dan ikan todak, ikan pedang atau *sword fish* (*Xiphias*).

Selain itu, ikan sidat (*Anguilla*) dan salmon (*Salmo*, *Oncorhynchus*) juga merupakan peruaya jauh dan dalam waktu yang lama. Jarak perjalanan sidat eropa (*Anguilla anguilla*) dari pantai Eropa sampai ke Laut Sargasso sebelah selatan Bermuda sekitar 3-4 ribu mil. Perjalanan sidat eropa menuju ke tempat pemijahan di Laut Sargasso memakan waktu hampir satu tahun. Sedangkan ikan salmon atlantik (*Salmo salar*) yang memijah pada musim panas menempuh perjalanan sekitar 1.000 km.

Kelompok ikan tuna adalah ikan-ikan peruaya jauh yang melintasi berbagai samudera. Seekor tuna sirip biru (*Thunnus maccoyii*) dari lima ekor yang dilepas di Australia Selatan pada tahun 1964 ditemukan 1.000 km dari pantai Afrika Tenggara pada tahun 1969 setelah menempuh jarak sekitar 5.000 mil (Tampubolon, 1983). Tuna sirip biru dapat berenang rata-rata 13 mil/hari.

Tuna sirip biru mempunyai sebaran yang amat luas. Namun diperkirakan hanya ada satu stok saja dengan tempat pemijahan, yaitu antara selatan Jawa dan Australia Barat Laut sekitar 10° – 20° LS dan 100° – 125° BT (Nontji, 1987). Dari berbagai informasi kesamaan morfologi, data penandaan (*tag return data*), maka diketahui bahwa perairan selatan Pulau Jawa merupakan daerah tempat pemijahan tunggal (*single spawning ground*). Demikian juga dari hasil perikanan tuna *long line* di seluruh dunia yang dilakukan bertahun-tahun, belum ada laporan bahwa tempat pemijahan sirip biru terdapat di luar perairan tersebut (Caton, 1994). Dari daerah pemijahan, juwana kemudian melakukan migrasi menuju bagian barat laut Australia, dan pada umur 1-3 tahun sirip biru umumnya ditangkap di sekitar perairan bagian tenggara Australia.

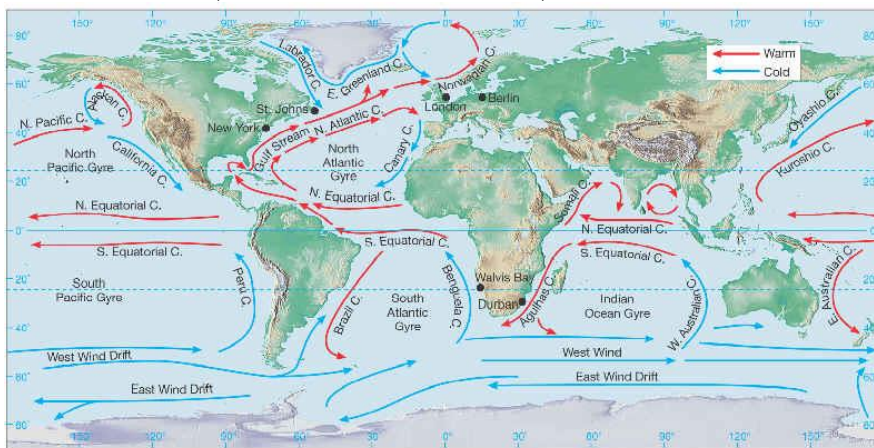
Sedangkan tuna albacor pasifik (*Thunnus germon*) yang diberi tag di daerah California setahun kemudian tertangkap tidak jauh dari Tokyo. Ikan tuna albacor pasifik beruaya ke utara rata-rata kecepatannya 9 km tiap hari dengan perjalanan kira-kira sejajar dengan pantai pada jarak 90-100 mil. Sedangkan ikan yang berada di lautan bebas kecepatan ruayanya 23 km tiap hari (Clemens, 1961 dalam Effendie, 1978).

Tuna memiliki bentuk tubuh seperti torpedo sehingga memiliki kemampuan untuk berenang cepat dalam jangka panjang. Untuk mendukung aktivitas pergerakan yang demikian jauh, dibutuhkan peran proses fisiologis dalam memenuhi kebutuhan oksigen yang cukup banyak untuk respirasi dan metabolisme. Ikan tuna harus terus bergerak dan berenang dengan kecepatan minimal 0,65 m/s untuk mencukupi kebutuhan aliran air yang keluar masuk melalui insang. Ikan tuna memiliki jumlah permukaan insang 30 kali lebih banyak daripada ikan yang lain sehingga memungkinkan ikan tuna untuk mengekstrak setengah oksigen dari air yang melewati permukaan insang. Transfer oksigen dari insang ke bagian lain dilakukan dengan bantuan jantung sekitar 10 kali ukurannya, tekanan darah 3 kali lebih besar dari jenis ikan lain, jantung memompa rata-rata 3 kali lebih besar dari jenis ikan yang lain, dan darah tuna mengandung hematokrit 40 % dan selalu berasosiasi dengan mamalia ketika melakukan renang (Joseph *et al.*, 1988 dalam Kantun & Mallawa, 2016). Tuna dikenal sebagai perenang hebat, bisa mencapai sekitar 50 km/jam (Nontji, 1987), bahkan dapat mencapai 77 km/jam.

Tuna juga merupakan ikan pelagis yang memiliki sifat kosmopolitan (bisa hidup dalam kondisi perairan yang masih bisa ditoleransi) dan merupakan ikan pengarang samudera-samudera besar di dunia, sehingga kegiatan ruaya dilakukan sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada. Beberapa jenis ikan tuna mampu beruaya dari daerah tropik ke subtropik, kemudian ke perairan dingin dan sebaliknya, tetapi sebagian besar terhalang oleh isoterm yang disebabkan oleh karakteristik suatu perairan yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara arus, temperatur, dan salinitas.

Ikan tuna jenis apa pun dalam melakukan aktivitas ruaya cenderung mengikuti pola pergerakan arus. Tuna termasuk ikan yang tidak pernah berhenti bergerak untuk memperoleh zat asam agar insangnya secara fisiologis tetap bisa terbuka. Oleh sebab itu, ikan tuna akan selalu mencari kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas berenangannya untuk beruaya dengan mencari kandungan oksigen terlarut sesuai yang dibutuhkan. Oksigen tersebut lebih banyak akan diperoleh dengan mengikuti pergerakan arus.

Jika mengamati pola pergerakan arus laut di dunia (Gambar 47) maka secara umum arus yang bergerak sebenarnya membentuk lingkaran yang berulang meskipun ada libasan yang keluar jalur. Pertemuan antara arus panas *kuroshio* dengan arus dingin *oyashio* menyebabkan perairan tersebut sangat produktif. Banyak unsur hara yang terbentuk pada perairan tersebut sehingga memantik berkumpulnya plankton (zooplankton dan fitoplankton). Berkumpulnya plankton yang menjadi makanan bagi konsumen yang lainnya menjadikan daerah pertemuan arus tersebut subur dan kaya akan makanan. Hal tersebut menyebabkan ikan-ikan menjadi cepat besar dan cepat matang gonad. Jika matang gonad yang terjadi, waktu kawin sudah dekat. Ketika musim kawin sudah dekat, tuna akan mencari tempat yang memungkinkan untuk melakukan pemijahan dengan mencari daerah yang mendukung pemijahannya, yaitu mencari suhu yang sesuai. Oleh sebab itu, ikan tuna akan beruaya ke selatan ekuator untuk melakukan pemijahan. Hal ini dimanfaatkan oleh tuna dengan mengikuti pola arus yang bergerak ke selatan ekuator (Kantun & Mallawa, 2016).



Gambar 47. Pola pergerakan arus laut di dunia

Jika hipotesis itu benar, berarti tuna akan melakukan ruaya melalui Laut Sulawesi dan melewati Selat Makassar. Arus dari Selat Makassar ada yang melewati Selat Lombok dan ada yang terus menuju Laut Flores mengarah sebelah utara Nusa Tenggara Barat dan Timur, kemudian berbelok turun masuk ke Samudera Hindia. Arus yang masuk ke Samudera Hindia, ada yang terus ke arah barat dan ada yang berbelok ke arah Tasmania (Australia Selatan) berbelok naik kembali sebelum New Zealand dan naik ke Samudera Pasifik. Pertanyaan yang muncul, apakah tuna yang ada di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik kemungkinan populasi yang sama jika dilihat dari pola pergerakan arus? Jika tuna beruaya mengikuti arus, kemungkinan besar bisa benar hipotesis bahwa tuna yang ada di Samudera Hindia bisa juga merupakan populasi yang sama dengan yang ada di Samudera Pasifik. Informasi penyebaran tuna sampai saat ini masih sangat sedikit yang melakukan kajian terkait dengan spesies lokal (*local species*) di suatu perairan yang dilewati arus dan merupakan bagian dari arus di Samudera Pasifik bagian barat atau pergerakan arus di bagian bumi lain di dunia (Kantun & Mallawa, 2016).

Hipotesis bahwa tuna yang ada di Samudera Hindia juga merupakan populasi yang sama dengan yang ada di Samudera Pasifik mendekati kebenaran jika melihat dua kasus pada tuna sirip biru (*Thunnus maccoyii*) dan tuna albakor pasifik (*Thunnus germon*). Tuna sirip biru yang dilepas di Australia Selatan dapat ditemukan di pantai Afrika Tenggara, dan tuna albakor pasifik yang diberi tag di daerah California setahun kemudian tertangkap tidak jauh dari Tokyo.

Hipotesis ini mirip dengan dugaan para ilmuwan mengenai penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*). Semula para ilmuwan menduga bahwa sebagian besar penyu belimbing yang ditemukan menepi di pantai California atau yang tertangkap nelayan di Hawaii berasal dari Pasifik Utara atau tepatnya dari pantai peteluran Meksiko. Akan tetapi analisis DNA menunjukkan bahwa penyu-penyu tersebut berasal dari Pasifik Barat, yaitu dari pantai peteluran di Papua dan sekitarnya.

Akhirnya penelitian tahun 2003 membuktikan bahwa penyu belimbing yang ditemukan menepi di pantai California atau yang tertangkap nelayan di Hawaii berasal dari Pasifik Barat alias dari Papua (Indonesia) dan sekitarnya. Penelitian menggunakan satelit transmisi oleh WWF Indonesia di Jamursba Medi, Papua, bekerjasama dengan lembaga penelitian internasional *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), 2003-2004 berhasil mengungkap rahasia pengembaraan penyu belimbing. Sepuluh penyu belimbing yang dipasang transmiter pada punggungnya dan dilepas dari Pantai Jamursba Medi, Papua, pada Juli 2003, menurut pemantauan satelit, salah satunya berada di pantai Barat Amerika Serikat, tepatnya di Monterey Bay, sekitar 25 km dari Golden Bridge, San Fransisco. Ini berarti penyu belimbing tersebut berhasil mengarungi Samudra Pasifik dan menempuh jarak sekitar 6.000 mil dari habitat asalnya di Papua dalam jangka waktu lebih dari satu tahun (Murni, 2005).

Ikan-ikan peruaya jauh melakukan ruaya untuk pemenuhan siklus hidup, berupa pemijahan, mencari makanan, dan mencari daerah yang cocok untuk kelangsungan hidupnya. Ikan tuna melakukan ruaya ke daerah temperat saat membutuhkan makanan dan berkembang, dan beruaya ke daerah tropis ketika akan melakukan pemijahan.

Sebagai peruaya jauh, ikan tuna melakukan ruaya bebas, yaitu ruaya akan dilakukan secara horizontal pada kedalaman tertentu dan terjadi sepanjang hari atau sepanjang tahun untuk pemenuhan kebutuhan akan lingkungan yang optimum, kebutuhan makanan, dan reproduksi. Menurut Kuntun & Mallawa (2016) ada beberapa hal penting yang perlu dipahami terkait ruaya ikan tuna, sebagai berikut:

- (1) *Arah ruaya*. Keteraturan dalam melakukan ruaya akan selalu terjadi ketika ikan melakukan ruaya. Salah satunya adalah dalam menentukan arah ruanya. Arah ruaya bergantung pada kondisi lingkungan yang mendukung (pola arus, ketersediaan oksigen terlarut, kesesuaian suhu, dan salinitas), ketersediaan makanan, predator, serta peluang untuk melakukan pemijahan. Ada ikan yang dalam ruayanya mengikuti arus dan ada juga yang menentang arus. Ikan yang mengikuti arus cenderung akan selalu berpindah tempat, sedangkan yang menentang arus cenderung tetap di tempat.
- (2) *Periode ruaya*. Periode ruaya ikan tergantung pada kebutuhan eksternal dan internal. Kebutuhan eksternal berkaitan dengan kondisi lingkungan, sedangkan kondisi internal berkaitan dengan keinginan untuk melakukan reproduksi. Pada daerah dua musim (penghujan dan panas), ikan-ikan kebanyakan dalam hidupnya melakukan ruaya horizontal disebabkan kondisi lingkungan hampir homogen, terutama pada daerah ekuator dan hanya akan melakukan ruaya vertikal ketika melakukan pemijahan. Sementara itu, pada daerah 4 musim (semi, gugur, hujan, dan panas) pola ruaya akan berlangsung secara acak bergantung pada kondisi lingkungannya. Namun, secara umum, ikan-ikan pada daerah 4 musim akan melakukan ruaya mendekati daerah ekuator ketika menjelang musim pemijahan, seperti yang dilakukan oleh ikan tuna dan sejenisnya.
- (3) *Jarak ruaya*. Jarak ruaya yang dilakukan oleh ikan tuna bergantung pada keperluan dalam hidupnya. Jika beruaya karena faktor makanan, tuna akan melakukan ruaya jarak jauh. Tidak demikian halnya

jika karena predator, tuna akan melakukan ruaya atau berenang secepat mungkin untuk menghindari kejaran predator. Demikian halnya jika ruaya dilakukan untuk kebutuhan reproduksi, tuna akan melakukan ruaya atau berenang ke perairan yang lebih dalam untuk mempercepat proses keluarnya telur.

- (4) *Kecepatan*. Kecepatan renang bergantung pada kondisi saat ruaya. Beruaya karena faktor makanan, tuna akan berpindah atau bergerak sesuai pergerakan dan arah makanan yang diburu. Semakin cepat pergerakan mangsanya, kecepatan pemburuannya juga semakin cepat. Jika beruaya karena kondisi lingkungan, tuna akan bergerak sesuai pemenuhan kebutuhan akan kondisi lingkungan yang nyaman. Namun, jika beruaya karena faktor pemijahan, tuna akan bergerak secepat mungkin ke perairan yang lebih dalam, kemudian setelah telur keluar akan bergerak secepatnya ke perairan yang menjadi kebiasaan daerah renangnya.
- (5) *Durasi ruaya*. Salah satu durasi ruaya ialah waktu untuk melakukan ruaya. Jika berpatokan pada siklus hidup tuna madidihang (*Thunnus albacares*), tuna dewasa memijah di laut dalam dan setelah larva akan mengikuti arus ke daerah pantai sampai pada fase juvenil atau ukuran mencapai 60-90 cm (data hasil tangkapan pada rumpon laut dangkal) berumur 1-2 tahun. Ketika memasuki usia pradewasa > 90 cm, tuna melakukan ruaya ke laut dalam untuk mencari makanan dan melakukan perkawinan. Kegiatan ini dilakukan ketika usia tuna mencapai 2-3 tahun yang tergolong memasuki usia dewasa untuk melakukan pemijahan. Durasi ruaya vertikal yang dipergunakan untuk mengeluarkan telur ketika pemijahan sementara berlangsung, waktunya menjadi lebih cepat, yakni hanya dalam hitungan menit. Kegiatan ini dilakukan oleh tuna sebagai upaya untuk mempercepat proses keluarnya telur akibat tekanan dari kolam air. Ruaya yang dilakukan oleh tuna memiliki durasi dan pola hampir sama ketika kondisi lingkungan mendukung untuk kegiatan tersebut.

Pertanyaan yang juga biasa muncul adalah bagaimana ikan dan biota akuatik lainnya yang merupakan peruaya jauh tidak tersesat? Sebagai hewan akuatik, ikan memiliki beberapa mekanisme fisiologis untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan perairan. Tubuh ikan mengetahui perubahan lingkungan karena dilengkapi alat penerima rangsang (indra), baik fisik maupun kimia. Misalnya mata bertugas merekam perubahan cahaya, *linea lateralis* (gurat sisi) merekam perubahan arus dan gelombang, telinga dapat merekam perubahan arah dan gravitasi, ikan juga mempunyai indra pembau dan pengecap. Perubahan lingkungan yang direkam alat indra tersebut dilaporkan ke otak untuk selanjutnya dilakukan penyesuaian dengan cara perubahan tingkahlaku atau metabolisme untuk mengatasi gangguan keseimbangan (Fujaya, 2004; Pubanyanto *et al.*, 2010). Dengan indra yang ada pula, ikan dapat melakukan ruaya sangat jauh, ribuan kilometer, dan melintasi samudera, namun tidak tersesat.

Sistem *linea lateralis* bekerja sebagai reseptor hidrodinamik sebagaimana telinga dalam atau detektor pergerakan frekuensi rendah sebagai organ pendengaran dalam air. Fungsi-fungsi ini membuat *linea lateralis* penting dalam memulai respons tingkah laku, baik untuk menghindari hambatan sambil berenang, untuk bergerombol, untuk menghindari predator maupun untuk menangkap mangsa (Fujaya, 2004).

Sistem *linea lateralis* berperan dalam setiap aktivitas ikan. Aktivitas ruaya ikan salmon misalnya dapat dilakukan karena adanya informasi *linea lateralis* tentang identifikasi kecepatan dan kekuatan arus sehingga dapat membawa ikan ke laut. Dengan mata tertutup, ikan dapat berkeliling tanpa menabrak obyek atau tepi akuarium karena adanya sistem *linea lateralis*, terutama terdapat pada kepala. Pergerakan ikan menghasilkan busur gelombang yang mengelilingi kepala dan busur gelombang yang dikembalikan oleh obyek dideteksi oleh *linea lateralis*. Pergerakan ikan menghasilkan busur gelombang yang dikembalikan oleh obyek akan dideteksi oleh *linea lateralis*. Ikan-ikan yang suka bergerombol (*schooling fish*) umumnya mempunyai sistem gurat sisi yang sudah berkembang dengan baik. Dengan merasakan pergerakan dari kelompoknya melalui variasi tekanan air, maka setiap ikan dapat menyesuaikan gerakannya dengan kelompoknya (Fujaya, 2004).

Studi-studi juga mengungkap bahwa, ikan, reptil, dan mamalia laut yang merupakan kelompok spesies beruaya atau bermigrasi jauh di lautan, tidak hanya mengandalkan indra pada tubuhnya agar tidak tersesat, tetapi juga suara yang dihasilkannya dalam berkomunikasi dengan sasamanya. Ikan mempunyai *linea lateralis* yang merupakan indera keenam yang berguna mengetahui tekanan air, arus air, salinitas, suhu, benda-benda keras di sekitarnya agar menghindari dari bahaya dan kecelakaan. Namun, ikan juga dapat menghasilkan suara untuk berkomunikasi dengan ikan-ikan lainnya.

Menurut Fujaya (2004) signal yang dihasilkan dari aksi gelombang, gerakan ekor, suara, dan lain-lain dikirim ke otak melalui mekanisme penerjemahan sel-sel rambut oleh gerakan kupula. Jadi meskipun *linea lateralis* bukan organ pendengaran, namun dapat mendeteksi gelombang yang diakibatkan oleh suara. Respon sistem *linea lateralis* terhadap gelombang suara sangat besar. Ikan dapat mendeteksi gelombang suara pada frekuensi yang lebih rendah dari 1 hertz, yakni 100-200 hertz, tergantung spesies. Pendengaran manusia memiliki kisaran 50-15.000 hertz.

Bunyi yang lewat melalui air menimbulkan variasi tekanan di dalam air. Sistem *linea lateralis* hanya dapat mendeteksi suara yang mempunyai frekuensi rendah (160-200 Hz). Banyak jenis ikan yang saling berkomunikasi dengan menggunakan bunyi frekuensi rendah. Sistem gurat sisi mempunyai peranan penting dalam komunikasi tersebut (Moyle & Cech, 1988 dalam Pubanyanto *et al.*, 2010).

Selain sistem *linea lateralis*, suara atau bunyi yang dihasilkan oleh ikan dan fauna laut didengar atau “ditangkap” oleh sesamanya, karena adanya struktur air laut dan zona-zona yang berbeda di dalam laut, yang ternyata menghasilkan suatu jalur, kanal, atau koridor yang berfungsi sebagai channel untuk mengirim suara atau bunyi yang baik antara fauna penghuni lautan.

Lautan mempunyai sifat fisika dan kimia yang berbeda dari permukaan hingga laut dalam. Radiasi matahari yang menerpa permukaan laut, ditambah gaya gravitasi dan coriolis mengakibatkan sifat air laut bervariasi dan struktur air laut berlapis-lapis. Radiasi matahari menyebabkan suhu di permukaan lautan dan suhu di kedalamannya berbeda. Radiasi matahari hanya mampu menembus kedalaman air laut sekitar 200 m, bahkan pada kedalaman 100 m, cahaya matahari sudah mulai berkurang. Karena itu, pada kedalaman > 200 m, wilayah lautan merupakan suatu lingkungan yang gelap gulita sepanjang masa. Radiasi matahari pada permukaan laut juga memengaruhi penguapan dan salinitas air laut di permukaan. Sedangkan gravitasi bumi menyebabkan air mempunyai berat yang membebani dan menekan air di bagian yang lebih dalam, sehingga tekanan semakin tinggi pada air laut yang dalam. Sementara gaya coriolis menggerakkan air secara terus-menerus sehingga di bagian samudera yang sangat dalam dan gelap gulita pun masih ada kehidupan. Kombinasi perubahan ini semuanya berpengaruh dan menjadikan lingkungan dalam laut yang khas, baik fisik, kimia, maupun biologi.

Salah satu lingkungan dalam air laut yang khas dalam hal fisik adalah suatu ruang, channel, terusan, jalur, kanal, atau koridor yang berupa air laut dengan sifat sangat lambat dalam merambatkan gelombang suara atau bunyi, yang dikenal dengan nama SOFAR (*Sound Fixing And Ranging*) channel atau kanal SOFAR. Di atas dan di bawah kanal SOFAR ini, gelombang suara merambat dengan kecepatan yang tinggi. Suara merambat cepat pada lapisan yang bersuhu tinggi dan bertekanan tinggi. Pada lapisan dekat permukaan laut, suhu air laut paling panas dibandingkan dengan bagian lain karena radiasi matahari. Pada bagian laut dalam, tekanan air sangat tinggi karena beban volume air di atasnya.

Perubahan sifat fisika dan kimia mengakibatkan terjadinya struktur pelapisan air karena suhu, salinitas, tekanan, dan sebagainya. Salah satu akibatnya adalah terjadinya struktur lapisan air yang mempunyai sifat sangat lambat dalam merambatkan gelombang suara yang dikenal sebagai kanal SOFAR. Kecepatan rambat gelombang suara mengalami perlambatan dengan turunnya temperatur sebesar 4 meter/detik setiap turun 1°C, dan mengalami percepatan bersamaan dengan kenaikan tekanan atau kedalaman sebesar

1 meter/detik setiap turun sedalam 100 meter. Demikian pula setiap kenaikan salinitas 1 ‰ mengakibatkan turunnya kecepatan perambatan suara 1 m/detik. Kombinasi dari hubungan beberapa parameter inilah yang menyebabkan terjadinya suatu ruang di dalam air laut yang mempunyai struktur lapisan kanal SOFAR (Laherrere, 1999; Djamil, 2012).

Di antara lapisan laut bagian atas dan lapisan laut bagian dalam, antara kedalaman 800-1.300 m (pada lokasi tertentu dapat mendekati kedangkalan hingga 175 m) terdapat suatu lapisan berupa kanal SOFAR di mana kecepatan gelombang suara merambat paling lambat. Karena zona kecepatan rendah ini meluas ke mana-mana, namun dibatasi oleh lapisan atas dan bawah, kanal atau saluran ini bisa berfungsi sebagai kanal untuk mengirim suara atau komunikasi yang baik antara ikan, reptil, dan mamalia penghuni lautan. Suara yang dipancarkan oleh fauna di lautan yang berenang pada kedalaman 200-1.000 m akan bergerak melengkung hingga masuk pada kawasan kanal SOFAR dan “terperangkap” di situ serta bergema hingga jarak yang amat sangat jauh hingga seantero samudera. Maka boleh jadi fauna yang bermigrasi global di dalam lautan bisa saling berkomunikasi satu sama lain dan tidak tersesat dalam perjalanan lintas samudernya. Bisikan dan lengkingan paus kepada anggota kawanan paus yang lain dapat terdengar hingga ratusan, bahkan ribuan kilometer melalui kanal SOFAR ini (Djamil, 2012).

Melalui kanal ini juga fauna laut dapat mendeteksi bahaya dan menyampaikan kepada sesamanya. Ketika terjadi tsunami yang menghancurkan desa dan kota di pesisir dan menewaskan ribuan penduduk, tidak ditemukan ikan, mamalia, atau reptil yang mati tersapu oleh gelombang tsunami. Kemungkinan fauna lautan tersebut mendeteksi bunyi yang terjadi di dalam laut, seperti gempa, retakan bawah laut, longsor, atau letusan gunung di dalam laut yang menimbulkan tsunami melalui kanal SOFAR. Atau komunikasi yang disampaikan oleh sesamanya yang dirambatkan melalui kanal SOFAR, sehingga fauna tersebut dapat menghindari dari bahaya.

Sebuah ledakan kecil dari sebuah sumber suara yang diledakkan di dalam kanal SOFAR di lepas pantai San Francisco, suaranya akan dapat tertangkap oleh hidrofons (seperti mikrofon sensitif yang dipasang dalam air) yang diletakkan pada kedalaman di kanal SOFAR di Hawaii yang berjarak 4.025 km, hampir separuh Lautan Pasifik. Suatu eksperimen pernah dilakukan untuk menguji seberapa jauh gelombang suara ini bisa diterima. Dinamit TNT seberat 130 kg diledakkan pada kedalaman tertentu di lepas pantai Perth, Australia barat pada Lautan Hindia. Beberapa stasiun penerima yang dilengkapi hidrofons di berbagai tempat dunia dipasang untuk memonitornya. Stasiun di Bermuda yang berjarak 20.000 km dan pada Lautan Atlantik ternyata dapat menangkap sinyal suara tadi 3,7 jam kemudian. Percobaan lain yang mirip dengan tujuan mengukur temperatur lautan menggunakan gelombang suara (*acoustic thermometry*), dan diberi nama *Heard Island Feasibility Test (HIFT)*, dilakukan oleh Dr. Munk pada tahun 1991. Percobaan ini dilakukan dengan meletakkan sumber gelombang suara di sebuah pulau kecil di dekat Benua Antarktika, di antara Benua Afrika dan Australia. Sebanyak 17 stasiun dari 19 stasiun yang dipakai untuk memonitor di lima samudera berhasil menangkap sinyal yang dipancarkan dari pulau kecil tadi, termasuk stasiun hidrofons yang berada di pantai barat Amerika di Lautan Pasifik maupun di pantai timur Amerika di Lautan Atlantik (Djamil, 2012).

Kanal SOFAR telah dimanfaatkan dalam bidang militer pada Perang Dunia II. Kapal-kapal selam Angkatan Laut (AL) Amerika Serikat (AS) menggunakan kanal SOFAR untuk berkomunikasi. Kanal ini juga digunakan oleh militer AS untuk menemukan pilot yang jatuh di laut lepas. Pilot yang terjatuh di tengah laut bebas akan menenggelamkan bahan peledak yang dibiarkan tenggelam dan meledak pada kedalaman laut di mana terdapat kanal SOFAR. Gelombang suara yang terjadi di kanal SOFAR akan merambat sangat jauh hingga diterima stasiun hidrofons penerima di kapal selam, kapal perang, atau di darat. Dengan cara triangulasi, suara yang ditangkap oleh sedikitnya tiga stasiun hidrofons akan dapat menentukan lokasi di mana pilot tadi terkatung-katung di tengah lautan bebas. Angkatan Laut AS juga menggunakan kanal SOFAR untuk mendeteksi dan mengintai posisi kapal-kapal selam milik Rusia (dulu

Uni Sovyet) yang berlayar ribuan kilometer jauhnya dengan menggunakan sistem mikrofon bawah air (hidrofon) dari sistem SOSUS (*US Navy Sound Surveillance System*).

Dalam bidang biologi laut, Christopher Clark, seorang ahli paus dan Direktur Program Riset Bioakustik di Cornell University, menggunakan jaringan global hidrofon untuk keperluan riset oseanografi. Hidrofon yang "menguping" rambatan suara di lapisan kanal SOFAR ini membuka dunia baru bagi Christopher Clark dan tim risetnya. Ikan-ikan dan hewan mamalia laut telah menggunakan kanal ini untuk saling berkomunikasi jarak jauh dalam perjalanan migrasi keliling atau lintas samudera. Maka, tidak mengherankan apabila para pelaut atau nelayan menandai muncul atau perginya lumba-lumba atau ikan-ikan tertentu sebagai isyarat tentang baik buruknya kondisi laut dalam beberapa jam ke depan. Ini karena mamalia laut seperti lumba-lumba mendapat "telepon" peringatan lebih dahulu dari kawanan lumba-lumba lain atau dari "kebisingan" gemuruh badai laut yang sedang berjalan ke arahnya. Telekomunikasi fauna laut ini dipahami telah menggunakan kanal SOFAR (Djamil, 2012).

Ikan, mamalia, dan reptil laut seperti penyu mampu berkomunikasi dengan sesamanya hingga ribuan kilometer untuk menginformasikan bahaya, atau mendengar timbulnya bunyi atau suara bising melalui kanal SOFAR. Sebagaimana diketahui, salah satu tanda datangnya tsunami adalah suara abnormal menyerupai suara badai, deru kereta api, truk besar, helikopter, suara drum band, roket yang mendesing, dan suara ledakan. Jenis suara tersebut dipengaruhi oleh posisi tsunami saat menjalar di pantai yang landai, pantai terjal, atau saat menghantam tebing batu (*clif*) (Shuto, 1998). Karena fauna laut mampu mendeteksi suara atau bunyi tersebut atau berkomunikasi dengan sesamanya melalui kanal SOFAR, maka setiap tsunami tidak ditemukan fauna-fauna tersebut mati terdampar digulung gelombang tsunami. Fauna berukuran raksasa seperti paus atau fauna "lemah-lembut" seperti penyu jika digulung gelombang tsunami, maka kemungkinan besar akan tewas. Gelombang tsunami yang besar dapat menggulung hewan-hewan tersebut hingga ratusan meter ke daratan, belum lagi harus terbentur dengan batu, pepohonan, atau bangunan di pantai.

Bagaimana dengan ikan tuna, ikan hiu, paus, dan lumba-lumba yang terdampar, terjebak masuk di teluk, atau kanal sempit yang menyebabkannya tewas?. Diduga fauna tersebut mengalami disorientasi karena berbagai aktivitas di lautan yang dapat merambatkan bunyi di kanal SOFAR. Berbagai bunyi dan suara di dalam laut, seperti kapal selam, bom ikan, gelombang suara yang berasal dari survei seismik, pembangunan di dalam laut, alur pelayaran, ledakan dan kecelakaan kapal di laut, di antaranya akan merambat di kanal SOFAR dan ini diduga mengganggu komunikasi sesama fauna.

E. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI RUAYA

Ikan melakukan ruaya pemijahan, ruaya ke daerah makanan dan pembesaran, dan ruaya pengungsian tidak terlepas dari beberapa faktor yang memengaruhinya. Ruaya ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor eksternal atau luar dan faktor internal atau dalam. Faktor eksternal adalah faktor lingkungan yang secara langsung atau tidak langsung berperan dalam aktivitas ruaya ikan. Faktor internal adalah faktor yang terdapat di dalam tubuh ikan, misalnya sekresi kelenjar hormon dan lain-lain yang berhubungan dengan faktor luar tadi (Effendie, 1978; 1997; Kanton & Mallawa, 2016).

Terkait dengan faktor eksternal atau faktor luar dikenal istilah taksis (*taxis*), respons taksis, atau gerak taksis. Taksis adalah gerakan sebagai respon terhadap rangsangan dari luar. Istilah lain yang maknanya sama di antaranya kinesis dan tropisme. Kinesis adalah gerakan organisme sebagai respon terhadap suatu rangsangan yang bergantung pada kecepatan gerak dari intensitas rangsangan, sedangkan tropisme adalah pertumbuhan suatu organ sebagai respon terhadap rangsangan luar (Martin, 2012). Istilah taksis juga kemudian digunakan untuk menjelaskan gerakan ikan karena rangsangan luar. Secara sederhana taksis didefinisikan sebagai pergerakan pada ikan yang disebabkan oleh pengaruh faktor luar yang menjadi perangsang. Pada ikan, taksis ini erat sekali berhubungan dengan ruaya. Sebab-sebab menjadi sumber

pengaruh dalam pergerakan ini banyak, namun kesemuanya dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: (1) alimetal taksis (trophotaksis), (2) sensori taksis, dan (3) reproduktif taksis (Tabel 59).

Tabel 59. Klasifikasi taksis dan perangsangnya

Kelompok Gerakan	Nama Gerakan	Perangsang
Alimetal taksis (Trophotaksis)	1. Bromotaksis 2. Branchiotaksis 3. Thermotaksis	• Nutrisi • Pernapasan • Suhu
Sensori taksis	1. Phototaksis 2. Chomotaksis a. Halotaksis b. Osmotaksis 3. Rheotaksis	• Cahaya • Garam-garam terlarut • Bau dari obyek yang terendam (makanan) • Arus
Reproduktif taksis	1. Gamotaksis	• Lawan jenis

Sumber: Effendie (1997)

Bromotaksis adalah trophotaksis yang membuat ikan mencari tempat dimana makanan melimpah. Desakan demikian mudah menjadi kelompok ruaya terutama pada ikan pemakan plankton yang mencari tempat atau strata karena plankton melimpah disebabkan kondisi cahaya atau suhu. Kumpulan taksis pada tiap-tiap ikan pemakan plankton dapat menarik ikan melakukan ruaya, baik horisontal maupun vertikal. Ikan-ikan buas yang memburu dan mencari mangsa yang melarikan diri, maka keinginan dari ikan buas juga dikategorikan bromotaksis.

Branchiotaksis ditandai dengan kebutuhan ikan akan oksigen terlarut dalam air. Contoh demikian misalnya didapatkan pada ikan salmon (*Salmo, Oncorhynchus*) pada waktu musim panas mencari tempat perairan dingin yang banyak mengandung oksigen terlarut. Ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang bergerak menuju ke tempat atau sumber air yang jatuh atau baru masuk menuju ke kolam yang biasanya banyak mengandung oksigen terlarut.

Thermotaksis terdapat pada ikan-ikan ikan-ikan eurythermik atau eurythermal yang menyukai suhu perairan tinggi atau rendah. Bila di dalam suatu perairan terdapat beberapa lapisan suhu, maka ikan yang menyenangi suhu tinggi akan menuju ke bagian perairan yang bersuhu tinggi. Demikian juga ikan yang menyenangi suhu rendah akan terdapat di lapisan air dengan suhu rendah.

Phototaksis dapat ditemukan pada ikan-ikan yang tertarik cahaya buatan atau cahaya alami sehingga menjadikan ikan tersebut beruaya. Ikan yang tertarik cahaya disebut phototaksis positif, sedangkan phototaksis negatif adalah ikan yang menghindarkan diri dari cahaya buatan atau cahaya alami. Cahaya merangsang ikan dan menarik ikan untuk berkumpul pada sumber cahaya, atau karena rangsangan cahaya (*stimulus*), ikan lalu memberikan responsnya. Respons yang terjadi pada ikan terhadap rangsangan cahaya yang diberikan tergantung pada sifat cahaya tersebut. Ikan pada umumnya lebih menyukai cahaya yang tenang dan terang, cahaya yang tidak tenang (*flickering light*) seperti cahaya petir, lampu senter, dan *flash light* yang dihidup-matikan justru akan menakutkan atau setidaknya mengganggu syaraf ikan (Waluyo, 1972 dalam Purbayanto *et al.*, 2010).

Ikan-ikan nokturnal adalah phototaksis negatif, seperti ikan lele (*Clarias*), sidat (*Anguilla*), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), belut (*Monopterus albus*), dan sebagainya. Penangkapan ikan-ikan tersebut berhasil dilakukan pada malam hari ketika bulan gelap. Pada siang hari atau pada malam hari ketika terang bulan, ikan-ikan tersebut bersembunyi dan hanya sesekali keluar memburu mangsa yang mendekat. Ikan sidat melakukan ruaya katadrom pada malam hari ketika bulan gelap.

Osmotaksis adalah ikan yang tertarik pada bau yang dikeluarkan oleh benda-benda yang terendam dalam air terutama yang baik untuk dimakan. Misalnya bau yang dikeluarkan oleh darah hewan atau manusia

menyebabkan ikan hiu atau ikan piranha ke arah sumber yang mengeluarkan darah tadi. Halotaksis ditemukan pada ikan-ikan peruaya seperti ikan salmon dan ikan sidat.

Rheotaksis adalah pergerakan ikan disebabkan oleh tertarik pada arus, baik arus alami seperti arus laut dan aliran air sungai, maupun arus atau aliran air buatan. Ikan-ikan sungai seperti ikan mas dan ikan batak (*Tor*, *Neolissochilus*) menyukai sungai yang mengalir. Ikan-ikan pelagis dan perenang cepat seperti tuna (*Thunnus*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), bobara (*Caranx*), dan sebagainya biasanya berenang mengikuti atau melawan arus. Ikan-ikan rheotaksis adalah juga ikan-ikan yang tergolong branchiotaksis.

Gamotaksis adalah ikan betina yang gonadnya masak benar akan menarik ikan-ikan jantan terutama terjadi pada musim pemijahan. Namun, sifat menarik lawan jenis berhubungan dengan pemijahan juga terjadi pada ikan jantan. Misalnya pada ikan belut, dimana induk jantan akan membuat lubang berbentuk "U" di bagian yang dangkal serta menyusun busa (buih) yang dikeluarkannya di depan salah satu ujung sarangnya dan menunggu kedatangan induk betina. Busa ini diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Pemijahan akan terjadi bila induk betina mendatangi lubang induk jantan.

Taksis merupakan faktor yang sangat berperan dalam ruaya ikan dan pengaruh lingkungan menentukan ruaya tersebut. Taksis berperan mengarahkan ikan melakukan ruaya, apakah ruaya yang dilakukan berlangsung sementara, misalnya hanya mencari atau memburu mangsa, atau ruaya berlangsung lama, seperti ruaya pemijahan pada ikan sidat dan salmon.

Untuk ikan yang hidup di daerah empat musim, suhu perairan yang berubah secara gradual memaksa ikan mendeteksi dan beradaptasi pada perubahan yang terjadi. Ikan mempunyai kesanggupan mendeteksi perubahan suhu walaupun tidak ada organ thermoreceptor khusus. Kenaikan dan penurunan suhu perairan merupakan rangsangan alami pada ikan untuk mengadakan persiapan ruaya, dan responsnya adalah bentuk ruaya. Ikan yang mengadakan ruaya pada awal musim panas untuk berpijah, sejak awal musim semi dimana suhu perairan sudah mulai sedikit naik, ikan-ikan tersebut sudah mulai mengadakan persiapan. Demikian juga ikan yang mengadakan ruaya *overwintering* jika persyaratan lainnya sudah dipenuhi, perubahan suhu yang besar merupakan tanda bagi ikan untuk mulai mengadakan ruaya.

Di daerah tropis, ikan-ikan juga dapat mendeteksi perubahan suhu air yang memberi rangsangan pada ikan untuk melakukan ruaya ke daerah makanan. Ikan-ikan yang mencari makanan di siang hari biasanya makan ketika air agak hangat, antara 27-29 °C. Jika suhu mengalami penurunan karena hujan yang berkepanjangan, maka ikan tidak menuju ke daerah makanan. Penurunan suhu menyebabkan ikan tidak beruaya ke daerah makanan.

Salah satu sifat fisika selain suhu adalah intensitas cahaya matahari yang juga memegang peranan penting sebagai stimulus alami bagi ikan yang melakukan ruaya. Pengaruh yang jelas dari faktor cahaya yaitu terdapatnya ikan-ikan yang melakukan ruaya vertikal ke daerah makanan bagi ikan-ikan laut. Migrasi harian (diurnal) pada ikan tuna (*Thunnus*) dilakukan secara vertikal terjadi pada daerah rumpon yang tempatnya tidak berpindah-pindah. Biasanya ikan tuna melakukan migrasi vertikal untuk mencari makan di daerah rumpon pada pagi hari. Artinya, cahaya matahari pagi menjadi perangsang bagi ikan tuna maupun ikan-ikan laut lainnya mencari makan. Cahaya matahari juga menjadi pengarah bagi perjalanan ikan dalam melakukan ruaya. Percobaan pada ikan bas putih (*Roccus chrysops*) di Danau Mendota menunjukkan bahwa ikan-ikan ini dapat memperkirakan ketinggian matahari, dan demikian dapat menempuh perjalanan yang lurus.

Ikan salmon yang mencapai dewasa di lautan akan kembali ke sungai asalnya untuk berkembangbiak. Dari suatu percobaan di Kanada, lebih dari 400.000 ikan salmon diberi tanda tertentu sebelum ikan-ikan ini bermigrasi ke laut. Dan dari jumlah tersebut 11.000 ekor ditemukan kembali ke sungai asalnya, dan

tidak satu ekor pun yang ditemukan di sungai lain. Di laut, ikan-ikan salmon berpencar, dan dari Sungai Fraser ditemukan mulai dari pantai Pasifik Amerika Utara sampai ke pulau-pulau Aleut, sehingga timbul pertanyaan bagaimana ikan-ikan ini dapat menemukan jalan ke sungai asalnya. Penelitian menunjukkan bahwa, ikan salmon memperoleh petunjuk dari matahari dari apa yang disebut cara kompas matahari atau navigasi angkasa.

Air hujan yang menimbulkan arus, perubahan salinitas, dan dapat menyebabkan perubahan tinggi permukaan perairan dapat merangsang ikan untuk melakukan ruaya. Ikan penghuni danau yang mengadakan ruaya ke hulu sungai, jika ada aliran air yang baru yang berasal dari air hujan, maka ikan akan beruaya ke arah datangnya arus. Demikian juga ikan-ikan yang berada di rawa akan beruaya ke arah datangnya air baru. Tetapi ada pula terjadi sebaliknya dimana pada waktu air menjadi tinggi, ikan-ikan yang telah melakukan ruaya pengungsian akan kembali ke daerah makanan yaitu danau yang telah ditinggalkan.

Tidak hanya ikan air tawar, ikan layang atau sorihi (*Decapterus*) akan melakukan ruaya jika terjadi perubahan salinitas dan pola arus. Layang timur adalah ikan layang yang selama musim penghujan akan terdesak oleh kadar garam rendah di Laut Jawa sehingga akan kembali ke arah timur Indonesia. Layang timur ini berasal dari bagian timur Indonesia, Selat Makassar, Laut Banda, dan Laut Flores. Kemungkinan juga ada yang berasal dari laut Lautan Pasifik yang bergerak ke arah selatan lewat Filipina dan memasuki Selat Makassar menuju ke Laut Jawa.

Ikan anadromus yang hidup di laut ketika berpijah akan masuk ke dalam sungai tempat ikan bersangkutan ditetaskan dengan menentang arus. Percobaan pada chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) dengan menandai ikan-ikan muda di Sungai Columbia, ternyata kemudian ditemukan kembali di Teluk Alaska, dan sebaliknya ikan dewasa yang telah ditandai di Teluk Alaska tersebut ditemukan kembali ke Sungai Columbia tadi (Gunarso, 1985). Beberapa percobaan menunjukkan bahwa ikan-ikan ini dapat memperkirakan ketinggian matahari, sehingga dapat menempuh perjalanan yang lurus. Namun, pada ikan salmon timbul masalah lain, yaitu cara menemukan anak sungai yang menuju ke tempat ikan tersebut dahulu menetas. Beberapa percobaan cerdas dilakukan oleh Dr. Arthur Hassler menunjukkan bahwa ikan salmon mempunyai daya cium yang sangat tinggi sehingga dapat mengenali bau dari tempat menetas dahulu. Pada suatu percabangan sungai, ikan-ikan tertentu akan memilih cabang-cabang sungai yang sama, terkecuali bila lubang hidungnya ditutup dengan kapas mentah yang menyebabkan ikan-ikan tersebut akan memilih cabang secara sembarangan (Anonim, 1989).

Hipotesis mengenai bau air tempat ikan sewaktu masih kecil dapat dikenali oleh ikan itu pada beruaya, merupakan hal yang penting walaupun mekanismenya belum diketahui benar. Mengenai bau air yang dipakai ikan anadromus beruaya dalam memilih cabang-cabang sungai yang benar sehingga ikan dapat sampai ke tempat pemijahan. Dari beberapa bau-bauan zat organik yang terdapat dalam sungai hanya morpholine yang dapat dikenal oleh ikan salmon walaupun konsentrasinya 1×10^{-6} ppm. Kalau dari cabang sungai yang tidak dilalui ruaya ikan diberi larutan ini, ikan salmon akan masuk juga ke cabang sungai tadi berarti bahwa ikan itu menggunakan alat indera (hidung) sebagai alat yang digunakan dalam ruaya. Kebanyakan ikan yang ditutupi hidungnya mengulangi jalan yang sama ketika sampai pada sungai yang bercabang. Sedangkan ikan yang hidungnya ditutup memilih sungai yang dapat dilihat, dengan demikian hidung memegang peranan penting sekali dalam orientasi dan ruaya (Effendie, 1978; 1997).

Hallock *et al* (1970) dalam Effendi (1978) telah melakukan serangkain penelitian tentang ruaya ikan salmon menyatakan bahwa, diduga ikan salmon yang sedang beruaya menggunakan serangkaian tanda-tanda dalam perjalanannya dengan mengenali bau air sungai dan cabang-cabang sungai. Jika ikan salmon dari sungai A dipaksa untuk berpijah di sungai atau telurnya ditetaskan di sungai B, maka ikan itu akan berpijah di sungai B. Ikan salmon yang dihalang-halangi masuk ke sungai tempat ikan tersebut ditelurkan

maka cepat atau lambat ikan akan pergi dari daerah yang dihalang-halangi itu dan akan berpijah di mana saja.

Kemampuan ikan salmon mengenali bau sungai karena penciuman ikan sangat sensitif terhadap bahan-bahan organik maupun anorganik yang dapat dikenal melalui indra penciuman. Menurut Purbayanto *et al.* (2010) bahwa percobaan yang dilakukan untuk membuktikan adanya hubungan antara tingkah laku ikan dengan daya penciuman dihubungkan dengan ruaya tahunan maupun ruaya selama fase memijah. Percobaan yang dilakukan sebagai berikut: (a) apabila organ visual pada ikan salmon yang sedang memijah rusak maka ikan tersebut dapat kembali ke tempat lokasi semula walaupun telah mengalami ruaya berbulan-bulan atau bertahun-tahun; (b) apabila organ penciuman rusak, ikan salmon yang akan memijah tidak dapat lagi ke tempat semula; (c) percobaan yang dilakukan di Washington University dengan menggunakan elektro encephalografi yaitu alat pencatat gelombang otak, ternyata ikan salmon mempunyai reaksi yang baik terhadap air yang berasal dari syarafnya.

Dari percobaan-percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa indra penciuman umumnya adalah yang paling sensitif bagi ikan. Indra penciuman inilah yang membantu ikan salmon menemukan kembali tempat asalnya, dengan mengenali bau bahan-bahan organik maupun anorganik.

Ikan juga mempunyai sinyal kimia yang dinamakan allomon dan feromon, bahan kimia yang disekresi dan disampaikan ke reseptor pembau dengan reaksi yang spesifik. Allomon adalah perantara kimia dengan adaptasi pada anggota spesies yang tidak sama, berfungsi untuk menyerang atau pertahanan. Sebaliknya feromon bereaksi cepat di antara individu dalam spesies yang sama. Baik allomon maupun feromon memicu respons tingkah laku yang relatif cepat. Fungsi feromon ikan dapat dibagi tiga, yakni: (1) sebagai alarm dan pengenalan spesies; (2) untuk pengenalan seks dan perubahan tingkah laku seksual; dan (3) untuk pengenalan wilayah (Fujaya, 2004).

Orientasi pulang salmon dewasa untuk memijah pada dasarnya juga dipengaruhi oleh feromon. Feromon merupakan penggerak bagi smolt (larva salmon) selama migrasi *down stream* di sungai dan di laut selama musim semi dan musim panas. Feromon yang digunakan dalam ruaya diproduksi oleh hati dan dilepaskan ke lingkungan melalui empedu dan feses. Selama bermigrasi ke laut, smolt merekam ciri-ciri bau khusus sepanjang rute perjalanannya pada elektroencephalogram yang terdapat pada indra pembau. Bau ini diduga bukan hanya dari feromon, tetapi juga bau tanah dan tumbuhan yang dijumpai. Selanjutnya, orientasi ruaya kembali dan seleksi sungai tergantung pada pengenalan karakter bau air yang terekam selama ruaya ke laut pada fase smolt (Fujaya, 2004).

Sebelum ikan melakukan ruaya pada umumnya sudah ada persiapan yang bergantung pada kondisi tubuhnya dan perubahan kondisi sekelilingnya. Ikan akan melakukan ruaya pemijahan apabila gonadnya sudah mencapai tahap tertentu, kondisi tubuhnya baik, persediaan lemak cukup dan juga terhadap aktivitas kelenjar hormon yang berhubungan dengan ruaya, serta adanya rangsangan alami sebagai tanda. Persiapan-persiapan itu mempunyai arti untuk ikan tersebut karena selama dalam perjalanan ruaya dibutuhkan banyak energi, sedangkan selama perjalanan ruaya itu pula ikan tidak melakukan aktifitas makan (Effendie, 1978; 1997).

Kegiatan ruayanya sendiri dirangsang oleh kerjanya hormon atau kelenjar tiroid (thyroid). Hormon tiroid (tiroxin) yang penting adalah tetraiodoturonin (T_4) dan triiodotironin (T_3). Hormon ini penting dalam pertumbuhan, metamorfosis, dan reproduksi. Secara spesifik tiroxin menambah produksi energi dan konsumsi oksigen pada jaringan yang normal, mempunyai pengaruh anabolik dan katabolik terhadap protein, meningkatkan proses oksidasi tubuh, mempercepat laju penyerapan monosakarida dari saluran pencernaan, meningkatkan glikogenolisis hati, dan diduga mengontrol pelepasan somatotropin, kortikotropin, dan gonadotropin dari hipofisis (Fujaya, 2004). Pada ikan *stickleback*, pengaruh hormon

troxin, TSH, dan hormon tiroid yang berfungsi sebagai zat pemblokir kesukaan terhadap salinitas, ketika konsentrasinya ditambah akan merangsang ikan menjadi lebih suka kepada perairan tawar. Pada musim gugur terjadi sebaliknya, aktifitas hormonnya menjadi rendah dan ikan beruaya ke air bersalinitas tinggi. Tetapi pada ikan salmon, aktifitas kelenjar hormon tiroid berhubungan dengan penambahan kesukaan terhadap air yang bersalinitas tinggi. Jadi kegiatan kelenjar tiroid pada kedua spesies ikan itu ternyata berlawanan. Hal ini menunjukkan bahwa kelenjar tiroid tadi secara langsung tidak terlibat dengan kegiatan ruayanya sendiri melainkan dengan aktifitas metabolisme dan kesetimbangan klorida (Effendie, 1978; 1997).

Dalam melakukan ruaya, terutama ikan anadromus dan katadromus, ikan harus melakukan adaptasi tubuh terhadap salinitas, antara lain dilakukan oleh kulit, ginjal, insang, dan saluran pencernaan. Ikan yang berada dalam perairan bersalinitas tinggi, permeabilitas kulitnya terhadap air atau garam rendah sekali. Permeabilitas yang terdapat pada insang bagi ikan merupakan suatu keuntungan ketika menyesuaikan diri dengan medium baru. Luasnya permukaan insang juga membantu ikan dalam pernapasan pada waktu terjadi pengenceran medium.

Ikan yang memasuki perairan tawar memerlukan filtrasi glomerular atau gromelurus dan pengeluaran urin untuk mengimbangi air yang masuk melalui kulit dan pengisapan kembali garam-garam oleh ginjal, merupakan hal yang penting. Selain mengekskresikan sebagian besar produk akhir metabolisme tubuh, ginjal juga berfungsi mengatur konsentrasi cairan tubuh. Filtrasi dapat terjadi pada glomerular karena jaringan kapiler glomerular merupakan jaringan bertekanan tinggi.

Bila ikan menuju ke laut pengeluaran kotoran melalui ginjal dikurangi untuk menambah konsentrasi cairan dalam tubuh karena ada tendensi air akan merembes keluar. Sedangkan insang bertanggungjawab baik untuk pemasukan maupun pengeluaran garam ketika ikan berada di air tawar atau air laut. Sel pengatur garam yang terdapat pada filamen insang dapat menyesuaikan dengan cepat kepada keadaan perubahan ke perairan tawar yaitu dalam waktu 4 jam. Sedangkan perubahan kepada perairan asin memerlukan waktu 7-9 jam (Effendie, 1978; 1997). Menurut Vickers bahwa, kontribusi insang dalam ekskresi garam dicirikan dengan adanya epitel ekskresi garam. Struktur tersebut merupakan penghalang yang terletak di antara pembawa garam, air, dan bagian tengah filamen insang yang disusun oleh dua sampai delapan lapisan sel. Ada empat tipe sel utama yang telah ditentukan, yaitu sel epitel permukaan tipe squamous, sel yang tidak terdeferensiasi, sel globlet mukus, dan sel-sel yang kaya mitokondria (dikenal sebagai sel klorida). Setiap tipe sel tersebut dipostulasikan sebagai situs ekskresi ionik (Conte, 1969 dalam Affandi & Tang, 2017).

Persiapan ikan untuk ruaya pengungsian terutama ditujukan untuk dapat melangsungkan pengungsian itu berhasil dengan baik. Untuk ikan yang berada di daerah bermusim empat, ruaya *overwintering* dipersiapkan dengan kondisi badan yang baik serta kandungan lemak yang cukup, karena selama dalam pengungsian musim dingin itu ikan tidak makan. Tetapi ruaya ini masih memerlukan syarat yang lain untuk memulainya, yaitu penurunan suhu dari perairan itu. Ikan baru mulai bergerak jika suhu perairan mengalami penurunan sebagai tanda datangnya musim dingin.

Ruaya pengungsian untuk menghindarkan diri dari perubahan lingkungan yang ekstrem, khususnya perubahan musim telah menjadi rutinitas, sehingga memungkinkan ikan dapat melakukan persiapan dengan baik. Ikan juga mempunyai kesempatan untuk mengikuti proses perubahan, yang memungkinkan ikan dapat mengungsi atau tidak. Sebangsa ikan teri yang mengandung lemak sebanyak 14 % dari berat tubuhnya tidak melakukan ruaya *overwintering* walaupun suhu perairan turun banyak. Apabila kandungan lemak pada tubuh antara 14-17 % ikan akan melakukan ruaya, tetapi diperlukan suhu perairan antara 9-12 °C. Apabila kandungan lemak dalam tubuh ikan mencapai 22 %, penurunan suhu yang tidak begitu besar menyebabkan ikan tidak melakukan ruaya (Nikolsky, 1963).

Di perairan tropik, ikan yang hidup di rawa-rawa atau anak-anak sungai akan beruaya ke bagian perairan yang volume airnya besar ketika terjadi kemarau panjang. Ikan belut (*Monopterus albus*) yang berada di sawah akan beruaya menuju ke saluran irigasi atau sungai ketika pasokan air di sawah terus menyusut karena kemarau. Ikan-ikan labirin bahkan ditemukan di atas tanah kering bergerak menuju ke perairan yang mempunyai volume air besar.

Ruaya ikan tidak selalu dipersiapkan, terutama jika kondisi perairan berubah secara mendadak, sehingga tidak ada kesempatan ikan untuk melakukan persiapan. Misalnya ada angin ribut, gelombang tsunami, pencemaran tiba-tiba, ledakan di sekitarnya, letusan gunung yang masuk ke dalam perairan, dan sebagainya. Ikan akan menghindari perairan yang mengalami perubahan ekstrim dengan berenang ke perairan yang lebih dalam atau lebih tenang.

F. BANGUNAN DI JALUR RUAYA

Ikan salmon di sungai-sungai di wilayah Pasifik Barat Laut pernah sangat besar jumlahnya. Pada tahun 1972, sebuah laporan dalam *National Geographic* mengisahkan betapa ruaya salmon *sockeye* tampak seperti gelombang demi gelombang ikan berkejar-kejaran di sungai-sungai. Ikan salmon di sungai demikian banyaknya sehingga orang dapat berjalan di punggungnya untuk menyeberang sungai itu. Kini habitat salmon sudah rusak, ruaya terhambat, dan penangkapan ikan itu sudah melampaui batas (Frank, 1996).

Besarnya ruaya ikan salmon yang digambarkan oleh Frank merupakan ruaya pemijahan ikan salmon, yang secara alami akan melakukan ruaya anadromus masuk ke sungai atau air tawar untuk melakukan pemijahan. Ruaya pemijahan juga dilakukan oleh ikan sidat yaitu ruaya katadromus atau menuju ke laut untuk melakukan pemijahan. Ruaya ikan salmon dan ikan sidat adalah ruaya yang berhubungan dengan reproduksi untuk regenerasi. Ruaya kedua ikan tersebut berlangsung dalam skala besar dan sekaligus berpindah habitat. Karena jumlah ikan yang melakukan ruaya dalam skala besar dan musim tertentu, maka kemungkinan ikan mengalami ancaman sangat besar, terutama penangkapan yang dilakukan dalam skala besar sehingga mengancam kelestarian ikan tersebut.

Di perairan Indonesia tidak ditemukan ikan salmon. Di perairan Indonesia terdapat sekitar 8 spesies sidat, yaitu *Anguilla ancestralis*, *A. celebesensis*, *A. marmorata*, *A. bicolor*, *A. borneensis*, *A. australis*, *A. nebulosa*, dan *A. mossambica*. Nontji (1987) menyebut 9 spesies sidat di perairan Indonesia, Romimohtarto & Juwana (2004) menyebut 8 spesies, sedangkan Kottelat *et al.* (1993) mengidentifikasi ada 5 spesies, yaitu: *A. bicolor*, *A. borneensis*, *A. celebesensis*, *A. marmorata*, dan *A. nebulosa*. Namun spesies yang paling banyak ditangkap di perairan Indonesia adalah *A. bicolor* (*A. spengeli*, *A. australis*) yang populer sebagai sidat Indonesia atau sidat anjing, dan *A. marmorata* (*A. mauritiana*) yang disebut sidat kembang atau uling kembang. Spesies *A. bicolor* dan *A. marmorata* inilah yang dibudidayakan di Indonesia. Sedangkan spesies *A. borneensis* dan *A. celebesensis* merupakan sidat endemik di Kalimantan dan Sulawesi. Sementara spesies *A. marmorata* merupakan sidat kosmopolitas dengan sebaran di seluruh perairan tropis. Spesies *A. marmorata* dikenal sebagai sidat taiwan.

Di Indonesia, sidat hidup di sungai-sungai yang bermuara di laut-laut yang dalam, seperti pesisir barat Sumatera, Selatan Jawa, timur Kalimantan, Sulawesi, Bali, Maluku, Papua/Irian Jaya, tetapi hampir tidak dikenal sama sekali di sungai-sungai yang bermuara di laut-laut yang dangkal di Paparan Sunda karena mungkin larvanya tidak bisa mencapainya.

Dalam melakukan ruaya, ikan sidat menuju ke laut. Wilayah yang menjadi “jalan” yang menghubungkan air laut dan air tawar adalah sungai yang merupakan salah satu perairan umum yang mempunyai banyak fungsi karena itu banyak sekali aktivitas manusia dilakukan sungai dan air tawar lainnya. Tentu aktivitas manusia ini, langsung atau tidak langsung dapat mengganggu atau memengaruhi ruaya sidat menuju ke laut, atau sebaliknya ruaya anak sidat menuju ke air tawar.

Ikan yang melakukan ruaya dengan menggunakan sungai sebagai jalan masuk ke luar sungai atau air tawar, tidak hanya sidat yang merupakan ikan peruaya jauh dan antar habitat (air laut dan air tawar), tetapi ada juga ikan laut dan ikan air tawar yang lain. Ikan sungai dapat melakukan ruaya dari hilir ke hulu atau sebaliknya di dalam sungai. Ada juga spesies ikan air tawar yang beruaya hingga ke muara sungai. Demikian juga ikan laut dapat beruaya ke muara sungai atau masuk ke sungai untuk mencari makan. Tabel 60 disajikan jenis-jenis ikan yang beruaya di Sungai Opak Oya.

Tabel 60. Jenis-jenis ikan yang beruaya di Sungai Opak Oya

Ordo	Famili	Genus	Spesies	Karakter Ruaya
Cypriniformes	Cyprinidae	Barbonymus	Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	Potamodromus
			Lampan (<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>)	Potamodromus
Siluriformes	Clariidae	Clarias	Lele (<i>Clarias batrachus</i>)	Potamodromus
	Bagarida	Hemibagrus	Keting/baung putih (<i>Hemibagrus nemurus</i>)	Potamodromus
		Hemibagrus	Keting/baung kuning (<i>Hemibagrus planiceps</i>)	Potamodromus
		Mystus	Singaringan (<i>Mystus nigriceps</i>)	Potamodromus
Mugiliformes	Mugilidae	Mugil	Belanak (<i>Mugil cephalus</i>)	Katadromus
Gasterosteiformes	Syngnathidae	Microphis	Sili (<i>Microphis</i> sp)	Anadromus
Perciformes	Gobiidae	Glossogobius	Beloso (<i>Glossogobius giuris</i>)	Amphidromus
	Channidae	Channa	Kotes (<i>Channa gachua</i>)	Potamodromus
			Gabus (<i>Channa striata</i>)	Potamodromus
	Osphronemidae	Trichogaster	Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	Potamodromus
	Centropomidae	Lates	Kakap (<i>Lates calcalifer</i>)	Katadromus
	Terapontidae	Terapon	Terongan (<i>Terapon jarbua</i>)	Katadromus
	Sillaginidae	Sillago	Bojor (<i>Sillago sihama</i>)	Amphidromus
	Gerreidae	Gerres	Kapas-kapas (<i>Gerres kapas</i>)	Amphidromus
	Leiognathidae	Leiognathus	Pethek (<i>Leiognathus splendens</i>)	Amphidromus
	Scatophagidae	Scatophagus	Kiper (<i>Scatophagus argus</i>)	Amphidromus
	Haemulidae	Pomadasys	Krot-krot (<i>Pomadasys hasta</i>)	Oceanodromus
	Carangidae	Caranx	Kuweh (<i>Caranx ignobilis</i>)	Amphidromus
		Caranx	Kuweh (<i>Caranx sexfasciatus</i>)	Amphidromus

Sumber: Riede (2004) dalam Maryono (2008)

Kegiatan manusia di sungai dan di air tawar ditengarai menyebabkan menurunnya populasi dan kepunahan spesies ikan. Penangkapan ikan yang intensif dan tidak selektif, penangkapan dengan penggunaan bahan dan alat tangkap yang destruktif, dan pencemaran ditengarai sebagai faktor utama menurunnya populasi dan kepunahan spesies.

Penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (Ecoton) bekerjasama dengan Perum Jasa Tirta I Jawa Timur pada Juli-Agustus 2011 di Sungai Surabaya, hanya ditemukan 30 jenis ikan di Sungai Brantas, padahal penelitian tahun 1997 yang dilakukan oleh Universitas Brawijaya (UNIBRAW) Malang masih menemukan 50 jenis ikan (Irawati, 2011). Artinya selama sekitar 14 tahun sebanyak 20 jenis ikan mengalami kepunahan di Sungai Surabaya.

Penelitian itu juga menemukan 82 % ikan yang masih bertahan hidup di sungai tersebut berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya wilayah Karangpilang, dari 44 spesies ikan yang terjaring, 37 spesies diantaranya berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya, wilayah Gunung Sari, dari 64 spesies ikan yang tertangkap, sebanyak 42 ekor berjenis kelamin betina. Ikan-ikan itu antara lain bader putih, bader merah, keting, dan rengkik. Spesies-spesies ikan tersebut juga ditemukan di wilayah lain, seperti Kediri, Kertosono, Jombang, Mojokerto, Gresik, dan Sidoarjo. Di semua wilayah tersebut, dari total 410 ikan yang terjaring, sebanyak 337 ekor berjenis kelamin betina. Perbandingan yang ditemukan adalah 1 : 26 untuk ikan jantan dan betina.

Salah satu dugaan terjadinya ketidakseimbangan populasi ikan jantan dan betina ini karena tingginya polutan atau pencemaran. Dugaan ini bisa benar karena ikan-ikan yang ditemukan merupakan ikan yang tahan terhadap pencemaran. Menurut salah satu peneliti, Riska Darmawanti, ikan jendil (*Pangasius* sp) yang di hulu masih makan serangga air, tetapi pada penelitian itu terlihat sudah bisa makan kotoran manusia dan sampah plastik.

Pencemaran menyebabkan menurunnya populasi ikan di air tawar dan perubahan pola ruaya ikan. Pada bulan Mei 2012 ratusan ribu ikan mati di Sungai Surabaya. Kematian itu terjadi karena Sungai Surabaya tercemar limbah pabrik berbahaya yang antara lain berasal dari Pabrik Gula (*Kompas*, 11/07/2012). Pada bulan Oktober 2012 terjadi kematian hingga 60 % ikan-ikan yang dibudidayakan di keramba di Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah. Selain debit air yang sangat kecil karena kemarau panjang, pencemaran air sungai yang disebabkan oleh penambang emas tradisional di bagian hulu sungai menyebabkan kematian ikan budi daya sangat tinggi (*Kompas*, 05/10/2012).

Ikan yang melakukan ruaya dari hilir ke hulu untuk memijah atau sebaliknya akan terganggu oleh pencemaran perairan, sehingga kemungkinan ikan akan mengubah pola ruayanya. Ikan berusaha untuk mendapatkan lingkungan yang masih baik yang memungkinkan untuk melakukan pemijahan, misalnya semakin jauh menuju ke hulu. Ikan-ikan laut yang biasanya beruaya ke muara sungai dan masuk ke sungai untuk mencari makanan kemungkinan tidak masuk lagi ke sungai yang tercemar, baik karena bahan-bahan yang berbahaya maupun menurunnya populasi makanan.

Selain pencemaran, kepunahan spesies ikan tertentu selalu dihubungkan dengan penangkapan yang intensif dan tidak selektif, serta penangkapan dengan penggunaan alat tangkap yang destruktif. Masyarakat, pemerintah, dan ahli belum melihat bahwa ada penyebab lain yang juga signifikan yaitu pembangunan bangunan melintang sungai, seperti bendungan/dam, bendung, cek dam, sabo dam, dam konsolidasi, *ground sill*, dan juga konstruksi fisik hidraulik sejenis lainnya yang tidak memerhatikan kelestarian berbagai fauna air tawar tersebut.

Menurut Maryono (2008) konstruksi bangunan melintang sungai di seluruh pelosok tanah air pada umumnya masih menggunakan tipe bangunan permanen melintang badan sungai, sehingga seluruh tampang sungai tertutup bangunan tersebut. Pembangunan bangunan melintang sungai saat ini hanya menggunakan pendekatan hidraulik murni, dimana bangunan melintang sungai sama sekali tidak memperhitungkan sejauh mana dampaknya terhadap fauna akuatik. Dengan adanya bendung, maka segala jenis fauna akuatik, seperti berbagai jenis ikan yang mempunyai karakteristik migrasi dari hulu ke hilir dan sebaliknya, tidak dapat hidup di wilayah sungai yang bersangkutan, karena rute migrasinya terblokir oleh bendung tersebut. Demikian pula bendungan, cek dam, sabo dam, dam konsolidasi, dan *ground sill* konvensional juga merupakan rekayasa hidraulik murni yang tidak memperhitungkan dampak negatif terhadap perpindahan fauna akuatik.



Gambar 48. Bendungan, salah satu bentuk bangunan yang memblokir rute ruaya ikan

Pembangunan waduk membentuk ekosistem baru, yang bisa disebut sebagai ekosistem waduk yang merupakan ekosistem buatan. Di samping manfaat yang besar, terdapat juga kekurangan dari bangunan waduk/bendungan, di antaranya adalah kerusakan daerah genangan, instabilisasi sedimen sepanjang sungai, dan terhalangnya ruaya atau migrasi ikan dan fauna sungai lainnya. Dengan tinggi bendungan rendah 7-15 m, bendungan sedang 15 – 20 m, serta bendungan tinggi lebih dari 20 m, maka tidak ada kemungkinan berhasilnya ruaya dan perpindahan ikan, benthos makroinvertebrata, atau fauna akuatik lainnya tanpa alat bantu tertentu (Maryono, 2008).

Dengan adanya bendung, maka segala jenis fauna akuatik, seperti berbagai spesies ikan yang mempunyai karakteristik ruaya dari hulu ke hilir atau sebaliknya, tidak dapat hidup di wilayah sungai bersangkutan, karena rute ruayanya terblokir oleh bendung tersebut. Demikian pula bendungan, cek dam, sabo dam, dan konsolidasi, dan *ground sill* konvensional juga merupakan rekayasa hidraulik murni yang tidak memperhitungkan dampak negatif terhadap ruaya dan perpindahan fauna akuatik.

Tabel 61. Kondisi habitat mikro ikan di Sungai Batang Kandis, Padang, Sumatera Barat berdasarkan Kriteria Kesesuaian Habitat (*Habitat Suitability Criteria* = HSC) (Salmah *et al.*, 2001)

Spesies	Usia	Habitat Mikro			
		Kedalaman air (m)	Kecepatan air (m/dt)	Substrat	Naungan
Betok (<i>Anabas testudineus</i>)	Muda	0,4 – 1,0	0,05 – 0,06	Pasir, geluh, lempung	Vegetasi riparian
	Dewasa	0,6 – 1,5	0,05 – 0,08	Pasir, geluh, lempung	Vegetasi riparian
Mungkus (<i>Awaous grammepomus</i>)	Muda	0,1 – 0,5	0,10 – 0,30	Kerakal, kerikil, pasir	Tanpa naungan
	Dewasa	0,2 – 0,8	0,22 – 0,60	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
Beloso (<i>Glossogobius giuris</i>)	Muda	0,2 – 0,6	0,10 – 0,30	Kerakal, kerikil, pasir	Tanpa naungan
	Dewasa	0,5 – 0,8	0,22 – 0,53	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
Kulari (<i>Lobocheilos kajanensis</i>)	Muda	0,2 – 0,5	0,22-0,80	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
	Dewasa	0,5 – 0,8	0,30 – 1,00	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Muda	0,2 – 0,6	0,06 – 0,10	Kerikil, pasir	Vegetasi riparian
	Dewasa	0,5 – 1,5	0,09 – 0,20	Kerikil, pasir	Vegetasi riparian
Selokan (<i>Osteochilus kappenii</i>)	Muda	0,4 – 0,8	0,08 – 0,20	Kerikil s.d lempung	Vegetasi riparian
	Dewasa	0,6 – 1,0	0,10 – 0,30	Kerikil s.d lempung	Vegetasi riparian
Wader (<i>Puntius binotatus</i>)	Muda	0,2 – 0,8	0,10 – 0,22	Kerakal, kerikil, pasir	Tanpa naungan
	Dewasa	0,2 – 1,0	0,10 – 0,40	Kerakal, kerikil, pasir	Tanpa naungan
Wader pari (<i>Rasbora</i> spp)	Muda	0,1 – 0,2	0,05 – 0,08	Kerakal s.d lempung	Vegetasi riparian & tanpa naungan
	Dewasa	0,1 – 0,2	0,05 – 0,10	Kerakal s.d lempung	Vegetasi riparian & tanpa naungan
Mungkus (<i>Stiphodon elegans</i>)	Muda	0,1 – 0,6	0,10 – 0,30	Kerakal, kerikil, pasir	Tanpa naungan
	Dewasa	0,5 – 0,8	0,29 – 0,50	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
Garing (<i>Tor soro</i>)	Muda	0,4 – 0,7	0,29 – 0,80	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan
	Dewasa	0,5 – 1,4	0,30 – 0,80	Kerakal, kerikil	Tanpa naungan

Sumber: Maryono (2008).

Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya populasi ikan air tawar dan punahnya spesies ikan adalah adanya konstruksi bangunan melintang sungai yang tidak memperhitungkan ruaya ikan dan fauna akuatik lainnya. Untuk itu, sudah waktunya mengubah rekayasa hidraulik dengan memperhitungkan jalan atau lintasan untuk ruaya dan perpindahan fauna akuatik.

Jalan atau lintasan untuk membantu ikan dan fauna akuatik lainnya melewati bendung, bendungan, cek dam, dan *ground sill*, dalam berbagai pustaka dikenal dengan istilah *fishway*, *fishtrack*, *fishladder*, dan *fishpasses*. Terjemahan *fishway* dalam Bahasa Indonesia adalah jalan ikan, yaitu bangunan yang dapat digunakan sebagai jalan ikan melewati bangunan melintang sungai. *Fishtrack* dan *fishladder* diterjemahkan sebagai tangga ikan, yaitu bangunan yang berfungsi sebagai tangga bagi ikan untuk “memanjat” dari hilir yang elevasinya lebih rendah ke hulu yang elevasinya lebih tinggi. Sedangkan *fishpasses* diterjemahkan dalam Bahasa Indonesia sebagai bangunan untuk lewat ikan, yaitu bangunan yang didesain sedemikian rupa sehingga ikan dapat melewati rintangan bangunan melintang sungai (Maryono, 2008).

Banyak pustaka menggunakan istilah *fishway* atau *fishpasses* untuk semua jenis bangunan yang memfasilitasi ikan agar dapat melewati penghalang. Sedangkan *fishtrack* dan *fishladder* sering hanya digunakan untuk bangunan dengan tipe teknis berupa konstruksi berjenjang-jenjang menyerupai tangga. Untuk konstruksi jalan ikan berupa saluran melingkar (*bypass*), berupa lift pengangkat vertikal, dan konstruksi lainnya tidak begitu cocok untuk dikategorikan sebagai *fishtrack* (tangga ikan). Sehubungan istilah yang digunakan belum seragam, maka istilah yang sesuai dengan kosa kata dalam Bahasa Indonesia yaitu “tangga ikan”. Namun, agar dipakai secara umum untuk semua jenis jalan ikan, tangga ikan, atau lewatan ikan, maka terjemahan Bahasa Inggris dipakai atau dipilih istilah “fishway”, bukan “fishtrack” atau “fishladder” (Maryono, 2008).

Untuk membangun fishway diperlukan riset mengenai jenis, karakter ikan, dan habitatnya. Untuk mendesain fishway diperlukan data mengenai kondisi habitat, seperti kedalaman dan kecepatan air di mana ikan hidup. Kecepatan air pada fishway diupayakan tidak jauh melampaui kecepatan air di mana ikan bisa hidup.

Salmah *et al.* (2001) dalam Maryono (2008) melakukan penelitian terhadap faktor fisik habitat pada Sungai Batang Kandis, Padang, Sumatera Barat, serta struktur komunitas ikan sebelum dan sesudah dipasangnya fishway. Faktor fisik habitat yang diteliti meliputi kedalaman, kecepatan air, karakteristik dasar sungai (substrat), dan naungan, dengan menggunakan program *Physical Habitat Simulation System*. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 61.

Dari Tabel 61 diketahui bahwa jenis ikan yang mampu berenang pada arus deras dan sedang adalah kulari (*Lobocheilos kajanensis*), garing (*Tor soro*), mungkus (*Awaous grammepomus* dan *Stiphodon elegans*), beloso (*Glossogobius giuris*), dan wader (*Puntius binotatus*). Adapun ikan yang berenang pada aliran yang lemah adalah wader pari (*Rasbora argyrotaenia*, *R. jacobsoni*, *R. trilineata*), betok (*Anabas testudineus*), selokan (*Osteochilus kappenii*), dan nila (*Oreochromis niloticus*).

Pengamatan struktur komunitas ikan sebelum dipasangnya fishway dilakukan pada Maret-April 2000. Pemasangan fishway dilakukan pada Mei-Juni 2000, penandaan ikan (*fish tagging*) dan pengamatan komunitas ikan sesudah dipasang fishway dilaksanakan pada Juli 2000. Fishway yang dipasang adalah fishway tidak permanen model *zigzag flow* atau fishway teknis tipe rhomboid. Pada bagian dasar fishway diletakkan batu-batu dari sungai bersangkutan guna menimbulkan efek seperti pada kondisi alamiahnya.

Setelah dilakukan penandaan ikan (*fish tagging*), diketahui bahwa terdapat enam jenis ikan yang berpindah ke hulu melalui fishway yang dipasang, yaitu kulari (*L. kajanensis*), garing (*T. soro*), mungkus (*A. grammepomus* dan *S. elegans*), beloso (*G. giuris*), dan wader (*P. binotatus*). Spesies tersebut adalah jenis ikan yang mampu berenang pada arus deras dan sedang. Dari keenam jenis ikan tersebut, yang termasuk ikan peruaya adalah mungkus (*A. grammepomus* dan *S. elegans*) dan beloso (*G. giuris*) yang merupakan amphiromus. Ruaya yang dilakukan tidak selalu terkait dengan reproduksi, namun dapat juga disebabkan oleh kebutuhan daerah jelajah untuk mencari makanan atau karena perubahan temperatur dan penyinaran (Maryono, 2008).

Tabel 62. Jenis ikan di Sungai Komering sebelum dan sesudah dibangunnya Bendung Perjaya beserta *fishway* (Arpan & Kadri, 2001).

Ordo	Famili	Genus	Spesies	Keberadaan	
				1992 (*)	2001 (**)
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	Scleropages	Siluk (<i>Scleropages formosus</i>)	+	-
	Notopteridae	Chitala	Belida (<i>Chitala lopis</i>)	+	+
Cypriniformes	Cyprinidae	Barbonymus	Tawes (<i>Barbonymus gonionotus</i>)	+	+
			Lampan (<i>Barbonymus schwanenfeldii</i>)	+	+
		Hampala	Halang (<i>Hampala macrolepidota</i>)	+	-
		Labiobarbus	Humbut (<i>Labiobarbus leptocheila</i>)	+	-
		Leptobarbus	Jelawat (<i>Leptobarbus hoevenii</i>)	+	+
		Cyclocheilichthys	Culi (<i>Cyclocheilichthys enoplus</i>)	+	-
		Rasbora	Wader pari (<i>Rasbora argyrotaenia</i>)	+	+
		Luciosoma	Sijuar (<i>Luciosoma trinema</i>)	+	-
		Osteochilus	Palau (<i>Osteochilus hasseltii</i>)	+	-
			Siberuk (<i>Osteochilus schlegelii</i>)	+	-
		Tor	Nitam (<i>Tor douronensis</i>)	+	+
Siluriformes	Siluridae	Kryptopterus	Lais (<i>Kryptopterus palembangensis</i>)	+	-
		Wallago	Tapah (<i>Wallago leerii</i>)	+	-
	Bagridae	Hemibagrus	Keting/baung putih (<i>Hamibagrus nemurus</i>)	+	+
	Pangasiidae	Pangasius	Patin (<i>Pangasius pangasius</i>)	+	+
			Juara (<i>Pangasius polyuranodon</i>)	+	-
	Sisoridae	Bagarius	Dalum (<i>Bagarius bagarius</i>)	+	+
Synbranchiformes	Synbranchidae	Monopterus	Belut (<i>Monopterus albus</i>)	+	-
Perciformes	Eleotridae	Oxyeleotris	Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>)	+	-
	Anabantidae	Anabas	Betok (<i>Anabas testudineus</i>)	+	-
	Channidae	Channa	Gabus (<i>Channa striata</i>)	+	+
	Osphronemidae	Osphronemus	Gurami (<i>Osphronemus goramy</i>)	+	-
		Trichogaster	Sepat (<i>Trichogaster trichopterus</i>)	+	+
			Sepat siam (<i>Trichogaster pectoralis</i>)	+	-
	Cichlidae	Oreochromis	Mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	+	+

Sumber: Maryono (2008)

Keterangan:

+ ada - tidak ada

(*) Berdasarkan observasi oleh Dinas Perikanan setempat (Agustus 1992)

(**) Pengamatan di hulu bendung (Juni 2011)

Sementara penelitian Arpan & Kadri (2001) dalam Maryono (2008) menyajikan data jenis ikan di Sungai Komering sebelum dan setelah dibangunnya bendung beserta *fishway*. Berdasarkan penelitian tersebut, jumlah jenis ikan setelah bendung dan *fishway* dibangun lebih sedikit dari jumlah sebelum bendung dan *fishway* dibangun (Tabel 62). Salah satu penyebab berkurangnya jumlah jenis ikan pada bagian hulu Bendung Perjaya tersebut bukan karena tidak berfungsinya *fishway*, namun karena perilaku masyarakat tidak mendukung berlangsungnya ruaya ikan (Mawardi, 2001; Arpan & Kadri, 2001). Masyarakat melakukan penangkapan ikan pada alur *fishway* dengan cara menutup lubang bukaan *fishway* sehingga ikan terperangkap di kolam-kolam *fishway* atau dengan cara memasang jaring pada saluran masuk.

Permasalahan ini dapat diatasi dengan membuat konstruksi *fishway* dengan penutup dari beton atau baja dilengkapi lubang-lubang cahaya. Dengan ditutup maka kemungkinan penangkapan ikan di *fishway* dapat dihindari. Di samping itu perlu dilakukan *community development* sehingga masyarakat di sekitar *fishway* dapat memahami fungsi *fishway*. Perlu dikembangkan metode sosialisasi partisipatif dalam membangkitkan pemahaman masyarakat akan fungsi *fishway* dan pentingnya konservasi sungai secara terpadu, karena kedua hal tersebut erat kaitannya dengan kesejahteraan masyarakat (Maryono, 2008).[]

BAB XII. PERSAINGAN DAN PEMANGSAAN

Komunitas ekologi tersusun oleh beberapa populasi yang berinteraksi pada tingkat yang bervariasi. Interaksi potensial bervariasi mulai dari interaksi yang sangat netral, dimana dua populasi saling bersama-sama dalam habitat, tetapi tidak bersama-sama dalam lingkungan, sampai pada interaksi dengan beberapa pengaruh yang langsung terhadap kemampuan individu dalam satu atau kedua populasi untuk mempertahankan kehidupan atau reproduksi. Interaksi-interaksi di antara populasi ini dapat positif, yaitu mendorong pertumbuhan pada satu atau kedua populasi.

Menurut sifatnya interaksi antara organisme dalam ekosistem terbagi dua, yaitu: (1) interaksi antara organisme yang bersifat netral (positif). Netralisme bukan merupakan interaksi tetapi lebih cenderung digolongkan sebagai asosiasi. Hubungan yang terbentuk tidak berpengaruh apapun pada individu yang terlibat. Komensalisme adalah bentuk interaksi antara individu yang memberikan keuntungan kepada salah satu individu jenis populasi, sementara yang lain tidak diuntungkan ataupun dirugikan; (2) interaksi antara organisme yang bersifat negatif. Terdapat 4 macam interaksi yang bersifat negatif, yaitu: persaingan terdiri dari dua macam, yaitu persaingan antar jenis berbeda (interspesifik) dan persaingan antarjenis yang sama (intraspesifik), amensalisme, parasitisme (inang parasit), dan pemangsaan (mangsa pemangsa) (Yudasmara, 2014).

Sementara McNaughton & Wolf (1990) menyebutkan terdapat enam kombinasi tipe interaksi (Tabel 63) yang berpengaruh positif, negatif, dan netral, termasuk kemungkinan tipe interaksi. Interaksi-interaksi netral selalu terjadi secara teratur, tetapi itu sangat alami karena organisme yang merupakan bagian suatu lingkungan tidak menjadi bagian dari lingkungan lainnya. Adanya satu populasi dalam interaksi netral tidak mempunyai pengaruh pada kehadiran populasi yang lain, sehingga interaksi tersebut tidak menghasilkan pengaruh pada organisasi ekologi dari komunitas atau ekosistem. Ini tidak berarti bahwa populasi tersebut tidak mempunyai pengaruh apa pun, tetapi agaknya populasi tersebut tidak mempunyai pengaruh langsung satu sama lain. Masing-masing populasi akan berinteraksi dengan populasi-populasi yang lain dalam komunitas dan kemudian memengaruhi organisasi komunitas.

Tabel 63. Tipe-tipe interaksi di dalam ekosistem

Interaksi	Pengaruh pada Pertumbuhan Populasi	
	Populasi 1	Populasi 2
Netralisme	0	0
Komensalisme	+	0
Predasi/parasitisme	+	-
Amensalisme	-	0
Kompetisi	-	-
Mutualisme	+	+

Sumber: McNaughton & Wolf (1990)

Mungkin sukar untuk menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pada suatu spesies dalam interaksi (+, 0; -, 0) sebab sebenarnya beberapa interaksi tampaknya mempunyai beberapa keuntungan atau kerugian terhadap suatu populasi. Kemungkinan pengaruh itu kecil atau tanpa pengaruh, tetapi perlu diingat bahwa seleksi yang sangat kecil bahkan menekan kebutuhan untuk menghasilkan perubahan yang bersifat evolusi. Sebagai contoh *komensalisme*, yaitu suatu interaksi dengan pengaruh positif pada satu populasi dan tidak berpengaruh pada populasi yang lain, merupakan penempel pada atau hidup dalam organisme lain. Kelihatannya penempel tidak mempunyai pengaruh terhadap inangnya, tetapi ada penempel yang mungkin berpengaruh negatif terhadap inangnya sehingga lebih dikenal sebagai pemangsa atau agak kurang mampu untuk mencari makanan. Suatu penempel mungkin bahkan memberikan pengaruh positif dengan membuat makanan yang dibutuhkan oleh inangnya yang sebaliknya tidak dibutuhkan oleh penempel, suatu contoh yaitu apabila aktivitas pemberian makanannya dihasilkan oleh organisme lain (McNaughton & Wolf, 1990).

Ikan gemih, kutu keluyu, atau woi nikut (*Echenis*) yang menempel dan membonceng pada ikan lainnya yang ukurannya lebih besar adalah contoh komensalisme. Ikan gemih mempunyai cakram hisap (*sucking disk*) yang terletak di bagian atas kepala, yang merupakan modifikasi dari sirip punggungnya. Dengan alat ini, ikan gemih menempelkan dirinya pada benda apa saja yang permukaannya rata, seperti badan ikan hiu atau cucut, penyu, perahu, atau kapal. Ikan hiu yang ukurannya besar biasanya badannya ditembeli oleh pembonceng ikan ini, kadang-kadang sampai beberapa ekor ikan gemih membonceng pada seekor ikan hiu. Selain bisa membonceng dengan gratis, ikan gemih yang menempel pada hiu dapat terlindung pula dari musuh-musuhnya. Ikan hiu mungkin dapat mentolelir kehadiran pembonceng-pembonceng ini. Tidak pernah dijumpai adanya bagian ikan gemih dalam isi perut ikan hiu (Nontji, 1987).

Amensalisme yaitu suatu interaksi dengan pengaruh negatif pada satu populasi dan tidak berpengaruh pada populasi yang lain, keduanya sama-sama berjuang keras sehingga satu populasi akan mengharapkan hasil pengaruh negatif dari populasi yang membutuhkan beberapa sumber penghasilan. Sedangkan *mutualisme* yaitu suatu interaksi dengan pengaruh positif pada kedua populasi. Di daerah terumbu karang, ikan tertentu—genus *Laboroides* dan *Thalassoma*—mempertahankan “stasiun” di sekitar batu-batu karang dimana ikan lain berkumpul. Penghuni pada stasiun tersebut makan pada permukaan tubuh dari pendatang, kadang-kadang bergerak ke dalam insang dan rongga mulut. Keuntungan dari pembersih (*cleaner*) adalah makanan. Pendatang tersebut rupanya juga mendapatkan keuntungan (Eibl-Eibesfeldt, 1970; Gorlick *et al.*, 1978). Apabila pembersih-pembersih pindah dari karang, seringkali kulit dan sirip bertambah mengganggu bagi ikan pendatang yang tinggal, dan banyak ikan pendatang pergi. Apabila populasi pembersih pada karang semakin bertambah, gangguan berkurang dan populasi ikan pendatang bertambah. Interaksi seperti ini tidak hanya spektakuler, tetapi juga merupakan penentu yang sangat penting pada organisasi komunitas (McNaughton & Wolf, 1990). Interaksi ini menguntungkan kedua belah pihak, dimana ikan pembersih mendapat makanan, sedangkan ikan pendatang memperoleh keuntungan berupa dibersihkannya parasit-parasit pada tubuhnya. Namun “gencatan senjata” di antara predator-predator pada stasiun pembersihan hanya pada saat pembersihan, jadi setelah ikan-ikan dibersihkan, pemangsaan berlaku kembali (Nybakken, 1988).

Persaingan atau kompetisi (*competition*) dan pemangsaan atau predasi (*predation*) saling menunjang dalam memengaruhi keanekaragaman spesies. Pemangsaan besar pengaruhnya terhadap keanekaragaman spesies-spesies yang dimangsa, sedangkan fluktuasi keanekaragaman jenis pemangsa lebih banyak dipengaruhi oleh faktor persaingan. Efisiensi pemangsaan berpengaruh langsung terhadap keanekaragaman jenis dengan mempertahankan monopolisasi syarat-syarat lingkungan utama oleh satu spesies. Sedangkan efisiensi pemangsaan dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain frekuensi makan, selera pemangsa terhadap rasa mangsa, kerapatan mangsa, kualitas makanan, dan adanya inang alternatif.

A. PERSAINGAN

Persaingan atau kompetisi hanya terjadi bila dua atau lebih organisme membutuhkan beberapa sumber alam yang sama, tetapi sumber tersebut tidak mencukupi kebutuhan. Meskipun dimensi suhu dalam niche (ruang lingkungan) dapat menentukan kisaran pengaruh pada spesies yang bersaing, dan penyaing yang paling efektif dapat berbeda bila suhu berbeda pula, persaingan selalu memperebutkan sumber alam, bukan memperebutkan regulator. Secara umum organisme yang bersaing hampir serupa dalam kebutuhan dan ukuran ekologis meskipun ada perkecualiannya. Jika persediaan oksigen pada habitat akuatik rendah, organisme air seperti bakteri dan ikan akan bersaing untuk memperoleh oksigen (McNaughton & Wolf, 1990). Weatherley (1972) dalam Effendie (1978; 1997) menyatakan persaingan adalah suatu kondisi memastikan persediaan dari sumber yang sama dalam suatu lingkungan tertentu yang menghasilkan suatu interaksi yang menimbulkan efek buruk untuk satu atau masing-masing organisme. Sedangkan menurut Clement & Shelfod yang dikutip Effendie (1978; 1997) bahwa, persaingan biologis adalah suatu permintaan oleh kedua individu atau lebih dari spesies yang sama dalam populasi (*intraspecific competition*) atau dua spesies atau lebih dalam tingkatan tropik yang sama (*interspecific*

competition) untuk sebuah sumber yang umum dimana permintaan tersebut sebenarnya secara potensial terbatas.

Sementara Martin (2012) menyatakan persaingan adalah interaksi yang terjadi antara dua atau lebih organisme, populasi, atau spesies yang menggunakan sebagian sumber lingkungan secara bersama-sama ketika dalam jumlah terbatas. Kadang terjadi konfrontasi langsung antara pesaing, atau jumlah atau produktivitas dari para pesaing secara tidak langsung berkurang melalui ketergantungan bersama pada sumber-sumber yang terbatas. Persaingan dapat terjadi antara anggota-anggota dari spesies yang sama (*persaingan intraspesifik*) atau antara spesies yang berbeda (*persaingan interspesifik*). Persaingan interspesifik sering berakhir pada dominan dari salah satu spesies atas yang lain. Karena persaingan menyebabkan pengusiran oleh salah satu pesaing terhadap yang lain, akan menguntungkan jika para pesaing saling menghindari (jika memungkinkan). Seiring waktu para pesaing akan terpisah satu sama lain secara geografis atau ekologis, sehingga mendorong terjadinya evolusi. Persaingan untuk mendapatkan pasangan akan membawa kepada seleksi seksual.

Menurut McNaughton & Wolf (1990) menyatakan bahwa, persaingan sebagai interaksi biologis negatif yang terjadi antara dua atau banyak individu apabila: (1) suplai sumber yang diperlukan terbatas, dalam hubungannya dengan permintaan organisme, atau (2) kualitas sumber bervariasi dan permintaan terhadap sumber yang berkualitas tinggi lebih banyak. Definisi ini memperluas konsep umum bahwa persaingan adalah untuk sumber yang suplainya terbatas, mencakup usaha untuk memanfaatkan kualitas yang berbeda, dalam tipe sumber. Organisme mungkin bersaing jika masing-masing berusaha untuk mencapai sumber yang paling baik di sepanjang gradien kualitas atau apabila dua individu mencoba mempunyai tempat yang sama secara simultan. Sumber yang digunakan dalam pengertian umum berarti sesuatu yang digunakan oleh individu untuk hidup dan bereproduksi. Contohnya meliputi makanan (energi dan nutrien), pasangan dalam perkawinan, oksigen, tempat bersarang, daerah bebas predator, cahaya, dan sebagainya.

Persaingan adalah proses aktif yang mempunyai pengaruh besar terhadap kemampuan bersaing individu-individu untuk hidup dan bereproduksi. Tipe-tipe pengaruh dapat bervariasi dari: (1) campur tangan langsung dengan mendatangi sumber (persaingan interferensi = *interference competition*) sampai (2) menurunkan persediaan sumber dan efisiensi eksploitasi sumber (persaingan eksploitasi = *exploitation competition*) (Miller, 1969). Masing-masing individu mempunyai kepentingan yang berbeda-beda untuk hidup dan bereproduksi dengan individu lain dari spesies yang sama ataupun yang berbeda. Persaingan antara anggota-anggota dari spesies yang sama merupakan persaingan *intraspesifik*; persaingan antara anggota-anggota dari spesies yang berbeda merupakan persaingan *interspesifik* (McNaughton & Wolf, 1990).

Bila sejumlah ikan terlalu banyak perbandingannya untuk makanan yang sama, sebagian atau mungkin seluruh ikan tadi terkena oleh akibat persaingan dan mungkin terjadi kelaparan. Persaingan terhadap makanan dapat pula terjadi secara fisik tidak terlihat. Misalnya ikan dari spesies populasi yang berbeda mengambil makanan dari suatu tempat yang sama tetapi waktu pengambilannya tidak sama sehingga tidak pernah terjadi kontak antar satu dengan lainnya. Jadi persaingan di sini tidak menggunakan waktu yang bersamaan, tetapi makanan dan ruang yang digunakan bersamaan. Akibat dari persaingan yang demikian akan terasa apabila persediaan makanan tidak mencukupi, yaitu penurunan kecepatan pertumbuhan atau penurunan jumlah populasi. Kalau cukup persediaan makanan, penggunaan sumber makanan yang sama tidak akan terasa akibatnya (Effendie, 1978; 1997).

Ikan berukuran kecil menggunakan tingkat makanan atau niche tunggal. Semakin besar ukurannya (tumbuh), ikan mengubah dietnya secara bersama-sama mengisi dua macam niche makanan atau lebih. Hal yang penting dari akibat ini adalah pengurangan persaingan intraspesifik pada suatu saat mungkin

terjadi transisi yang meliputi perubahan dasar makanan yang dimakannya. Di dalam proses rekrutmen yaitu pemasukan ikan muda ke dalam golongan yang lebih tua juga terdapat suatu bentuk persaingan. Menurut Cushing (1972) dalam Effendie (1978; 1997) rekrutmen adalah suatu fungsi tersedianya makanan untuk larva ikan. Pada ikan laut jumlahnya dikontrol oleh kepadatan stok dan persaingan yang diatur oleh cocok atau tidaknya waktu produksi larva terhadap makanannya. Larva beberapa spesies ikan yang berukuran sama umumnya menggunakan makanan yang sama. Pada saat ini dari daur hidup ikan-ikan tersebut akan terjadi persaingan. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perbedaan dalam pertumbuhan dan mortalitas, sehingga persaingan tadi semakin berkurang karena jumlah dan biomassa di antara spesies semakin berkurang. Bila individu-individu tadi sudah berbeda makanannya persaingan sudah tidak menentu.

Kesukaan satu spesies ikan yang berbeda ukurannya terhadap habitat yang berbeda dan penyebarannya pun berbeda akan menyebabkan tereduksinya persaingan, interaksi, dan interspesifik. Misalnya ikan pemangsa (predator) yang berbeda ukuran, ikan yang cepat pertumbuhannya dengan yang tidak, tidak terjadi persaingan terhadap makanannya karena ikan yang berukuran kecil mencari mangsa yang lebih kecil daripada ikan yang cepat pertumbuhannya. Juga yang menjadi persoalan di dalam persaingan ialah persoalan ikan yang dipandang tidak berharga, terutama jika ikan tidak dimakan oleh manusia. Lebih-lebih bila ikan demikian tidak dimakan pula oleh predator karena misalnya mengandung duri atau racun yang membahayakan. Dalam beberapa hal ikan yang tidak disukai ini akan mengadakan persaingan terhadap makanan dan ruang yang tersedia di dalam perairan.

Introduksi ikan-ikan spesies baru, baik sengaja atau tidak, akan berdampak pada spesies asli, baik persaingan maupun pemangsaan. Sebagai contoh, introduksi ikan setan merah—*red devil cichlid*—(*Amphilophus labiatus*) secara tidak sengaja ke Waduk Sermo, Kulon Progo, Yogyakarta, menjadi petaka bagi ikan-ikan ekonomis di waduk tersebut. Ikan predator asal Nikaragua, Amerika Latin, ini memangsa benih berbagai jenis ikan di waduk tersebut, seperti nila, mas, tawes, dan berbagai ikan lainnya. Setan merah juga merupakan ikan yang perkembangbiakannya sangat cepat sehingga dalam waktu singkat dapat mendominasi suatu perairan. Setan merah juga telah menjadi ikan dominan di Waduk Cirata dan Kedung Ombo. Ikan setan merah diduga mulai masuk di perairan air tawar Indonesia sekitar tahun 2003. Diduga setan merah masuk melalui bibit nila yang ditebar pemerintah di Waduk Cirata. Sebab Waduk Cirata lebih dahulu dibanjiri setan merah. Artinya bibit nila yang ditebar di Waduk Cirata bercampur dengan setan merah (Trobos, Agustus 2009).

Untuk beberapa spesies ikan dapat terjadi persaingan dalam pembuatan sarang atau daerah pemijahan. Misalnya pada ikan salmon yang datang terlambat ke daerah pemijahan apabila sudah tidak kebagian lagi tempat membuat sarang untuk berpijah, biasanya ikan yang datang terlambat akan merusak sarang ikan lain yang sudah ada. Sering terjadi perkelahian perebutan tempat untuk sarang, dimana ikan yang kuat akan menyingkirkan yang lemah. Ikan yang kalah akan mencari tempat baru untuk membuat sarang dan berpijah yang kondisinya mungkin kurang baik untuk kelangsungan hidup anak-anaknya.

Pada waktu musim pemijahan untuk beberapa spesies ikan sering terjadi persaingan dalam memperebutkan ikan betina. Ikan jantan dengan tanda seksual kedua yang menonjol seperti warna yang sangat cerah atau tanda lain yang menarik digunakan untuk menarik ikan betina. Ada juga ikan yang telah membangun sarang pemijahan maka sarang tersebut digunakan menarik ikan betina. Dalam memperebutkan ikan betina dapat terjadi perkelahian hebat di antara ikan-ikan jantan tersebut.

Pada ikan belut (*Monopterus albus*), induk jantan membuat lubang berbentuk “U” di bagian yang dangkal serta menyusun busa (buih) yang dikeluarkannya di depan salah satu ujung sarangnya dan menunggu kedatangan induk betina. Busa ini diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Ikan sepat (*Trichogaster*, *Trichopterus*) juga mempunyai kebiasaan memijah dengan membuat sarang busa seperti

balon. Sarang busa tersebut dibuat oleh induk jantan dengan diameter sekitar 5 cm, selain menjadi tempat telur, juga diduga digunakan oleh induk jantan untuk menarik induk betina. Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) juga mempunyai kebiasaan membuat sarang pemijahan dari potongan-potongan rumput, tumbuh-tumbuhan air atau serabut-serabut lain yang ada di sekitarnya. Sarang pemijahan dibuat oleh induk jantan. Selanjutnya induk jantan akan berenang mondar-mandir di muka sarang dengan gerakan-gerakan pamer keindahan tubuh dan sekali-sekali berusaha menggiring betina mendekati mulut sarang.

Persaingan dalam ruang akan menyebabkan suatu pengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Pada habitat yang banyak ditumbuhi tanaman air, ikan tidak dapat memanfaatkan ruang dengan baik. Pada siang hari terjadi fotosintesis sehingga terjadi penjejutan air dengan oksigen (O_2). Pada malam hari di samping berbagai fauna yang ada di dalam perairan, juga tanaman akan menggunakan oksigen untuk pernapasan sehingga zat tersebut dapat menurun hingga minimum bahkan habis yang akibatnya membahayakan ikan. Karena itu, pada budi daya ikan di kolam dan tambak yang menerapkan padat penebaran tinggi, untuk menambahkan oksigen ke dalam perairan dilakukan aerasi.

B. PEMANGSAAN

Pemangsaan atau predasi (*predation*) adalah interaksi antara dua populasi hewan dimana salah satu (predator) memburu, menangkap, dan membunuh yang lain (mangsa) untuk dimakan. Bentuk hubungan predator-mangsa merupakan jalinan yang penting pada rantai makanan. Predator-mangsa juga penting dalam mengatur ukuran dari populasi predator dan mangsa, terutama ketika predator hanya bergantung pada satu spesies mangsa tunggal. Istilah pemangsaan juga digunakan untuk setiap hubungan memakan dimana suatu organisme memakan organisme hidup yang lain. Predator atau pemangsa adalah hewan yang memperoleh makanan dengan cara pemangsaan. Semua predator adalah karnivor (pemakan hewan), meskipun tidak semua karnivor adalah predator.

McNaughton & Wolf (1990) menyatakan bahwa, pemangsaan atau predasi terjadi bila organisme, untuk bertahan hidupnya memangsa organisme lain. Pemangsaan menyangkut penyediaan makanan untuk organisme hidup, sebab pengaruhnya pada proses-proses ekologis sangat berbeda bila sumber makan habis oleh sebab lain di luar proses saling memangsa. Dengan kata lain, pemangsaan/predasi diartikan sebagai penggunaan individu untuk memenuhi makanan bagi individu lain. Penggunaan satu individu oleh individu lain untuk makanan mempunyai pengaruh negatif pada pertumbuhan potensial populasi prey (mangsa), dimana makanan biasanya diartikan dalam pengaruh yang positif pada pertumbuhan populasi predator.

Pemangsaan termasuk interaksi populasi yang antagonis yaitu interaksi antara dua organisme dimana jenis populasi yang satu memakan yang lain. Populasi pemangsa disebut pemangsa (predator), sementara populasi yang dimangsa disebut mangsa. Dalam rangkaian energi, yang termasuk ke dalam pemangsa adalah karnivor, herbivor, atau pun omnivor. Pemangsaan juga terdiri dari intraspesifik dan interspesifik.

Tingkah laku mencari makan yang efektif memerlukan total energi terambil melebihi output yang diperlukan untuk memperoleh makanan, sehingga beberapa energi dipertahankan untuk pemeliharaan dan reproduksi. Energi bersih yang terambil merupakan selisih antara total energi yang terambil dan yang terpakai, tergantung pada jumlah total waktu yang diperlukan untuk tingkah laku mencari makan, pengeluaran energetik untuk tingkah laku tersebut, dan energi yang diasimilasikan dari makanan. Dua variabel yang pertama mencerminkan kemungkinan perjumpaan dan penangkapan mangsa sebagai fungsi waktu yang dihabiskan selama pencarian makanan. Variabel-variabel ini juga menunjukkan suatu fakta bahwa berbagai teknik pencarian makanan memerlukan jumlah energi yang berbeda. Dalam interval waktu yang sama, suatu predator akan menggunakan waktu yang lebih sedikit untuk bergerak perlahan, tetapi hanya mencapai jarak yang lebih pendek. Waktu dan energi yang diperlukan untuk menangkap mangsa tergantung pada kemampuan mangsa meloloskan diri. Energi yang kembali ke predator akan

maksimal pada suatu keseimbangan tertentu antara penggunaan energi dari teknik pencarian yang berbeda dan jumlah waktu yang diperlukan oleh masing-masing teknik untuk menemukan, menangkap, dan mencerna mangsa yang mengandung tingkat energi tertentu (McNaughton & Wolf, 1990).

Predator yang besar memerlukan total energi per individu lebih besar dari pada predator yang kecil, dan oleh karenanya umumnya memerlukan lebih banyak makanan. Produktivitas primer bersih yang sama dapat menyokong populasi lebih besar terhadap predator-predator yang kecil daripada predator yang lebih besar. Karena populasi yang aktif mempunyai batas ukuran yang lebih rendah maka predator kecil akan menjadi untung di bawah kondisi produktivitas primer bersih rendah dan oleh karena itu ketersediaan energi rendah untuk trofik level yang lebih tinggi (McNaughton & Wolf, 1990).

Fitoplankton adalah produsen primer pada gilirannya akan dimakan oleh hewan herbivor, yang selanjutnya akan dimakan oleh hewan karnivor yang merupakan pemangsa. Karnivor ini akan dimangsa pula oleh karnivor yang lebih besar, dan seterusnya hingga sampai pada karnivor puncak (*top carnivore*) yang tidak lagi mempunyai pemangsa. Rantai makanan karnivor dari satu tingkat ke tingkat berikutnya hingga karnivor puncak memerlukan total energi per individu lebih besar. Karenanya pada ikan, karnivor puncak seperti ikan-ikan hiu memangsa berbagai ikan dan fauna laut lainnya yang berukuran besar.

Produktivitas primer yang diperlukan untuk mendukung trofik level ketiga atau keempat lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk mendukung populasi herbivor yang kurang lebih sama besarnya. Individu herbivor akan mencari di atas area yang rata-rata lebih kecil untuk mendapatkan makanan yang cukup dibanding konsumen level ketiga atau keempat. Di perairan, karnivor yang merupakan pemangsa melakukan pencarian makanan dengan wilayah lebih luas dibanding herbivor dan omnivor. Pemangsa yang merupakan peruaya jauh, seperti ikan tuna (*Thunnus*) bahkan melintasi berbagai samudera dalam mendapatkan makanan.

Pemangsaan mempunyai arti ditujukan kepada perusakan dengan cara dimakan atau dimangsa, sedangkan ikan pemangsa biasanya diartikan sebagai musuh. Pemangsaan dapat terjadi interspesifik dan intraspesifik. Pada masa awal daur hidup ikan karnivor dan predator sering terjadi pemangsaan anak ikan yang lebih kecil oleh ikan yang lebih besar. Tahap berikutnya memangsa spesies lain atau hewan lain.

Bila kondisi spesies mangsa padat pada suatu habitat, tidak selalu membentuk satu bagian penting di dalam diet ikan pemangsa. Dalam beberapa hal ikan itu selektif terhadap apa yang dimakannya. Biasanya sekali ikan itu mulai makan terhadap makanan tertentu maka ikan cenderung meneruskan memakan makanan itu. Hal ini sering diketemukan di dalam lambung ikan yang isinya terdiri dari satu macam makanan sebagai bagian besar. Keadaan ini menuntun kepada suatu konsep faktor ketersediaan (*availability factor*) spesies mangsa, yaitu perbandingan persentase spesies ikan sebagai makanan pemangsa yang terdapat di dalam lambung dengan ikan mangsa yang terdapat dalam perairan. Bila perbandingan tersebut sama dengan satu berarti tidak ada seleksi ikan pemangsa terhadap makanannya. Bila perbandingan tersebut lebih besar dari satu berarti ada pilihan dan bila perbandingan tersebut kurang dari satu berarti tidak digemari benar oleh ikan pemangsa. Perbandingan tersebut kadang-kadang menunjukkan kepada suatu indeks yang dinamakan indeks pilihan (*index of electivity*).

Pemilihan ukuran makanan oleh predator dapat dihitung, sebagaimana dilakukan oleh Parsons & Le Brasseur (1970) terhadap juvenil ikan salmon yang memakan copepoda, dengan menggunakan indeks pilihan yang dianjurkan oleh Ivlev, yaitu:

$$E = \frac{r_i - p_i}{r_i + p_i}$$

Di mana r_i = jumlah relatif macam-macam organisme yang dimakan dan p_i = jumlah relatif macam organisme dalam perairan. Nilai indeks pilihan ini berkisar dari + 1 sampai - 1. Hasil yang diperoleh Parsons & Le Brasseur (1970) disajikan pada Tabel 64.

Tabel 64. Pilihan juvenil ikan salmon berukuran 48 mm terhadap zooplankton copepoda

Ukuran Mangsa (mm)	Konsentrasi relatif				Indeks Pilihan	
	% dalam perairan		% dalam lambung		Jumlah	Biomass
	Jumlah	Biomass	Jumlah	Biomass		
< 1	19	2	9	1	-0,35	-0,33
1 – 2	45	12	55	13	0,1	0,04
2 – 4	19	52	35	76	0,3	0,20
> 4	1	8	1	6	0,0	-0,14

Sumber: Effendie (1978); Effendie (1979).

Hasil di atas menunjukkan bahwa ikan salmon tersebut melakukan pilihan positif terhadap mangsa berukuran 2-4 mm. Namun dalam menggunakan konsep tersebut perlu diperhatikan bahwa mungkin makanan yang diambil oleh ikan pemangsa berasal dari tempat lain, sedangkan ikan contoh diambil dari tempat lain pula sehingga mengakibatkan keadaan persentase yang semu (Effendie, 1978; Effendie, 1979).

Ikan akan mengubah makanannya jika mangsa yang merupakan makanan utamanya berkurang atau beruaya. Ketersediaan mangsa juga bergantung pada musim, sehingga ikan pemangsa juga menyesuaikan diri dengan ketersediaan mangsa. Jenis makanan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) di Selat Makassar yang didapatkan di dalam lambung terdiri atas ikan (26 %), cumi-cumi (49 %), dan krustase (25 %). Jenis ikan terdiri atas ikan layang *Decapterus* sp, ikan kembung *Rastreliger* sp dan ikan tembang. Cumi-cumi mendominasi dari ketiga jenis makanan ialah jenis *Loligo sinensis* dan terkadang ada beberapa dari jenis sotong *Loligo vulgaris*. Krustase yang termakan oleh tuna madidihang terdiri dari kepiting dan udang (Kantun *et al.*, 2013).

Sementara itu, penelitian oleh Kantun *et al.* (2014) di perairan yang sama diperoleh ikan 32,32 %, cumi-cumi 43,73 %, dan krustase 23,95 %. Ada kecenderungan pola konsumsi makanan dari jenis ikan mengalami peningkatan, sedangkan krustase dan cumi-cumi mengalami penurunan, tetapi tidak ada yang mendominasi (≥ 50 %). Hal ini disebabkan oleh: (1) waktu pengambilan sampel yang berbeda, pada penelitian 2013 dilakukan bulan Juli-Oktobre (musim pancaroba menjelang musim penghujan) dan penelitian 2014 dilakukan bulan Maret-Juni (musim pancaroba memasuki musim kemarau); (2) perbedaan musim memberikan kontribusi yang berbeda terhadap kelimpahan sumber makanan di alam; (3) kelimpahan antara jenis makanan hampir berimbang sediaannya di sekitar rumpon.

Selain bergantung pada musim, kelimpahan sumber makanan di alam juga bergantung pada kelimpahan pemangsa. Jika populasi predator mengalami defisit karena penangkapan yang berlebihan, maka terjadi kelimpahan mangsa. Menurut Nikijuluw (2002) jika ikan yang berharga murah dan yang lebih rendah derajatnya dalam rantai makanan (*food chain*) mendominasi komposisi produksi ikan berarti populasi pemangsa menurun. Indikator yang paling jelas pada akhir-akhir ini adalah munculnya ubur-ubur sebagai jenis hayati laut yang tinggi produksinya. Kemunculan ubur-ubur dalam jumlah yang sangat banyak di suatu perairan, tidak seperti biasanya, sering mengelabui nelayan sebagai suatu potensi baru yang perlu dimanfaatkan. Padahal secara biologis, *booming* (melimpah)-nya ubur-ubur ini adalah indikator bahwa pemangsanya, yaitu ikan-ikan yang lebih besar dan lebih tinggi derajatnya dalam rantai makanan, telah berkurang populasinya karena menjadi sasaran dan target penangkapan nelayan.

Produksi perikanan sangat bergantung pada karnivor dan pemangsa. Menurut catatan FAO produksi perikanan dunia terdiri dari karnivor sekitar 80 %, herbivor sekitar 20 %, dan tumbuhan akuatik 1-2 % (Nontji, 2008). Demikian pula perikanan budi daya di laut atau marikultur, sebagian besar biota yang dibudidayakan adalah karnivor. Di Indonesia, ikan-ikan laut yang dibudidayakan di antaranya beberapa

spesies ikan kerapu (*Epinephelus*, *Cromileptes*, *Plectropomus*), kakap putih (*Lates calcalifer*), kakap merah (*Lutjanus* sp), bawal bintang (*Trachinotus blochii*), kobias (*Rachycentron canadum*), bobars (*Caranx*, *Gnathanodon*), dan tuna (*Thunnus*). Di perairan tawar, spesies karnivor yang telah dibudidayakan di antaranya lele (*Clarias*), gabus (*Channa striata*), betutu (*Oxyeleotris marmorata*), dan belida (*Chitala lopis*/*Notopterus chitala*).

Sebagai karnivor dan pemangsa, ikan-ikan tersebut mengalami pertumbuhan yang lebih cepat dan mempunyai harga tinggi. Namun, ikan-ikan tersebut berada pada trofik level yang tinggi sehingga membutuhkan pakan yang mengandung protein tinggi dan mempunyai rasio konversi pakan (RKP) yang tinggi. Artinya, budi daya ikan karnivor dan pemangsa juga menghasilkan limbah yang tinggi dari sisa pakan dan feses ikan.

Sementara itu, di perairan tawar sering dilakukan introduksi, baik disengaja maupun tidak. Dampak introduksi ikan-ikan asing di perairan Indonesia diduga berdampak negatif terhadap komunitas ikan asli. Whitten (1987) menyebutkan bahwa beberapa jenis ikan asli dari danau Lindu dan Poso di Sulawesi Tengah diduga musnah sebagai dampak introduksi ikan gabus (*Channa striata*), ikan mujair (*Oreochromis mossambica*), dan ikan nila (*O. nilotica*). Mekanisme terjadinya penurunan populasi ikan-ikan endemik di danau Poso yang dikenal sebagai ikan buntingi dan bungo barangkali karena adanya penyakit dan parasit. Hampir setiap spesimen ikan asli yang ditangkap dari danau tersebut selalu terdapat parasit yang menempel pada sirip-siripnya, leher atau mata dan juga banyak ikan yang luka-luka di tubuhnya ditumbuhi jamur (Kottelat, 1990). Sementara ikan bungo (*Glossogobius bungo*/*G. aureus*) di danau Tempe, Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu ikan ekonomis penting dan endemik telah terdesak oleh beberapa jenis ikan introduksi seperti ikan mas (*Cyprinus carpio*), nila, dan ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) (Tamsil, 2000).

Introduksi ikan kepala ular (*Channa argus*), keluarga ikan gabus (*Channa striata*) ke Amerika Serikat (AS) menggegerkan pemerintah setempat. Ikan kepala ular berkembang dengan baik di AS. Pada tahun 2002, peneliti untuk Pengawasan Kehidupan Liar AS menemukan pada sebuah kolam di Maryland telah dipenuhi oleh ikan ini. Para peneliti mengkhawatirkan bahwa ikan tersebut mungkin melakukan perjalanan pendek sejauh 75 yard (68 meter) menuju ke sungai Patuxent, Maryland dan memulai sebuah pengambilalihan habitat perairan negara bagian. Para peneliti kemudian meracuni perairan kolam tersebut dan kemudian menyurvei ikan-ikan yang mati dan mengambang. Meskipun populasi ikan tersebut berasal dari sepasang ikan yang dimasukkan oleh seorang penduduk setempat dua tahun sebelumnya, tetapi jumlah ikan kepala ular yang mati karena diracun mencapai 800 ekor. Hal itulah yang membuktikan bahwa kemampuan ikan kepala ular dalam bereproduksi sangat cepat dan mengerikan.

Kejadian itu sangat mengkhawatirkan sehingga pejabat federal dan negara bagian sekarang mengajukan proposal untuk menjatuhkan denda dalam jumlah besar serta hukuman penjara untuk setiap penduduk yang melepaskan ikan tersebut ke perairan umum negara bagian tersebut. Meskipun demikian, akhir tahun 2004 sembilan ekor ikan kepala ular ditemukan di sungai Potomac, Maryland.

Kehadiran ikan pemangsa di suatu perairan dapat mempunyai pengaruh yang besar terhadap habitat yang digunakan oleh jenis ikan yang dimangsa dan juga mempengaruhi interaksi yang terjadi antara jenis ikan yang dimangsa dengan jenis ikan lain. Selain itu, kehadiran ikan pemangsa dapat mengintensifkan kompetisi, terutama bila ada keterbatasan sumber daya pakan di habitat yang digunakan oleh anak-anak ikan sebagai tempat berlindung dari ikan pemangsa (Werner, 1986 dalam Wargasasmita & Wardhana, 1996).

Dari beberapa kasus, introduksi tidak bersifat membahayakan dan pengaruhnya hanya sedikit terhadap komunitas fauna asli. Tetapi menurut pengalaman yang dilakukan di seluruh dunia, introduksi sering

bersifat sangat merugikan. Karena itu, introduksi spesies baru tidak boleh dilakukan tanpa didahului oleh suatu penelitian yang mendalam mengenai dampaknya (Welcomme, 1988). Apalagi ikan yang diintroduksi adalah pemangsa. Ikan pemangsa berukuran raksasa yang telah diintroduksi secara tidak sengaja di perairan tawar Indonesia adalah ikan buaya atau *aligator gar* (*Atractosteus spatula*) dan ikan arapaima atau ikan arowana (*Arapaima gigas*). Kedua ikan pemangsa tersebut merupakan ikan asli dari perairan tawar di Amerika Selatan.

C. HUBUNGAN MANGSA-PEMANGSA

Suatu populasi mangsa akan meningkat paling cepat, bilamana baik populasi mangsa maupun populasi pemangsa rendah. Namun, populasi pemangsa juga meningkat cepat bila populasi mangsa tinggi. Ikan-ikan pemangsa, seperti tuna (*Thunnus*), bobak (*Caranx*), tenggiri (*Scomberomorus*), dan sebagainya akan mendatangi rumpun yang menjadi tempat mengumpulnya mangsa berupa ikan-ikan pelagis yang berukuran lebih kecil, seperti ikan teri (*Stolephorus*), ikan tembang (*Sardinella fimbriata*), ikan lamuru (*Sardinella sirm*), layang (*Decapterus*), dan sebagainya.

Ikan-ikan predator atau pemangsa umumnya adalah karnivor, termasuk ikan pemakan ikan (piscivor) dan pemakan bermacam-macam invertebrata dari berukuran kecil sampai besar. Pemangsa mempunyai kebiasaan memangsa mangsa tertentu yang tersedia di habitatnya, karena itu pemangsa juga mengubah mangsanya tergantung dari mangsa yang tersedia. Ikan pemangsa menyukai mangsa yang hidup atau bergerak, namun pemangsa juga memakan mangsa yang telah mati atau tidak bergerak.

Pemangsa menyukai mangsa pada ukuran tertentu. Ikan piscivor berukuran besar biasanya memangsa ikan-ikan yang ukurannya juga agak besar. Ini berhubungan dengan tingkat efisiensi pemangsa dalam memburu mangsa dan kecocokan mangsa dan ukuran mulut. Pemangsa menggunakan jumlah energi tertentu untuk memburu mangsa maka mangsa yang diburu pun harus sebanding dengan energi yang dikeluarkan serta cocok dengan ukuran mulut pemangsa.

Campbell yang dikutip Effendie (1997) mengemukakan 11 prinsip mengenai hubungan mangsa dan pemangsa pada ikan, yaitu:

- (1) Ikan piscivor (pemakan ikan) memanen (mengangkat) lebih banyak ikan dari pada nelayan.
- (2) Rata-rata ukuran mangsa yang dimakan oleh pemangsa semakin bertambah besar dengan bertambah besarnya ukuran pemangsa.
- (3) Pemangsa memperlihatkan kesukaan pada spesies mangsa pada ukuran tertentu.
- (4) Pemangsa umumnya mengambil bermacam-macam mangsa.
- (5) Memangsa mangsa oleh pemangsa memungkinkan mengubah eksploitasi eksploitasi dalam kepadatan mangsa.
- (6) Spesies pemangsa mungkin mengubah makanannya kurang lebih secara permanen terhadap spesies dalam kesetimbangan ekologi.
- (7) Mangsa jumlahnya tereduksi dengan jelas oleh tekanan pemangsa.
- (8) Komposisi komunitas mangsa dipengaruhi oleh pemangsa.
- (9) Populasi yang besar dari mangsa dapat merangsang pertumbuhan dan kepadatan pemangsa.
- (10) Persaingan antara spesies pemangsa dapat memengaruhi pertumbuhan dan kepadatannya.
- (11) Pemangsa tertentu, dengan menurunkan persaingan di antara spesies mangsa, mungkin menimbulkan penambahan keragaman komunitas mangsa.[]

BAB XIII. UMUR

Umur adalah parameter biologi yang sangat fundamental dan menjadi dasar-dasar aplikasi dalam perikanan, khususnya dalam pengelolaan stok ikan. Selama ini, aplikasi dalam perikanan, khususnya dalam pengelolaan stok ikan hanya didasarkan pada pendekatan statistik semata melalui data distribusi frekuensi panjang ikan tentunya memiliki kelemahan yang dapat membiaskan estimasinya dari keadaan yang sebenarnya. Parameter umur pada hewan-hewan liar seperti ikan di laut sangat membantu dalam penentuan parameter lainnya, misalnya pertumbuhan melalui analisis *back calculation*, tingkat kematian (mortalitas) melalui pengembangan perhitungan kurva-tangkap dan sekuensi kohor, riwayat masa lalu (*life history*), dan perkembangan kematangan reproduksi (Budimawan, 2013).

Selanjutnya Budimawan (2013) menyatakan bahwa, selama ini penelusuran stok ikan dipelajari dari dua pendekatan model, yaitu Model Produksi yang bersifat empiris dan Model Struktural yang bersifat analitik. Model-model produksi menggunakan model sintetik yang diplot dari satu atau beberapa peubah. Model Produksi menganggap bahwa stok global, khususnya kelimpahan (dalam biomassa dan jumlah individu) merupakan fungsi dari peubah upaya penangkapan (*fishing effort*), sedangkan Model Struktural menganggap bahwa struktur stok ikan tersusun dari individu-individu dari beberapa kelompok umur atau ukuran yang berbeda yang selanjutnya disebut kohort (*cohort*). Pada Model Struktural ini, analisis populasi ikan juga mengharuskan adanya informasi berkaitan dengan pertumbuhan dan mortalitas populasi. Walaupun para ahli tetap menggunakan kedua tipe model ini tetapi penggunaan tipe Model Struktural dinilai lebih akurat karena peubah input model struktural ini lebih terukur (*measurable*).

Pilihan model struktural ini perlu ditunjang oleh fundamental biologi, khususnya biologi perikanan yang kuat. Model Struktural ini bertumpu pada peubah dasar yaitu umur. Peubah umur menjadi penting dalam penelusuran stok ikan. Oleh karena itu, penentuan umur menjadi perhatian banyak ahli biologi populasi dan pendugaan stok ikan. Pilihan Model Struktural dalam mengkaji suatu stok ikan mengharuskan teknik dan metodologi penentuan umur yang juga lebih terukur dan akurat.

Kajian mengenai umur ikan (dan fauna akuatik lainnya) cukup menarik dalam bidang perikanan dan kelautan, terutama pada spesies-spesies ikan yang hidup secara alami di perairan, karena tidak diketahui kapan suatu individu ikan itu menetas, yang diketahui adalah berapa ukuran panjang tubuh atau berat ikan tersebut ketika tertangkap. Berbeda dengan ikan yang dibudidayakan maka dapat diketahui berapa lama ikan tersebut telah dipelihara atau dapat dilacak hingga mengetahui sejak kapan ikan itu menetas dari telurnya.

Komposisi umur ikan dalam populasi atau komunitas ikan suatu perairan memegang peranan penting, terutama kalau dihubungkan dengan produksi akan dapat terlihat erat kaitannya dengan pengelolaan ikan sebagai sumber daya perairan. Ikan dalam suatu perairan sebagai suatu populasi atau anggota komunitas bukan terdiri dari satu kelompok umur. Untuk memudahkan pengertian selanjutnya, maka yang dipakai sebagai dasar adalah satu populasi saja, kecuali ada pernyataan lain yang menunjukkan komunitas atau multi spesies. Satu populasi yang telah berhasil melakukan pemijahan menghasilkan sejumlah besar anak-anak ikan yang bergantung pada fekunditas, keberhasilan pemijahan dan mortalitas dari anak-anak ikan tersebut. Sisa anak-anak ikan yang tumbuh dan berhasil hidup mencapai ukuran yang dapat dieksploitasi dinamakan rekrutmen. Jadi rekrutmen adalah penambahan anggota baru ke dalam satu populasi yang merupakan kelompok ikan yang sama umurnya yang dalam periode tertentu setelah melalui mortalitas prerekruitmen masuk ke dalam stok lama yang sudah ada atau daerah yang sedang dieksploitasi. Kehadiran rekrut ini berasal dari sejumlah stok reproduktif yang dewasa, sehingga ada hubungan stok dewasa dengan rekrutnya.

Keadaan jumlah ikan dari tiap kelas dalam komposisi populasi yang ada dalam perairan pada suatu saat tertentu bergantung pada rekrutmen yang terjadi tiap tahun dan jumlah ikan yang hilang dari perairan itu disebabkan dieksploitasi atau ikan itu mati secara alami. Fluktuasi besarnya jumlah ikan dari tiap kelompok umur yang membentuk populasi itu dapat memberikan sejarah daur hidup ikan dari masing-masing kelompoknya atau kohort. Dengan mengetahui umur ikan tersebut dan komposisi jumlahnya yang ada dan berhasil hidup, maka dapat diketahui keberhasilan atau kegagalan produksi ikan pada tahun tertentu, misalnya akibat musim panas yang berkepanjangan, termasuk eksploitasi yang berlebihan atau tidak pada tahun-tahun tertentu. Keadaan demikian dapat dilacak melalui penelusuran komposisi atau struktur umur dengan anggotanya pada saat tertentu, dan dapat pula dipakai memprediksi produksi perikanan pada saat mendatang.

Berbeda dengan kebanyakan golongan vertebrata lain seperti burung dan mamalia, sebagian besar ikan mempunyai kapasitas meneruskan pertumbuhan selama hidup bilamana kondisi dan makanan cukup tersedia dengan baik walaupun pada umur tua pertumbuhan ikan hanya sedikit saja. Dengan kata lain ikan tidak mempunyai limit tertentu untuk membatasi pertumbuhan (*undeterminate growth*), tidak seperti burung dan mamalia akan berhenti tumbuh pada waktu mencapai ukuran dewasa yaitu kematangan seksual (*determinate growth*).

Ikan berumur panjang ada kecenderungan mempunyai tanda-tanda umum sebagai berikut: secara phylogenetis (sejarah ras) termasuk ke dalam golongan ikan primitif, pergerakannya lamban, sebagai penghuni dasar atau perairan dangkal, mempunyai alat pernapasan tambahan, luwes terhadap perubahan ekstrim oksigen, suhu, dan salinitas. Sebagai contoh ikan sturgeon dan hiu atau cucut. Namun ada ikan mas yang berumur panjang pula. Beberapa ikan yang berumur pendek tidak mempunyai sifat seperti tersebut di atas misalnya ikan salmon.

Hiu adalah ikan yang dapat hidup di perairan laut dalam di mana kandungan oksigen semakin rendah. Namun, ikan hiu tidak mempunyai alat pernapasan tambahan. Untuk itu, hati ikan hiu membentuk senyawa yang dapat membantu menyediakan oksigen, yakni *squalene*. Satu molekul *squalene* ($C_{30}H_{50}$) jika bereaksi dengan enam molekul air ($6H_2O$) akan menghasilkan tiga molekul oksigen ($3O_2$) dan *squalana* ($C_{30}H_{62}$). Ini berarti, dengan adanya bantuan pasokan oksigen dari *squalene*, ikan hiu yang hidup di perairan dalam mampu mencukupi kebutuhannya sekaligus dapat mempertahankan hidupnya. Pengertian ini sekaligus menjelaskan, mengapa *squalene* ditemukan secara berlimpah pada jenis ikan hiu yang hidup di perairan dalam.

Dari kematian ikan secara alami sukar ditentukan umurnya. Tetapi dari catatan penelitian diketahui, misalnya ikan sturgeon ada yang berumur 152 tahun. Ikan sturgeon yang dipelihara dalam akuarium di Amsterdam ada yang mencapai 69 tahun dan di Frankfurt mencapai 38 tahun. Juga banyak ikan akuarium telah dipelihara melebihi umur 20 tahun (Effendie, 1978; 1997). Ikan yang tercatat mempunyai umur panjang adalah seekor ikan koi di Jepang bernama Hanako, yang umurnya mencapai 226 tahun, panjang 77 cm, dan berat 9 kg (Susanto, 1991).

A. PENENTUAN UMUR

Penentuan umur ikan merupakan alat yang sangat penting dalam Biologi Perikanan. Data umur yang dihubungkan dengan lainnya dapat memberikan keterangan mengenai komposisi dari populasi, umur ikan pada waktu gonadnya masak untuk pertama kali, lama hidup, tingkat kematian (mortalitas), pertumbuhan dan produksi (Effendie, 1979).

Penentuan umur ikan dilakukan melalui dua cara, yaitu: (1) secara langsung, apabila diketahui secara pasti waktu menetas sampai ikan tumbuh besar, cara ini hanya dapat dilakukan pada individu ikan yang dibudidayakan; (2) secara tidak langsung, yaitu pada individu spesies ikan yang hidup secara alami.

Penentuan umur ikan (dan pertumbuhan) dilakukan dengan menginterpretasikan tanda umur pada sisik, tutup insang, jari-jari sirip, tulang punggung, frekuensi panjang, penandaan atau pemberian tanda (*tagging* dan *marking*), dan dan otolit (*otolith*). Sisik ikan pertama kali digunakan untuk menentukan umur ikan pada tahun 1888 (Carlander, 1991). Lingkaran tahunan pada tulang belakang telah digunakan untuk menentukan umur belut sejak tahun 1759 (Hederstrom dalam Jones, 1992), sedangkan otolit telah digunakan untuk menentukan umur ikan sejak tahun 1899 (Ricker, 1975).

Metode penentuan umur ikan dengan menggunakan tanda-tanda tahunan pada bagian tubuh yang keras ini selalu dilakukan pada daerah subtropis atau daerah empat musim. Karena ikan-ikan yang hidup di daerah empat musim sangat terpengaruh oleh perubahan musim. Pada musim dingin pertumbuhan ikan sangat lambat atau hampir berhenti karena pada saat itu ikan melakukan hibernasi (istirahat di musim dingin). Pada saat melakukan hibernasi, ikan menghentikan seluruh aktivitasnya, termasuk aktivitas makan maka ikan mengalami perlambatan pertumbuhan atau hampir berhenti. Karena itu, penentuan umur ikan dengan menggunakan bagian tubuh yang keras sangat baik dilakukan pada daerah subtropis.

Di daerah tropis seperti Indonesia dimana perubahan musim tidak menyebabkan perubahan suhu lingkungan perairan yang besar, secara teoritis tidak menyebabkan perbedaan nyata dalam pertumbuhan ikan. Dengan demikian, penentuan umur ikan dengan menggunakan bagian tubuh yang keras tidak dapat dilakukan.

Beberapa spesies ikan air tawar di perairan tropik, terutama ikan-ikan labirin, seperti ikan gabus (*Channa striata*), gurami (*Osphronemus gouramy*), betok (*Anabas testudineus*), tambakan (*Helostoma temmincki*), sepat (*Trichogaster*, *Trichopterus*), dan belut (*Monopterus albus*) adalah ikan-ikan yang pada musim panas melakukan estivasi (istirahat musim panas), ketika beberapa sumber air, seperti rawa dan danau, mengalami kekurangan air bahkan kekeringan. Ikan-ikan tersebut dapat mengubur diri dalam lumpur yang lembab tanpa aktivitas. Hal ini akan menimbulkan kondisi tidak layak bagi ikan sehingga menghambat pertumbuhannya. Namun, kondisi tersebut tidak layak digunakan untuk penentuan umur ikan.

Penentuan umur ikan dengan sisik di negara-negara yang berada di daerah subtropis cukup maju. Sedangkan untuk ikan-ikan yang tidak bersisik seperti ikan lele (*Clarias*), patin (*Pangasius*), dan baung (*Hemibagrus*), penentuan umur dilakukan dengan menggunakan organ operkulum, jari-jari sirip, tulang punggung, dan batu telinga (otolit). Bagian-bagian tubuh ikan digunakan karena pada waktu terjadi perlambatan pertumbuhan, misalnya karena musim dingin, kekurangan makanan atau faktor-faktor lain, maka selain pada sisik, tanda perlambatan pertumbuhan akan tercatat pula pada bagian-bagian tubuh yang keras tersebut.

Dewasa ini penggunaan otolit untuk menentukan umur ikan paling banyak dilakukan dan paling maju. Kajian untuk menduga umur (dan pertumbuhan) ikan dengan menggunakan lingkaran harian berkembang dengan sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir dan memberi kontribusi yang cukup signifikan dalam menilai sumber daya perikanan. Lingkaran harian bisa dijadikan alat verifikasi dalam menduga umur dan pertumbuhan (Tanabe *et al.*, 2003).

Penggunaan otolit menjadi lebih sering karena pertimbangan ketepatan dan akurasinya yang lebih baik. Marka kronologi berupa lingkaran pertumbuhan otolit pertama kali diobservasi oleh Ehrenbaum dan Marukawa (1913), kemudian Pannella (1971) menemukan 360 lingkaran pertumbuhan kecil pada *band annulus*. Sejak itu penggunaan otolit sebagai alat untuk menentukan umur ikan berkembang dengan cepat menjadi metodologi tersendiri yaitu *otolithometri*.

Otolithometri merupakan bagian *sclerochronology*. *Sclerochronology* merupakan metode pembacaan jaringan keras (*hard tissue*) untuk mendapatkan gambaran kejadian (*event*) yang dialami oleh individu yang bersangkutan. Kata "*sclerochronology*" berasal dari Bahasa Yunani, *scleros* artinya jaringan keras, *chronos* artinya waktu, dan *logos* artinya ilmu. *Sclerochronology* ini diterapkan terutama organisme yang hidup secara liar di alam (misalnya ikan) dimana penelusuran riwayat hidup (*life history*) sangat sulit dan tidak memungkinkan dilakukan untuk jangka waktu panjang. Di dalam Biologi Perikanan, *sclerochronology* dikenal tiga teknik yaitu *otolithometri*, yang menggunakan otolit sebagai preparatnya, *scalimetry* dengan sisik, dan *squelettometri* (*squelettchronology*) dengan jaringan keras lainnya, seperti ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras (Budimawan, 2013).

Otolithometri sebagai bagian dari metode pembacaan jaringan keras mengalami perkembangan yang lebih signifikan dibandingkan dengan teknik lainnya. Akurasi menjadi pertimbangan utama atas pilihan metode ini. Awalnya *otolithometri* hanya digunakan pada pedugaan umur individu ikan (Teleostei). Namun, akhir-akhir ini otolit telah banyak menjadi obyek studi dalam bidang-bidang biologi lainnya, misalnya tingkah laku pendengaran dan keseimbangan ikan, ekologi larva ikan, identifikasi spesies (taksonomi), identifikasi stok, dan rekonstruksi lingkungan dari suatu habitat (Mendoza, 2006).

Otolithometri mengalami perkembangan pesat seakan lepas dari sekadar *sclerochronology* sehingga tidak saja digunakan sebagai instrumen untuk menduga dan menentukan umur dan pertumbuhan tetapi juga untuk keperluan lain guna mendapatkan informasi penting menyangkut bioekologi ikan yang menjadi dasar dalam pengambilan opsi-opsi pengelolaan stok perikanan secara tepat. Akurasi otolit sebagai perekam sempurna informasi biologis dimungkinkan karena sifat fisiologis dari otolit yang *inert* dan stabil, tidak diabsorpsi kembali (reabsorpsi) ketika individu defisit kalsium demikian pula bila individu dalam keadaan starvasi (tidak makan), sebagaimana jaringan keras lainnya yang mengalami reabsorpsi sehingga dapat mengakibatkan kesalahan estimasi. Selain itu, kelebihan lainnya bila dibandingkan dengan jaringan keras lainnya yaitu otolit sudah terbentuk sejak ikan ditetaskan atau dilahirkan dan bertahan hingga akhir hidupnya sehingga faktor alibi dapat diabaikan. Pada masa hidup ini deposit kalsium pada otolit berlangsung secara kontinu dengan ritme mengikuti pertumbuhan tubuh ikan, melambat pada saat mencapai ukuran maksimal (panjang asimtot) (Budimawan, 2013).

Perkembangan *otolithometri* ke arah yang lebih prospektif dengan penggunaan *microchemistry*. Metode analisis kimia *otolith ratio Sr:Ca* mengonfirmasi dan memvalidasi metode analisis kontras topografi (mineral-organik). Prinsip metode ini mendeteksi kadar *Sr:Ca* yang terkandung dalam permukaan preparat otolit, mulai dari *core* (pusat otolit) yang diterjemahkan sebagai awal kehidupan hingga ke ujung (*edge*) otolit sebagai akhir hidup. Hasil deteksi ini menggambarkan perjalanan ikan diadromus dari habitat laut bersalinitas tinggi ke habitat sungai bersalinitas rendah atau sebaliknya. Loncatan drastis dari *ratio Sr:Ca* tinggi ke rendah yang terdeteksi pada otolit menunjukkan titik peralihan dari laut ke sungai. Penelusuran ini dimungkinkan karena konsentrasi Sr di air laut delapan kali lebih tinggi dari pada di air tawar (Secor & Rooker's, 2000), sehingga otolit yang menginkorporasi secara proporsional mineral strontium (Sr) dan kalsium (Ca) menunjukkan perbedaan kedua mineral ini pada otolit. Teknik ini telah banyak diterapkan untuk menelusuri durasi ruaya (migrasi) ikan pada setiap habitat yang dilalui (Gillanders, 2005 dalam Budimawan, 2013).

Teknik *otolithometri* akan semakin difungsikan dalam penelusuran struktur populasi ikan dalam suatu stok sejalan dengan kemajuan peralatan elektronik, khususnya teknologi optik dan teknologi komputasi. Tingkat keterbacaan yang menjadi tantangan metodologi ini mulai teratasi. Kemampuan mendeteksi informasi pada otolit meningkat secara signifikan dengan penggunaan kamera optik yang terhubung dengan sistem komputasi dalam unit komputer. Kesulitan membaca marka-tahunan ikan-ikan tropis yang banyak dikeluhkan oleh para peneliti perlahan-lahan teratasi. Patokan waktu pada otolit tidak lagi ditelusuri dari marka-tahunan saja tetapi melalui siklus waktu lainnya seperti pemijahan, pasang surut,

atau bahkan siklus niktimeral (siang-malam). Dengan kemampuan sensor optik dan komputasi yang dapat *men-display* sekaligus menganalisis konfigurasi lingkaran pertumbuhan yang tergambar pada otolit, citra berupa *analog images* dikonversi menjadi matriks data berupa jumlah dan jarak antarlingkaran-pertumbuhan yang merefleksikan runtun-waktu (*time series*) dari individu yang bersangkutan. Kontribusi dari peralatan sensor optik dan komputasi memberikan perspektif sangat berarti dalam pengembangan *otolithometri* ini, sekaligus memperbaiki teknik-teknik estimasi parameter biologi suatu stok ikan (Budimawan, 2013).

Keunggulan-keunggulan *otolithometri* menjadi peralatan sangat berguna dalam memperbaiki ketajaman analisis pada bidang Biologi Perikanan. Hasil-hasil kajian yang berkenaan dengan penggunaan data Biologi Perikanan sebaiknya tidak lagi menggunakan pendekatan statistik semata seperti teknik ekstrapolasi dan frekuensi-panjang untuk menentukan umur dan pertumbuhan dan parameter biologi lainnya yang dijabarkan dari indikator umur, tetapi menggunakan teknik *otolithometri* atau *sclerochronologi* lainnya.

1. Sisik

Kalau diamati sebuah sisik ikan di bawah mikroskop tampak adanya lingkaran-lingkaran berbentuk hampir menyerupai lingkaran tahun pada tanaman. Atas dasar inilah kemudian para ahli berusaha mengambil manfaat untuk mengetahui sesuatu dari sisik ikan. Upaya yang dilakukan mirip pada tanaman, yaitu menduga umur, lalu berkembang menduga kecepatan pertumbuhan (Sudarto, 1992).

Beberapa peneliti seperti Beamish & McFarlane, serta Carlander & Gutreuter pada tahun 1987 telah melakukan penelitian dan mendapat jawaban yang positif tentang umur ikan. Keempat peneliti tersebut melakukan penelitian di daerah subtropis. Sementara pionir penelitian penentuan umur ikan melalui sisik di daerah tropis adalah Roger W. Doyle dari Canada.

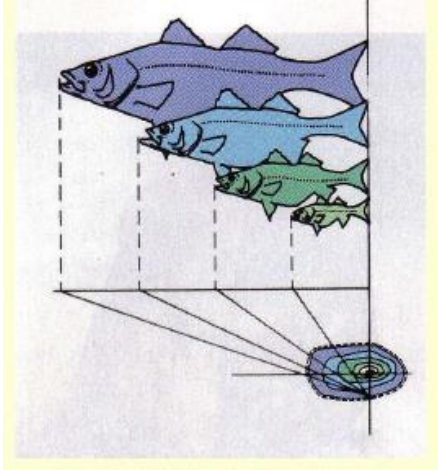
Penentuan umur ikan dengan menggunakan metode sisik berdasarkan tiga hal. Pertama, bahwa jumlah sisik ikan tidak berubah dan tetap identitasnya selama hidup. Kedua, pertumbuhan tahunan pada sisik ikan sebanding dengan penambahan panjang ikan selama hidupnya. Ketiga, hanya satu annulus yang dibentuk pada tiap tahun.

Dari bermacam-macam sisik ikan yang ada hanya sisik sikloid (cycloid) dan stenoid (ctenoid) yang dapat digunakan untuk menentukan umur ikan. Bagian-bagian pada sisik sikloid pada dasarnya sama dengan sisik stenoid, kecuali bagian posteriornya. Bagian posterior sisik stenoid dilengkapi dengan steni (semacam gerigi kecil), sedangkan sisik sikloid tidak ada. Hal ini dengan mudah dapat diketahui dengan jalan meraba bagian tubuh ikan dari arah posterior ke arah anterior (dari ekor ke arah kepala). Bila tubuh ikan bersisik stenoid diraba akan terasa kasar, sedangkan pada ikan berisik sikloid terasa halus.

Fokus merupakan titik awal perkembangan sisik dan biasanya berkedudukan di tengah-tengah sisik, meskipun pada perkembangan selanjutnya fokus dapat berada lebih ke arah posterior atau lebih ke arah anterior. Selanjutnya terdapat lingkaran-lingkaran yang mengelilingi fokus. Lingkaran ini disebut sirkulus (jamak: sirkuli). Sirkulus ini akan selalu bertambah selama hidup ikan seiring dengan pertumbuhan ikan. Berdasarkan fenomena ini, di daerah subtropik sisik dapat digunakan untuk menentukan umur ikan. Pada musim dingin ikan tidak aktif mencari makan sehingga pertumbuhan ikan sangat lambat, bahkan sering terhenti. Hal ini mengakibatkan sirkulus bertambah dengan lambat, jarak antar satu sirkulus dengan sirkulus berikutnya menjadi sempit, bahkan kadang kala berhimpitan.

Sirkuli yang berhimpitan ini dinamakan annulus (jamak: annuli) yang terjadi setahun sekali, dan karena itu annulus ini dapat digunakan untuk menghitung umur ikan. Sebanyak jumlah annuli yang terdapat pada sisik ikan berarti sejumlah itu pula umur ikan, misalnya jumlah annulus ada tiga berarti ikan tersebut

berumur tiga tahun. Pertumbuhan sisik berbanding lurus dengan pertumbuhan panjang ikan. Dengan membandingkan jarak antara annulus terhadap fokus dengan panjang ikan maka dapat dihitung pula panjang ikan pada umur tertentu (Gambar 49).



Gambar 49. Penghitungan panjang ikan pada umur tertentu

Namun, penentuan umur ikan dengan cara ini sukar dilakukan di Indonesia, sebab pada sisik ikan jarang ditemukan adanya annulus. Perbedaan antara pengaruh musim kemarau dan musim penghujan tidak terlalu terlihat nyata terhadap pertumbuhan ikan sehingga jarak antara sirkulus yang satu dengan yang berikutnya lebih kurang sama. Dengan demikian jarang ditemukan adanya annulus. Dalam penelitian di perairan tropik dapat saja ditemukan adanya ikan yang mempunyai “annulus” namun sebenarnya bukan annulus dalam pengertian di atas. Perairan rawa atau sungai maupun danau kadang kala mengalami kekeringan atau penyusutan volume air yang signifikan. Hal ini akan menimbulkan kondisi tidak layak bagi ikan sehingga menghambat pertumbuhannya. Gangguan ini akan tercermin dari perkembangan sirkulus yang rapat satu terhadap yang berikutnya sehingga membentuk gambaran seperti annulus. Annulus yang terbentuk ini dinamakan annulus palsu (*pseudoannulus*) yang sudah barang tentu tidak dapat digunakan untuk perhitungan umur ikan (Rahardjo *et al.*, 2011).

Selain annulus palsu pada ikan terdapat pula yang dinamakan sisik palsu. Tanda-tanda kelainan sisik palsu dari sisik biasa adalah fokus sisik palsu lebih besar. Pada daerah fokus tadi tidak terdapat sirkulus atau sirkuli jadi merupakan bagian licin. Bagian luar dari fokus yang lebar mempunyai tanda-tanda sama dengan sisik normal. Sisik palsu tidak dapat dipakai sebagai alat penentu umur ikan karena sisik palsu terjadi sebagai pengganti sisik yang tanggal, jadi setelah ikan mencapai ukuran dan umur tertentu. Pada bagian sisik yang tanggal, mula-mula akan dibentuk satu lapisan dari material sisik sebagai penutup (ini penyebab fokus menjadi lebar), kemudian baru terjadi peletakan sirkuli seperti pada sisik lain (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Pada prinsipnya semua sisik penutup tubuh dapat dipakai sebagai alat penentu umur. Namun bentuknya pada beberapa bagian tidak seragam, maka kalau diambilnya dari berbagai tempat akan menimbulkan kesukaran terutama dalam perhitungan-perhitungan untuk keperluan data. Oleh karena itu pengambilan sisik untuk keperluan penentu umur ikan, sisik harus diambil dari daerah yang sama. Sisik-sisik ini dinamakan sisik kunci. Pada golongan ikan berjari-jari sirip lemah seperti ikan mas, daerah sisik kuncinya adalah bagian depan antara garis sisi (*linea lateralis*) sebelah kiri dengan pangkal depan sirip punggung. Sisik kunci untuk golongan ikan berjari-jari sirip keras seperti ikan nila, betok, kakap dan sebagainya adalah di belakang ujung belakang sirip dada sebelah kiri setelah diluruskan menuju ekor. Ada juga peneliti yang memakai sisik kuncinya terletak di antara kedua daerah ujung sirip perut setelah diluruskan ke belakang.

Penentuan umur dengan menggunakan sisik tidak selamanya seksama dimana pembacaan sisik dalam jumlah yang besar dan terdiri dari berbagai macam umur, akan didapatkan ketidaksepakatan hasil bacaan

satu orang dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan oleh semakin bertumpuk sirkuli atau tidak jelas annuli pada ikan berumur lebih dari 4 atau 5 tahun. Oleh karena itu menentukan umur ikan dengan menggunakan metode sisik sebaiknya harus dibantu dengan metode lainnya sebagai alat untuk mencek agar lebih obyektif menginterpretasi data (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Penentuan umur dengan sisik telah mengalami kemajuan yang pesat. Beberapa peneliti dari Kanada, Thailand, dan Indonesia sejak tahun 1990-an mulai menggunakan sisik untuk menguak misteri umur ikan, misalnya yang dilakukan oleh McNaughton dan Matricia. Penelitian pada ikan mas dan nila ternyata hasilnya menakjubkan karena bisa memperlihatkan perbedaan geografis dan lokasi asal ikan.

Bagi para peneliti atau mahasiswa, cara ini cukup ampuh. Misalnya penelitian mengenai pengaruh pakan terhadap pertumbuhan. Peneliti tidak perlu menunggu ikan sampai umur berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun. Setelah beberapa minggu dari perlakuan bisa segera diketahui pengaruhnya lewat pendeteksian sisik. Kalau hal ini dikaitkan dengan usaha petani ikan dan pengusaha pakan ikan tentu sangat bermanfaat, sebab waktu yang dilakukan lebih singkat (hanya 2 minggu saja, seperti yang dilakukan oleh Roger W. Doyle) sehingga ada penghematan dana. Secara keseluruhan metode ini lebih murah dan lebih cepat bila dibandingkan dengan metode konvensional. Metode inipun tidak mengenal waktu dan kondisi, artinya bisa dilakukan di mana saja dan kapan saja. Bisa di dalam akuarium, di kolam, di tambak, atau di keramba jaring apung. Bisa juga pengambilan contoh ikan dari suatu perairan seperti danau atau sungai pada waktu tertentu untuk melihat perbedaan pertumbuhan di berbagai lokasi (Sudarto, 1992).

Penentuan umur dan pertumbuhan ikan dengan sisik semakin diakui keakuratannya seiring perkembangan *sclerochronology*. Dalam Biologi Perikanan, *sclerochronology* dikenal tiga teknik yaitu *otolithometri*, yang menggunakan otolit sebagai preparatnya, *scalimetry* dengan sisik, dan *squelettometri* (*squelettechronology*) dengan jaringan keras lainnya, seperti ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras. Teknik *scalimetry* sebagaimana *otolithometri* dan *squelettechronology* sudah umum digunakan dalam Biologi Perikanan.

2. Operkulum

Tulang operkulum (tutup insang) yang telah dikupas kulitnya dalam keadaan kering, pada bagian terjadinya kelambatan pertumbuhan mempunyai warna berbeda dengan bagian lain yaitu lebih jernih. Hal ini disebabkan oleh susunan material lebih pejal pada bagian yang tumbuhnya lambat. Pembacaan umur ikan dengan menggunakan operkulum jauh lebih mudah dan jelas tampaknya walaupun tidak menggunakan alat optik tambahan. Tanda tahunan akan terlihat lebih jelas lagi apabila melihatnya di dalam ruangan gelap dimana operkulum ditaruh di atas kaca yang di bawahnya terdapat lampu berfluorescent. Jarak antara satu tanda tahunan dengan lainnya untuk ikan berumur 2 atau 3 tahun tampak nyata. Tetapi pada ikan berumur tua jarak tanda tahunan semakin berdekatan bahkan ada yang hampir bertumpu. Pertumpuan ini disebabkan tanda tahunan tadi seperti garis lebar dengan batas yang tidak begitu nyata, sedangkan pertumbuhan pada ikan tua lambat.

Penentuan umur ikan dengan operkulum merupakan bagian dari *sclerochronology* dengan menggunakan teknik *squelettometri* (*squelettechronology*) dengan menggunakan jaringan keras selain otolit dan sisik, di antaranya ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras.

3. Sirip

Penentuan umur ikan dengan duri sirip atau jari-jari sirip merupakan bagian dari *sclerochronology* dengan menggunakan teknik *squelettometri* (*squelettechronology*) dengan menggunakan jaringan keras selain otolit dan sisik, yaitu ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras.

Bagi ikan yang tidak bersisik atau sisiknya sangat kecil dan tertanam jauh ke dalam kulitnya, duri sirip punggung atau adanya sering digunakan untuk menentukan umur dan pertumbuhannya. Dasar pemikiran menggunakan duri sirip ini sama seperti pada sisik dan operkulum yaitu bahwa pada tulang ini terdapat tanda-tanda yang menunjukkan kejadian pertumbuhan yang cepat dan lambat, dimana pertumbuhan ikan itu selalu sebanding dengan tumbuhnya duri dari siripnya.

Duri sirip yang biasa diambil untuk keperluan ini adalah duri sirip punggung yang terdepan dan duri sirip dada yang terluar, terutama pada bagian yang paling lebar yaitu dekat pada dasarnya. Oleh karena itu pada waktu dilakukan penanggalan duri tersebut diusahakan agar patah tidak jauh dari pangkalnya. Untuk melihat tanda tahunan yang sesuai dengan pertumbuhan yang lambat pada musim tertentu, pada bagian dari yang paling lebar dilakukan pengirisan yang tipis. Pada waktu pertumbuhan yang cepat pada irisan duri terlihat putih seperti warna tulang dan pada waktu pertumbuhan lambat kelihatannya jernih seperti agak kegelap-gelapan karena bahan yang menyusunnya lebih pejal pada waktu pertumbuhan yang lambat (Effendie, 1979). Menurut Lux (1971) dalam Effendie (1979) tanda-tanda tahunan dapat terlihat jelas dan pada ikan strurgeon yang berumur 125 tahun masih dapat dihitung tanda tahunannya dengan mudah.

4. Tulang Punggung

Penentuan umur ikan dengan tulang punggung atau ruas tulang belakang (vertebrata) merupakan bagian dari *sclerochronology* dengan menggunakan teknik *squelettometri* (*squelettochronology*) dengan menggunakan jaringan keras selain otolit dan sisik, di antaranya ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras.

Sejalan dengan pertumbuhan ikan, tulang punggung ikan tumbuh pula seirama seperti pertumbuhan bagian-bagian tubuh lainnya. Pada masa-masa tidak ada pertumbuhan atau pertumbuhan lambat, maka pertumbuhan tulang punggung pun demikian. Dan ternyata kelambatan pertumbuhan dalam suatu waktu tertentu di dalam jangka waktu satu tahun tercatat dengan baik pada tulang punggung dan merupakan tanda tahunan yang dapat dibedakan dengan ketika ikan itu mengalami pertumbuhan secara biasa (Effendie, 1979).

Tanda tahunan yang terdapat pada tulang punggung dapat dilihat pada bagian depan atau belakang tiap-tiap ruas tulang. Bagian dari ruas yang berhubungan dengan ruas lainnya bergantung kepada ikannya, ada yang cekung, cembung, atau datar. Bagian-bagian yang tidak menjadi tanda tahunan berwarna putih seperti warna tulang yang lain, sedangkan yang menjadi tanda tahunan berwarna lebih jernih seolah-olah berwarna agak kehitam-hitaman. Setelah diperhatikan dengan seksama ternyata tanda tahunan yang warnanya agak berbeda itu merupakan suatu tonjolan seperti cincin yang mengelilingi centrum dari tulang punggung. Untuk 2-3 tahun pertama tanda ini tampak dengan baik. Akan tetapi pada ikan yang sudah tua, tanda tahunan yang seperti cincin ini letaknya berdekatan dan kadang-kadang hampir bersatu (Effendie, 1979).

Penentuan umur ikan dengan menggunakan tulang punggung yang telah dikeringkan hampir sama saja dengan menggunakan tulang operkulum. Perbedaannya terletak pada ukuran. Tulang punggung ukurannya lebih kecil daripada tulang operkulum. Namun tanda tahunan pada tulang punggung masih nampak walaupun tidak menggunakan alat optik tambahan.

5. Otolit

Otolit (*otolith*) atau batu telinga adalah suatu gumpalan gelatin yang mengandung partikel kalsium karbonat konsentrasi tinggi yang membentuk bagian dari otot makula pada telinga dalam (Martin, 2012). Secara anatomi, ada bagian-bagian tubuh ikan yang dapat digunakan untuk menentukan tanda perkembangan yang tetap secara periodik, yaitu pada bagian tubuh yang keras seperti pada otolit dimana

tahapan waktu tetap dapat ditandai. Otolit sebagai salah satu komponen berstruktur keras dalam tubuh ikan terbentuk dari endapan kalsium karbonat dan aragonit dapat digunakan untuk menghitung pertumbuhan dan menentukan umur ikan (Campana *et al.*, 1987 dalam Kantun & Mallawa, 2016). Otolit telah digunakan untuk menentukan umur ikan sejak tahun 1899 (Ricker, 1975).

Menurut Campana & Neilson (1985) dalam Suharti (2002) menyatakan bahwa otolit adalah unit mikrostruktur yang digunakan untuk menghitung umur ikan terdiri dari lapisan-lapisan kristal kalsium karbonat yang mengendap secara periodik pada matriks organik. Lapisan-lapisan kristal yang mengendap tersebut merupakan struktur yang terdiri dari dua bagian (bipartite) dan disebut sebagai zona inkremental. Zona tersebut terdiri dari zona inkremen dan zona diskontinus yang umumnya terbentuk dalam 24 jam. Dua zona ini secara bersama-sama terlihat sebagai dua garis yang berdekatan, yakni materi yang terang (inkremen) dan materi yang gelap (diskontinus). Jika dilihat dibawah mikroskop dengan pencahayaan khusus, zona inkremental akan terlihat lebar dan transparan, sementara zona diskontinus relatif sempit dan berwarna gelap.

Otolith berasal dari Bahasa Yunani, *oto* yaitu telinga, *litho* yaitu batu, organ yang terletak dalam telinga-dalam setiap ikan Teleostei (bertulang keras/sejati). Otolit terletak di dalam aparatus vestibula. Aparatus ini terbagi menjadi kantung bagian dorsal yang disebut **pars superior**, dan bagian ventral yang disebut **pars inferior**. Lapilli terletak di bagian anterior dari pars superior, sedangkan sagita dan asterikus letaknya saling berdekatan yakni berada dalam pars inferior yang posisinya di bagian tengah dan bawah (Suharti, 2002).

Setiap individu ikan teleostei mempunyai tiga pasang otolit, yaitu *sagitta-otolith* berada dalam kantong *sacculus*, *lapillus-otolith* dalam *utricle*, dan *asteriscus-otolith* dalam *lagena* yang terletak di sisi kiri dan kanan rongga tengkorak, berdekatan dengan mata. Masing-masing otolit tersebut berada dalam kantong yang mempunyai sel-sel sensorial yang disebut *cristae* dilengkapi cairan *endolymph* yang memungkinkan menjalankan fungsi-fungsi pendengaran dan keseimbangan pada ikan. Sel-sel *cristae* ini menghubungkan otolit dengan pusat sistem metabolisme kalsium sehingga konkresi dan akumulasi mineral kalsium (Ca^{++}) dapat berlangsung secara kontinu sepanjang hidupnya. Otolit tersusun sebagian besar (90-99 %) dari kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk kristal kalsit, aragonit, verit, dan monohidrat kalsium karbonat, selebihnya (1-10 %) bahan organik berupa *otholin* dan *trace element*. Ikan-ikan Agnatha dan Chondrichthyes memiliki kristal kalsium karbonat otolit dalam bentuk verit; ikan-ikan Holosteen, kalsium karbonat otolitya pencampuran aragonit dan verit; sedangkan ikan-ikan Teleostei, kristal kalsium karbonatnya umumnya dalam bentuk aragonit. Jenis kristal kalsium otolit menentukan kestabilan dan kekokohan otolit. Jenis kristal otolit yang *inert* (tidak terurai) dan stabil, tidak mengalami *turn-over* walau dalam kondisi kritis dan defisit kalsium sekalipun sehingga tidak mengganggu pembentukan lingkaran pertumbuhan dan menjadi perekam yang ideal dan relatif sempurna dalam menyimpan informasi-informasi bioekologi. Sifat *inert* dari jaringan penyusun otolit ini menjadikan otolit sebagai organ yang menyimpan informasi secara akurat. Para ahli *wild biology* mengibaratkan otolit sebagai "*Black Box*" seperti pada sebuah pesawat yang menyimpan seluruh informasi-*event* yang dialami oleh ikan. Namun demikian, pengungkapan informasi tersebut memerlukan ketrampilan dan kompetensi, seperti halnya kemampuan radiolog membaca foto rontgen (Budimawan, 2013).

Deposit kalsium karbonat sebagai pembentuk otolit sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Pada kondisi nonfavorabel (suhu sub-optimal dan kelangkaan makanan), misalnya pada musim dingin di daerah bermusim empat, metabolisme kalsium melambat dan sangat lambat hingga nihil, mengakibatkan pembentukan dan pertumbuhan kalsik dan otolit yang melambat pula, maka terbentuklah lingkaran pertumbuhan yang menyempit dan saling rapat, seakan-akan menyatu. Penyatuan lingkaran pertumbuhan yang kemudian dikenal sebagai marka tahunan yang disebut *annulus* dan dijadikan patokan dalam perhitungan umur tahunan. Demikian pula pada kondisi favorabel berimplikasi pada

deposit kalsium pada otolit menjadi baik. Akumulasi ion kalsium (Ca^{+2}) ke dalam otolit berlangsung melalui absorpsi pada organ inestin (usus), kemudian melalui sistem sirkulasi kalsium yang berkonyugasi dengan protein reseptor yang disebut *calmoduline* dilepaskan di dalam cairan *endolymph* dalam kantong otolit. Di dalam cairan *endolymph*, kalsium berasosiasi dengan ion karbonat (CO_3^-) membentuk kalsium karbonat, CaCO_3 (Mugiya, 1974 dalam Budimawan, 2013). Mekanisme pembentukan kalsium karbonat ini dikontrol oleh hormon calcitonin dan parathyroid yang dihasilkan oleh masing-masing kelenjar ultimobrancial dan parathyroid pada ikan (Flemming, 1974 dalam Budimawan, 2013).

Setiap organ otolit dikaitkan dengan jenis tertentu otolit yang terdiri atas *lapillus* yang terletak di *utricle*, *asteriscus* di *lagena*, dan *sagitta* terletak di *sacculus*. *Sagitta* adalah otolit dengan keragaman morfologi terbesar dan karena itu adalah yang paling banyak dipelajari. Pada ikan, telinga bagian dalam memiliki dua fungsi dasar untuk mendengar suara-suara (fungsi akustik) dan merasakan percepatan sudut dan gravitasi (fungsi ekuilibrium). Kedua fungsi tersebut memiliki dua bagian morfologi yang berbeda. Telinga atas bagian dalam (saluran *utricle* dan setengah lingkaran) berfungsi sebagai kontrol ekuilibrium. Bagian bawah (*sacculus* dan *lagena*) adalah khusus dalam menerima suara. Ketika sebuah gelombang suara datang, otolit bertindak sebagai pemindah pada sistem saraf ikan (Campana, 1992 dalam Kuntun & Mallawa, 2016).

Sebagai salah satu organ yang berfungsi pada sistem keseimbangan dan pendengaran ikan, otolit memiliki sensitivitas yang sangat tinggi terhadap keadaan lingkungan di mana ikan tersebut berada. Sifat sensitif ini yang memungkinkan otolit merekam kejadian yang dialami oleh ikan. Semua kejadian direkam dalam bentuk konfigurasi pertumbuhan kalsik tertentu pada otolit dalam tiga dimensi. Pertumbuhan tiga dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) ini memungkinkan preparat otolit dapat diamati tiga arah dimensional, yaitu posisi sagital, transversal, dan longitudinal. Pada otolit yang ukurannya kecil posisi pemotongan sagital lebih ideal, sedangkan otolit yang berukuran besar (ikan-ikan tua) transversal dan longitudinal (Budimawan, 2013).

Permukaan otolit menggambarkan marka-marka kejadian dan waktu tertentu yang kemudian para ahli digunakan sebagai referensi waktu sehingga memungkinkan menghitung umur ikan. Marka-marka yang terbentuk pada otolit tersebut merupakan respons fisiologis dari lingkungan yang dialami oleh ikan yang bersangkutan yang mengimplikasi metabolisme kalsium. Demikian, sehingga *alternace* yang terbentuk secara periodik dikenali sebagai indikator waktu. Pada otolit, *alternace-alternace* waktu yang dapat dikenali adalah siklus siang-malam (pertumbuhan siklik harian), pasang surut (mingguan), musim (panas-dingin, hujan-kemarau). Marka-marka waktu ini dapat mencerminkan kecepatan pertumbuhan. Ukuran ketebalan marka ini direkonstruksi menjadi ukuran-ukuran ikan berdasarkan perhitungan mundur (*back calculation*). Prosedur ini memungkinkan mengestimasi ukuran-ukuran ikan yang bersangkutan pada umur tertentu. Prinsip pertumbuhan proporsional otolit dan ikan yang bersangkutan menjadi prinsip utama yang memungkinkan merekonstruksi ukuran-ukuran ikan itu pada masa lalu (Hunt, 1992). Dengan rekonstruksi ukuran-ukuran masa lalu, kurva pertumbuhan ikan tersebut dapat digambarkan.

Kejadian-kejadian lainnya yang dialami oleh ikan dan bersifat stres juga dapat direkam dalam bentuk marka tertentu pada otolit, seperti stres pemijahan, stres penetasan, stres pergantian dari absopsi kuning telur ke makan pertama, stres pencemaran, stres pergantian habitat (laut ke sungai atau sebaliknya). Namun, marka ini biasanya berbeda ketebalan dan bentuk lingkaran pertumbuhan dengan marka waktu. Marka yang mengindikasikan stres bukan marka periodik sehingga kepastiannya harus dikonfirmasi berdasarkan teknik validasi. Teknik validasi marka tersebut dapat dilakukan di laboratorium dengan memberikan efek-stres yang dimaksud pada ikan uji kemudian membaca ekspresi efek tersebut yang tergambar di otolit individu ikan uji (Budimawan, 2013).

Komposisi kimia dari otolit dapat juga digunakan sebagai alat untuk mendeteksi perbedaan stok populasi. Perbedaan geografi dari populasi ikan dapat merefleksikan komposisi kimia dari perairannya ke dalam struktur tulang ikan, termasuk otolit. Selain memiliki unsur utama kalsium karbonat dan protein, otolit juga mengandung unsur lain seperti sodium, sulfur, besi, dan nikel, yang bervariasi sesuai dengan lingkungan hidup dari ikan, sehingga elemen-elemen ini dapat dipergunakan sebagai indikator dalam menentukan stok populasi. Otolit dari *striped bass* (*Marone saxatilis*) yang berasal dari empat lokasi di Teluk Chesapeake, Amerika Serikat memiliki perbedaan dalam komposisi unsur-unsur kimia tersebut sehingga mengindikasikan perbedaan stok populasinya (Mullihan *et al.*, 1987 dalam Kantun & Mallawa, 2016).

Pertumbuhan lingkaran harian otolit pada ikan bisa memberikan informasi yang tepat tentang umur dan pertumbuhan pada awal kehidupan. Pembentukan lingkaran harian terlihat jelas pada semua jenis ikan dan dalam semua lingkungan. Pengujian dengan mikro otolit bisa dilakukan pada ikan-ikan muda. Hal yang menjadi fokus perhatian peneliti terhadap otolit adalah lingkaran harian sehingga perlu diamati faktor-faktor yang bertanggung jawab dalam pembentukan selisih lingkaran harian pada otolit. Selisih lingkaran harian merupakan hasil dari ritme sirkadian endogen yang terjadi secara internal dalam siklus terang-gelap selama 24 jam. Fluktuasi lingkungan seperti pemberian makan dan variasi suhu tertentu dapat menghasilkan peningkatan lingkaran harian. Fluktuasi lingkungan lebih memengaruhi siklus harian endogen sehingga menghasilkan peningkatan lingkaran yang jelas dan teratur di lingkungan alami. Ketidakteraturan lingkaran harian terjadi pada kondisi pertumbuhan yang kurang baik dan ikan dewasa (Campana, 1992).

Pengamatan melalui mikro otolit bisa diperoleh informasi tentang umur dan pertumbuhan serta ketika ikan mati pun bisa diketahui dengan mengamati lingkaran terluar dari otolit. Lingkaran harian pada otolit juga dapat digunakan untuk menghitung waktu menetas ikan. Waktu/frekuensi penetasan bisa digunakan untuk memperkirakan waktu pemijahan. Umur dan siklus hidup tertentu (seperti pada fase metamorfosis dari larva menjadi juvenil) juga dapat direkam dalam mikro otolit melalui perubahan selisih lebar dan penampilan lingkaran harian. Pertumbuhan otolit sering sejalan dengan pertumbuhan ikan sehingga lebar selisih harian diprediksi sebanding dengan pertumbuhan ikan pada hari itu. Perhitungan kembali (*back calculations*) pertumbuhan harian merupakan aplikasi otolit yang paling kuat dan sering digunakan untuk merekonstruksi siklus pertumbuhan harian dalam hubungan dengan lingkungan. Aplikasi lain meliputi pengamatan tentang rekrutmen, tingkat mortalitas, dan massa termal (Campana & Jones, 1992).

Pertumbuhan otolit dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pola pertumbuhan otolit yang tidak mengikuti pola pertumbuhan somatik, dan pola pertumbuhan otolit yang berkaitan erat dengan pola pertumbuhan somatik. Pola pertama tergantung pada umur ikan. Pengaruh umur ikan tidak menggambarkan perkembangan biologi yang terjadi atau perubahan pertumbuhan otolit pada ikan dewasa, tetapi disebabkan oleh akumulasi kalsium yang terjadi sehari-hari terhadap panjang ikan. Sejumlah kalsium tersimpan secara konstan pada otolit walaupun terjadi perubahan harian dalam laju pertumbuhan somatik. Selama periode menurunnya laju pertumbuhan atau tidak ada pertumbuhan (*zero growth*), umur sangat memengaruhi ukuran otolit dibandingkan dengan pengaruh ukuran ikan. Hal ini berarti bahwa pertumbuhan otolit tidak tergantung dari faktor genetika atau sistem endokrin (Secor & Dean, 1992). Pola kedua adalah pertumbuhan otolit yang berhubungan erat dengan pola pertumbuhan somatik yang terjadi selama periode laju pertumbuhan somatik yang tinggi (Jenkins *et al.*, 1993).

Berkat ketajaman dan sensitivitas otolit memungkinkan para ahli mengungkap riwayat hidup, durasi setiap tahapan, dan stadia penting seperti leptosefalus, larva, dan metamorfosis dapat ditentukan. Demikian juga durasi residen di habitat laut dan sungai bagi ikan diadromus dapat ditentukan. Perdebatan panjang para ahli mengenai ikan sidat eropa (*Anguilla anguilla*) yang memijah di Laut Sargassum (Samudera Atlantik) dan bertumbuh di beberapa perairan Eropa (Pesisir Atlantik Utara dan Mediterania), larvanya melakukan ruaya trans-oseanik sejauh sekitar 6.000 km. Berdasarkan pemodelan

oseanografis, para ahli memperkirakan bahwa larva ikan sidat eropa membutuhkan waktu 2-3 tahun baru mencapai litoral Eropa, tetapi ternyata berdasarkan perhitungan marka harian pada mikrostruktur otolit hanya sekitar 365 hari, bahkan beberapa subpopulasi kurang dari nilai itu (Lecomte-Finiger, 1983 *dalam* Budimawan, 2013). Dengan teknik *otolithometri* yang sama juga ditemukan bahwa durasi fase larva berbeda-beda antarspesies ikan sidat dan bahkan dengan jenis ikan sidat yang sama dari area pemijahan berbeda memiliki (misalnya ikan sidat tropis, *Anguilla marmorata* durasi fase larva yang berbeda, sedangkan durasi fase metamorfosis relatif sama. Hasil analisis mikrostruktur otolit menunjukkan bahwa tiga subpopulasi ikan sidat *Anguilla marmorata*, yaitu subpopulasi Estuaria Poso, Sulawesi Tengah, Estuaria Tahiti, dan Estuaria Shuang-Chi serta Tanshui Taiwan memiliki durasi metamorfosis yang relatif homogen yaitu 17-21 hari (Budimawan, 1996; 1997), sedangkan subpopulasi Perairan Malunda, Sulawesi Barat menunjukkan bahwa fase metamorfosis berlangsung selama 17-24 hari (Amir, 2010).

Karena itu, otolit mempunyai fungsi yang sangat beragam, di antaranya: (1) alat perekaman sejarah hidup ikan dalam menjalani proses kehidupannya di lingkungan perairan laut maupun tawar; (2) sebagai bagian dari jaringan sensor bunyi dan pengatur keseimbangan; (3) menentukan umur; (4) mengungkapkan tentang laju pertumbuhan; (5) proses rekrutmen; (6) tingkat kesehatan; (7) pola ruaya/migrasi ikan; (8) ikan pertama kali makan makanan alami; (9) perubahan tingkatan kehidupan; (10) pertumbuhan larva; (11) proses metamorfosis; (12) perpindahan dari habitat laut ke habitat perairan tawar (Lecomte, 1992); (13) waktu pemijahan; (14) tingkat mortalitas larva; (15) penyebaran; (16) pemilihan habitat (May & Jenkins, 1992); (17) penurunan laju pertumbuhan; (18) tingkah laku dari populasi ikan (Jones, 1992); (19) menentukan perubahan lingkungan perairan yang terjadi ketika ikan tersebut hidup; (20) asosiasinya dengan riwayat hidup dari ikan-ikan yang bersifat anadromus. Pengetahuan mengenai aspek-aspek ini sangat diperlukan untuk pengelolaan stok perikanan secara berkelanjutan (Kantun & Mallawa, 2016).

Kajian dengan menggunakan preparat otolit mengalami kemajuan dan perkembangan yang sangat pesat sehingga menjadi metodologi tersendiri, yaitu *otolithometri*. *Otolithometri* merupakan bagian *sclerochronology*. Dalam Biologi Perikanan, *sclerochronology* dikenal tiga teknik yaitu *otolithometri*, yang menggunakan otolit sebagai preparatnya, *scalimetry* dengan sisik, dan *squelettometri* (*squelettechronology*) dengan jaringan keras lainnya, seperti ruas tulang belakang, tulang tutup insang, dan jari-jari sirip keras.

6. Frekuensi Panjang

Penentuan umur ikan dengan menggunakan metode frekuensi panjang atau metode petersen dengan anggapan bahwa satu umur ikan memiliki tendensi membentuk suatu distribusi normal di sekitar panjang rata-ratanya. Bila frekuensi digambarkan dengan grafik akan membentuk beberapa puncak. Puncak-puncak inilah yang dipakai tanda kelompok umur ikan.

Cara ini akan baik dipakai apabila ikannya mempunyai masa pemijahan pendek, terjadi satu kali satu tahun dan umur ikan tersebut tidak panjang. Untuk ikan yang mempunyai masa pemijahan panjang menyebabkan terdapat pertumbuhan ukuran dari umur yang berbeda. Ikan yang pertumbuhannya lambat dari satu kelas lebih tinggi, akan bertumpuk atau mempunyai ukuran sama dengan ikan yang tumbuhnya lebih cepat pada umur yang lebih rendah.

Metode ini didasarkan pada anggapan bahwa semua ikan yang dilahirkan pada saat yang sama akan bergabung dalam satu kohort (kelompok umur) yang membentuk satu modus sebaran frekuensi panjang. Modus ini memperlihatkan bahwa dalam satu kohort terdapat ikan yang tumbuh lebih cepat dan ada yang tumbuh lambat, sedangkan sebagian besar yang lain tumbuh rata-rata. Satu populasi ikan mempunyai beberapa kohort yang saling bertumpang tindih. Bila masing-masing kohort ini dipisahkan maka diperoleh beberapa kelompok umur, dan juga panjang rata-rata masing-masing kelompok umur (Rahardjo *et al.*, 2011). Penelitian tentang umur dan pertumbuhan pada tuna madidihang (*Thunnus albacares*) dengan mengacu jenis kelamin yang didasarkan pada analisis data frekuensi panjang di perairan Filipina

menunjukkan bahwa lanju pertumbuhan tuna madidihang jantan lebih besar daripada tuna madidihang betina (Suzuki, 1994). Tabel 65 disajikan struktur umur ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) dari wilayah yang berbeda.

Tabel 65. Struktur umur tuna madidihang (*Thunnus albacares*) dari wilayah yang berbeda

Peneliti	Daerah Penelitian	Metode yang Digunakan	Panjang Cagak				
			Umur				
			1	2	3	4	5
Rohit <i>et al.</i> (2012)	Samudera Hindia	Panjang	56,2	92,8	119,9	140,0	154,9
Somvanshi <i>et al.</i> (2003)	ZEE Hindia	Panjang	35,1	63,9	87,5	106,8	122,6
John (1995)	Andaman & Nikobar	Panjang	57,9	88,7	111,2	127,5	139,4
John & Reddy (1989)	Samudera Hindia	Panjang	77,0	101,7	120,1	134,0	144,3
Kantun (2012)	Teluk Bone	Panjang	52,7	99,2	130,2	152,1	160,3
Kantun & Amir (2013)	Selat Makassar	Panjang	51,4	95,5	130,6	151,2	162,1
Kantun & Mallawa (2013)	Laut Flores	Panjang	52,3	99,4	129,6	151,0	164,4

Sumber: Kantun & Mallawa (2016)

7. Pemberian Tanda

Pemberian tanda dalam bentuk *tagging* dan *marking* dapat dipakai sebagai alat menentukan umur ikan. Penentuan umur dengan cara pemberian tanda hanya cocok pada ikan-ikan yang telah mencapai ukuran tertentu, dan lebih mudah dilakukan pada ikan-ikan berukuran besar, misalnya hiu, tuna, cakalang, dan sebagainya.

Tagging ialah pemberian tanda berupa benda asing pada tubuh ikan, dimana pada tanda ini dapat diberi tanda-tanda lain berupa tanggal, nomor, atau kode-kode lain. Tag yang digunakan bermacam-macam bentuk dan materialnya. Material yang dipakai biasanya tahan atau tidak berkarat, seperti plastik, perak, dan sebagainya. Bergantung pada macamnya, ada tag yang ditempatkan di rahang bawah, operkulum, di belakang sirip punggung, batang ekor, dan sebagainya.

Sedangkan marking adalah pemberian tanda pada ikan bukan dengan benda asing melainkan dengan jalan menghilangkan bagian dari tubuh ikan, misalnya pemotongan sirip. Melakukan marking harus berhati-hati agar pemotongan sirip yang dilakukan masih dapat dikenal pada waktu ikan tertangkap kembali.

B. PENUAAN

Ikan bertumbuh terus sepanjang hidupnya, sehingga dapat dikatakan bahwa ikan mempunyai sifat pertumbuhan tak terbatas. Ikan tidak mempunyai limit pertumbuhan selama hidup walaupun sudah mencapai umur tua. Bila kondisi lingkungan optimum dan makanan yang cukup tersedia maka ikan mempunyai kapasitas meneruskan pertumbuhan walaupun pada umur tua pertumbuhan ikan hanya sedikit saja. Karena itu sering ditemukan ikan-ikan berukuran besar dan berumur tua yang gerakannya sangat lamban sehingga mudah ditangkap.

Di pesisir Desa Tabapoma, Bacan Timur, Halmahera Selatan (Maluku Utara) pernah tertangkap seekor ikan kerapu lumpur (*Epinephelus suillus*) dengan panjang sekitar 1,5 m. Bapak Saleh yang menangkap ikan tersebut dengan jaring insang menyatakan, ikan tersebut sepertinya tidak berusaha melepaskan diri dari jaring, mungkin karena sudah tua sehingga tidak mempunyai tenaga lagi untuk melepaskan diri. Ketika

dimakan dagingnya pun sudah keras dan tidak enak. Pada tubuhnya ditumbuhi banyak lumut dan organisme penempel. Karena tidak ada luka pada tubuhnya, diduga ikan kerapu lumpur tersebut sudah mencapai umur tua.

Istilah penuaan mengacu pada proses perubahan negatif yang mengiringi bertambahnya umur ikan. Proses ini ditandai oleh melambatnya pertumbuhan, percepatan laju mortalitas, kapasitas reproduksi yang menurun secara bertahap, dan meningkatnya abnormalitas anakan. Menurut Lagler *et al.* (1977) dalam Rahardjo *et al.* (2011) menyatakan bahwa kurun umur tua memperlihatkan pelambatan aktivitas yang diikuti oleh perubahan dalam cara makan, distribusi, dan tingkah laku lainnya.

Umumnya ikan jantan lebih cepat uzur dan mati daripada ikan betina. Hasil tangkapan ikan di Mayangan mengisyaratkan hal tersebut, terlihat dari temuan bahwa ikan jantan yang tertangkap berukuran lebih kecil dibandingkan ikan betina (Rahardjo, 2006; Rahardjo & Simanjuntak, 2008). Lama hidup ikan dapat diperpanjang dalam tempat penangkaran. Contohnya ikan *Esox lucius* yang tercatat mendekati umur 25 tahun di perairan bebas, tapi di penangkaran mampu hidup mendekati 75 tahun (Lagler *et al.*, 1977 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (Ecoton) bekerjasama dengan Perum Jasa Tirta I Jawa Timur pada Juli-Agustus 2011 di Sungai Surabaya, ditemukan sebagian besar ikan berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya wilayah Karangpilang, dari 44 spesies ikan yang terjaring, 37 spesies diantaranya berjenis kelamin betina. Di Sungai Surabaya, wilayah Gunung Sari, dari 64 spesies ikan yang tertangkap, sebanyak 42 ekor berjenis kelamin betina. Ikan-ikan itu antara lain bader putih, bader merah, keteng, dan rengkik. Spesies-spesies ikan tersebut juga ditemukan di wilayah lain, seperti Kediri, Kertosono, Jombang, Mojokerto, Gresik, dan Sidoarjo. Di semua wilayah tersebut, dari total 410 ikan yang terjaring, sebanyak 337 ekor atau sekitar 82 % berjenis kelamin betina. Menurut Riska Darmawati, dari penelitian, tampak ketidakseimbangan populasi ikan jantan dan betina. Perbandingan yang ditemukan adalah 1 : 26 untuk ikan jantan dan betina.

Kecenderungan ikan-ikan di Sungai Berantas menjadi betina bisa dijelaskan secara teori dan bisa dipraktikkan. Teori dan praktik yang dimaksud adalah *sex reversal*, yaitu upaya mengubah jenis kelamin pada individu, termasuk ikan. Kemungkinan bahan-bahan pencemaran yang mencemari sungai adalah bahan-bahan yang dapat mengubah jenis kelamin ikan. Namun, dugaan lainnya adalah ikan-ikan betina lebih tahan hidup di perairan tercemar dibandingkan ikan-ikan jantan.

Di lingkungan tercemar atau ikan-ikan yang tergolong tahan terhadap pencemaran pun, ikan-ikan betina lebih mampu bertahan hidup dibandingkan dengan ikan jantan. Di alam, populasi ikan yang tumbuh cepat akan mati lebih cepat. Ikan-ikan yang tumbuh cepat tergolong ikan karnivor dan buas.[]

BAB XIV. PERTUMBUHAN

Pertumbuhan dan umur ikan dapat digunakan untuk memahami komposisi umur dari populasi, umur kematangan, rentang hidup yang menjadi dasar dalam perhitungan pertumbuhan, mortalitas, rekrutmen dan parameter populasi lainnya (Prihartiningsih, 2013). Pertumbuhan ikan berlangsung terus-menerus sepanjang hidupnya, sehingga dapat dikatakan bahwa ikan mempunyai sifat pertumbuhan tak terbatas. Ikan akan mencapai panjang maksimum sesuai dengan potensi genetiknya bila berada dalam lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan dan kehidupannya.

Secara sederhana, pertumbuhan didefinisikan sebagai pertambahan ukuran panjang atau berat dalam suatu waktu, sedangkan pertumbuhan bagi populasi sebagai pertambahan jumlah (Effendie, 1978; Effendie, 1997). Sementara Kantun & Mallawa (2016) menyatakan bahwa pertumbuhan didefinisikan sebagai perubahan panjang atau berat dari suatu hewan dari selama waktu tertentu atau peningkatan biomassa suatu populasi yang dihasilkan oleh akumulasi bahan-bahan dari dalam lingkungannya, akibat terjadinya pembelahan sel secara mitosis yang disebabkan oleh kelebihan jumlah input energi dan asam amino yang berasal dari makanan.

Ukuran ini bisa dinyatakan dalam satuan panjang, bobot maupun volume; bergantung pada kebutuhan dan kepentingan. Dalam kegiatan perikanan pertumbuhan ikan lebih sering dinyatakan dalam satuan bobot, sebaliknya dalam biologi ikan para ahli lebih banyak menggunakan pengukuran volume ikan.

Pertumbuhan dalam individu adalah pertambahan jaringan akibat dari pembelahan sel secara mitosis. Hal ini terjadi apabila ada kelebihan input energi dan asam amino (protein) yang berasal dari makanan. Makanan akan digunakan oleh tubuh untuk metabolisme dasar, pergerakan, produksi organ seksual, perawatan bagian-bagian tubuh atau mengganti sel-sel yang sudah tidak terpakai. Bahan-bahan yang tidak berguna akan dikeluarkan dari tubuh. Apabila terdapat bahan berlebih dari keperluan tersebut akan dibuat sel baru sebagai penambahan unit atau pergantian sel dari bagian tubuh. Secara keseluruhan resultantenya merupakan perubahan ukuran.

Dari segi pertumbuhan, kelompok sel-sel suatu jaringan dalam bagian tubuh dapat digolongkan menjadi: bagian yang dapat diperbaharui, bagian yang dapat berkembang dan bagian yang statis. Pada bagian tubuh yang dapat diperbaharui mempunyai sel-sel dengan daya membelah secara mitosis sangat cepat. Walaupun organisme sudah tua, daya membelah sel-sel pada bagian tubuh yang dapat diperbaharui masih sama sehingga jumlah sel yang diganti sama dengan jumlah sel yang dibentuk. Urat daging dan tulang pada ikan merupakan bagian terbesar dari tubuhnya. Pertambahan sel-sel pada jaringan tersebut bertanggung jawab terhadap pertambahan massa ikan (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Pertumbuhan secara fisik diekspresikan dengan adanya perubahan jumlah atau ukuran sel penyusun jaringan tubuh pada periode tertentu, yang kemudian diukur dalam satuan panjang ataupun bobot. Namun pertumbuhan juga bisa dinyatakan secara energetik dengan adanya perubahan kandungan total energi tubuh pada kurun waktu tertentu. Pertumbuhan dipelajari dari segi bioenergetik nutrisi, dengan harapan pengetahuan yang diperoleh dapat membantu dalam menumbuhkan lebih cepat dengan menu yang lebih murah daripada menu yang digunakan sebelumnya.

Pertumbuhan diatur oleh hormon, terutama hormon yang dihasilkan di bagian hipofisa. Perubahan fisiologis yang dipengaruhi oleh hormon dapat menimbulkan efek terhadap laju pertumbuhan pada berbagai tahap dari daur hidup ikan, misalnya selama ruaya, pemijahan, pengungsian, dan lain-lain. Hormon pertumbuhan (somatotropin) ada di sel alfa dari pars distalis kelenjar pituitari. Hormon ini sesuai dengan namanya, memegang peranan penting dalam pengaturan pertumbuhan dan metabolisme.

Pengaruh hormon dapat dilihat juga pada perbedaan pertumbuhan antara ikan jantan dan ikan betina. Pada beberapa spesies ikan, jantan lebih kecil daripada betina (Rahardjo *et al.*, 2011).

Menurut Fujaya (2004) pertumbuhan jaringan selain dipengaruhi kualitas makanan, juga dipengaruhi hormon pertumbuhan. Hormon pertumbuhan meningkatkan transpor asam amino melalui membran atau mempercepat proses kimia sintesis protein sehingga protein jaringan bertambah. Selain itu, hormon pertumbuhan juga bekerja pada metabolisme lemak yang bertugas meningkatkan kecepatan pengeluaran lemak dari depot lemak, sehingga memungkinkan lemak tersedia sebagai energi. Hal ini selanjutnya mengurangi kecepatan oksidasi asam amino dan akibatnya meningkatkan jumlah asam amino jaringan yang disintesis menjadi protein.

Pola pertumbuhan ikan menurut Weatherly & Gill (1987) dibagi ke dalam empat tingkat berbeda, yaitu:

- (1) Pertumbuhan larva, ketika terjadi perubahan bentuk dan ukuran badan berubah dengan cepat.
- (2) Fase juvenil berlanjut dengan perubahan panjang dan berat badan terjadi hubungan secara linier.
- (3) Tahap pertumbuhan yang mendekati kematangan, banyak energi yang telah dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan gonad.
- (4) Tahap mencapai dewasa, yaitu energi kebanyakan dimanfaatkan untuk pemeliharaan dan sedikit untuk pertumbuhan.

Pendekatan dalam mempelajari pertumbuhan dapat melalui: (1) model pertumbuhan metabolik; (2) model matematik yaitu penelaahan pertumbuhan melalui pendekatan persamaan matematik dan kurva; dan (3) analisis pada tingkat sel yaitu penelaahan pertumbuhan melalui perkembangan sel (*multiplication, regeneration, hypertrophy*) (Affandi & Tang, 2017).

A. FAKTOR YANG MEMENGARUHI PERTUMBUHAN

Pertumbuhan ikan merupakan proses biologis yang kompleks dimana banyak faktor memengaruhinya. Pertumbuhan ikan merupakan suatu pola kejadian kompleks yang melibatkan banyak faktor berbeda seperti: (1) temperatur dan kualitas air; (2) ukuran, kualitas, dan ketersediaan makanan; (3) ukuran, umur, dan jenis kelamin ikan itu sendiri; dan (4) jumlah ikan-ikan lain yang memanfaatkan sumber-sumber yang sama (Weatherly & Gill, 1987).

Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan ikan digolongkan menjadi dua, yaitu faktor intrinsik (dalam) dan faktor ekstrinsik (luar). Faktor-faktor ini ada yang dapat dikontrol dan ada yang tidak dapat dikontrol. Faktor intrinsik umumnya berupa faktor yang sukar dikontrol, di antaranya adalah keturunan, seks, umur/ukuran, kemampuan memanfaatkan makanan, parasit, dan penyakit. Sedangkan faktor ekstrinsik meliputi sifat fisika dan kimia perairan serta komponen hayati seperti ketersediaan makanan dan kompetisi.

Namun, pada akuakultur, faktor dalam tersebut dapat dikontrol. Faktor keturunan dapat dilakukan seleksi untuk menghasilkan atau memperoleh ikan yang pertumbuhannya lebih cepat. Beberapa spesies ikan budi daya jenis kelaminnya dapat dikontrol untuk menghasilkan jenis kelamin yang dikehendaki, misalnya ikan nila (*Oreochromis nilotica*) yang diarahkan untuk menjadi jantan, karena nila jantan tumbuh lebih cepat dari pada nila betina.

Tercapainya kematangan gonad untuk pertama kali dapat memengaruhi pertumbuhan yaitu kecepatan pertumbuhan menjadi sedikit lambat. Sebagian dari makanan yang dimakan tertuju kepada perkembangan gonad. Pembuatan sarang, pemijahan, dan penjagaan keturunan membuat pertumbuhan tidak bertambah karena pada waktu itu umumnya ikan tidak makan. Baru setelah periode tersebut ikan mengembalikan lagi kondisinya dengan mengambil makanan seperti semula. Karena itu, pada akuakultur, ikan-ikan yang cepat mengalami matang gonad seperti ikan nila dan mujair (*O. mossambica*), diterapkan

sistem budi daya tunggal kelamin atau monokultur untuk mencegah terjadinya pemijahan yang menyebabkan usaha budi daya tidak ekonomis.

Umur telah diketahui dengan jelas berpengaruh terhadap pertumbuhan. Pertumbuhan cepat terjadi pada ikan ketika berumur 3-5 tahun. Pada ikan tua walaupun pertumbuhan terus berlangsung tetapi berjalan sangat lambat. Ikan tua pada umumnya tidak mempunyai cadangan makanan yang cukup untuk pertumbuhan, karena sebagian besar makanannya digunakan untuk pemeliharaan tubuh dan pergerakan.

Penyakit dan parasit juga memengaruhi pertumbuhan terutama jika yang diserang adalah alat pencernaan makanan atau bagian organ lain yang vital, sehingga efisiensi berkurang karena kekurangan makanan yang berguna untuk pertumbuhan. Namun sebaliknya dapat terjadi pada ikan yang diserang oleh parasit tidak begitu hebat menyebabkan pertumbuhan ikan itu lebih baik dari pada ikan normal atau tidak diserang parasit. Hal ini terjadi karena ikan tadi mengambil makanan lebih banyak dari biasanya sehingga terdapat kelebihan makanan untuk pertumbuhan.

Terlepas dari adanya faktor intrinsik sebagai hal yang memengaruhi dalam pertumbuhan, makanan merupakan faktor penentu pertumbuhan, karena tanpa makanan tidak ada masukan energi untuk tumbuh meski faktor lainnya berada pada kondisi yang optimum. Sebaliknya walaupun kondisi lain tidak dalam optimal namun makanan tersedia, maka ikan akan tetap tumbuh meski tidak optimal. Faktor-faktor lingkungan di luar ketersediaan makanan berperan sebagai faktor pengendali pertumbuhan. Hal ini berarti bahwa apabila makanan sebagai penyedia materi dan energi cukup tersedia dan kondisi lingkungan cukup menunjang, maka ikan akan tumbuh dengan baik. Kompetisi, baik di dalam spesies maupun antarspesies untuk mendapatkan sediaan makanan yang terbatas dapat memperlambat pertumbuhan (Rahardjo *et al.*, 2011).

Faktor ekstrinsik atau faktor luar yang utama memengaruhi pertumbuhan ikan adalah makanan dan suhu perairan. Namun dari kedua faktor itu belum diketahui faktor mana yang berperan lebih besar. Suhu merupakan salah satu variabel lingkungan yang sangat penting. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, namun suhu dapat menekan kehidupan ikan bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (drastis). Sifat ikan yang poikilotermis (suhu tubuh ikan dipengaruhi oleh suhu air di sekitarnya) mengakibatkan rendahnya tingkat metabolisme setelah air mengalami penurunan suhu. Setiap ikan diketahui mempunyai kisaran suhu optimal yang pada suhu tersebut ikan tumbuh maksimal.

Di daerah bermusim empat jika suhu perairan turun di bawah 10°C ikan perairan panas yang berada di daerah tadi akan berhenti mengambil makanan atau mengambil makanan hanya sedikit untuk keperluan mempertahankan kondisi tubuh. Jadi walaupun makanan berlebihan pada waktu itu, pertumbuhan ikan akan terhenti atau sangat lambat. Pada suhu optimum apabila ikan tidak mendapatkan makanan maka ikan juga tidak tumbuh. Untuk daerah tropik suhu perairan berada dalam batas kisaran optimum untuk pertumbuhan. Oleh karena itu apabila ada ikan dapat mencapai ukuran 30 cm dengan berat 1 kg dalam satu tahun di perairan tropik, maka ikan yang sama spesiesnya di daerah bermusim empat ukuran tadi mungkin akan dicapai dalam waktu dua atau tiga tahun (Effendie, 1978; 1997).

Di daerah bermusim empat, suhu perairan yang hampir sama derajatnya dengan di daerah perairan tropik hanya terjadi beberapa saat sebelum dan sesudah musim panas. Waktu ini di daerah bermusim empat sering dinamakan waktu atau musim pertumbuhan. Sedangkan waktu lain kondisinya kurang baik untuk pertumbuhan. Untuk tiap spesies ikan suhu optimum untuk pertumbuhannya tidak sama. Oleh karena itu dalam akuakultur agar tercapai tujuan suhu optimum dari perairan ada kolam yang diberi tanaman untuk memberi bayangan pada perairan dan ada pula tidak. Faktor kedalaman perairan juga diatur untuk tujuan ini.

Di daerah tropik makanan merupakan faktor yang lebih penting dari pada suhu perairan. Bila keadaan faktor-faktor lainnya normal, ikan dengan makanan berlebih akan tumbuh lebih pesat. Untuk ikan satu keturunan yang sukses dari satu pemijahan, pertama-tama memerlukan makanan berukuran sama. Anak ikan yang lemah dan tidak berhasil mendapatkan makanan akan mati sedangkan yang kuat terus mencari makanan dan pertumbuhannya baik. Terlalu banyak individu dalam perairan yang tidak sebanding dengan keadaan makanan akan terjadi kompetisi terhadap makanan itu. Keberhasilan mendapatkan makanan akan menentukan pertumbuhan. Oleh karena itu dalam satu keturunan akan didapatkan ukuran ikan yang bervariasi.

Faktor-faktor kimia perairan dalam keadaan ekstrim mempunyai pengaruh hebat terhadap pertumbuhan, bahkan dapat menyebabkan kematian. Di antaranya oksigen, karbondioksida, hidrogen sulfida, salinitas, keasaman, dan alkalinitas, dimana pada akhirnya akan memengaruhi terhadap makanan. Misalnya di dasar perairan terdapat hidrogen sulfida sehingga banyak ikan lari ke permukaan perairan. Karena ruang gerak semakin sempit dan berkompetisi pula terhadap makanan, akhirnya akan menyebabkan kekurangan makanan. Kondisi inilah yang menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi terganggu. Kekurangan perairan berpengaruh terhadap pandangan ikan dalam mencari makanan juga menyebabkan pertumbuhan terganggu.

Beberapa spesies ikan yang dapat hidup di perairan minim oksigen karena mampu mengambil oksigen langsung dari udara, seperti ikan gabus (*Channa striata*) dan lele (*Clarias*), ketika ikan-ikan tersebut dipelihara di kolam yang kondisi perairannya optimum dan diberi pakan yang cukup akan tumbuh lebih cepat. Sementara ikan yang dipelihara di kolam tergenang, misalnya kolam tadah hujan, walaupun ikan tetap hidup dan tumbuh, namun pertumbuhannya lambat.

B. KURVA PERTUMBUHAN

Pertambahan ukuran baik dalam panjang atau dalam berat biasanya diukur dalam waktu tertentu. Hubungan pertambahan ukuran dengan waktu bila digambarkan dalam suatu sistem koordinat menghasilkan suatu diagram dikenal dengan nama kurva pertumbuhan. Ukuran waktu ditempatkan pada sumbu "X" dan (ukuran) dimensi lain (panjang atau berat) pada sumbu "Y". Apabila diplotkan pertumbuhan ikan selama hidupnya akan didapatkan kurva seperti gambar yang berbentuk "S" sehingga dikenal sebagai kurva sigmoid (Effendie, 1978; 1997).

Bentuk kurva yang demikian mengacu pada konsep pertumbuhan autokatalisis (*autocatalytic*) yaitu proses katalisis dengan salah satu hasil reaksinya adalah katalisis dari reaksi tersebut. Reaksi autokatalisis memiliki grafik kecepatan reaksi terhadap waktu yang khas berbentuk "S", reaksi tersebut dimulai dengan pelan dan semakin cepat ketika jumlah katalisis semakin banyak, dan kembali melambat ketika hasilnya telah habis digunakan (Martin, 2012). Pertumbuhan ikan secara alamiah adalah pertumbuhan autokatalisis. Pada awalnya ikan tumbuh lambat karena pada saat itu masih dalam fase perkembangan hidup awal ketika pertumbuhan lebih dipusatkan pada penyempurnaan organ-organ tubuh. Ketika organ tubuh telah sempurna berkembang, maka pertumbuhan dalam panjang menjadi pesat sampai tercapai kedewasaan. Selanjutnya jumlah energi yang masuk dialihkan dari pertumbuhan jaringan somatik kepada pertumbuhan jaringan gonad. Sebagai konsekuensinya laju pertumbuhan ikan lebih lambat dari pada ikan belum dewasa. Meskipun dikatakan bahwa pertumbuhan ikan bersifat tanpa batas, namun laju pertumbuhan kian menurun (Rahardjo *et al.*, 2011).

Pada contoh kurva ini terdapat suatu titik yang dinamakan titik infleksi yaitu titik perubahan dari fase kenaikan ke fase perlambatan pertumbuhan. Pada kenyataannya banyak kurva pertumbuhan tidak simetrik dimana titik infleksi terdapat pada tahun-tahun pertama dari hidup ikan. Untuk mengetahui hal ini pengukuran harus dilakukan beberapa kali selama tahun pertama agar titik infleksi tadi dapat dilokalisasi.

Kurva pertumbuhan berbentuk sigmoid mewakili pertumbuhan populasi dari berbagai kelompok umur diambil dari tahun ke tahun dimana pengukuran dilakukan pada tiap akhir tahun. Antara satu titik dengan titik lain dapat dibuat garis lurus, tetapi dalam kenyataannya sebenarnya tidak demikian karena pertumbuhan di dalam satu tahun bervariasi bergantung kepada spesies dan habitat lingkungannya.

Pertumbuhan ini menjadi dasar bagi pengembangan suatu persamaan pertumbuhan ikan yang umum digunakan. Persamaan ini dikenal dengan nama persamaan pertumbuhan von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1999), yang dituliskan sebagai berikut:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}] \text{ atau}$$

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-Kt}) + L_0 e^{-Kt}$$

Pendugaan nilai koefisien pertumbuhan (K) dan L_{∞} dilakukan dengan menggunakan metode Ford Wallford yang diturunkan dari model von Bertalanffy. Nilai K dan L_{∞} diperoleh dengan cara:

$$K = -\ln(b) \text{ dan}$$

$$L_{\infty} = \frac{a}{1 - b}$$

Sedangkan dalam menduga nilai t_0 (umur teoritis ikan pada panjang sama dengan nol) diperoleh melalui persamaan Pauly (Sparre & Venema, 1999):

$$\log(-t_0) = 3,3922 - 0,2752(\log L_{\infty}) - 1,038(\log K)$$

Dimana:

L_t = panjang ikan pada waktu t .

L = panjang maksimum.

L_0 = panjang ikan pada waktu $t = 0$

K = koefisien laju pertumbuhan.

t = umur ikan.

t_0 = umur hipotetik ketika panjang ikan 0.

Persamaan von Bertalanffy berangkat dari pertimbangan bioenergetik, yang melihat pertumbuhan merupakan hasil proses anabolisme dan katabolisme. Proses ini melibatkan pengambilan oksigen untuk membangun jaringan tubuh dan menggunakan energi dan jaringan dalam hidup ikan.

C. EKSPRESI PERTUMBUHAN

Pengukur waktu yang baik sehubungan dengan pertumbuhan pada ikan adalah umur dari ikan tersebut. Bila umur ikan diketahui dengan tepat, maka analisis pertumbuhan dapat dilakukan dengan baik. Beberapa ekspresi pertumbuhan selain yang telah dikemukakan adalah kecepatan pertumbuhan mutlak, kecepatan pertumbuhan nisbi, dan kecepatan pertumbuhan eksponensial (*instantaneous growth rate*) (Effendie, 1978; 1997; Effendie, 1979). Yang dimaksud dengan kecepatan pertumbuhan mutlak adalah perubahan ukuran baik berat atau panjang yang sebenarnya di antara dua umur atau dalam waktu satu tahun. Umumnya kecepatan pertumbuhan mutlak menurun apabila ikan makin bertambah tua, seperti berikut:

Umur	Unit Panjang	Kecepatan Pertumbuhan Mutlak
I	3	-
II	8	5
III	12	4
IV	14	2

Kecepatan pertumbuhan mutlak seperti di atas hendaknya dibedakan dengan pengertian pertumbuhan mutlak yaitu ukuran rata-rata pada umur tertentu. Kecepatan pertumbuhan nisbi dirumuskan sebagai persentase pertumbuhan pada tiap interval waktu, atau dengan kata lain adalah perbedaan ukuran pada waktu akhir interval dengan ukuran pada waktu awal interval dibagi dengan ukuran pada waktu awal interval. Dalam hal ini umumnya pertambahan dalam berat lebih banyak digunakan karena mempunyai nilai praktis lebih penting dari pada panjang. Perumusan pertumbuhan nisbi sebagai berikut:

$$h = \frac{W_t - W_o}{W_o}$$

Dimana:

h = kecepatan pertumbuhan nisbi

W_t = berat akhir interval

W_o = berat awal interval

Sebagai contoh, misalnya dua spesies ikan A dan B dari suatu perairan tertentu diberi tanda dan dicatat beratnya, kemudian pada suatu saat tertentu ditangkap dengan hasil sebagai berikut:

Spesies	W_o	W_t	Kecepatan pertumbuhan mutlak	h
A	2	42	40	20
B	3	42	39	13

Apabila contoh di atas dilihat dengan sepiantas saja maka terlihat tidak ada perbedaan rata pertumbuhan dari kedua spesies tersebut yaitu berat ikan A 40 unit dan B 39 unit. Tetapi bila dilihat pertumbuhan berat nisbi perbedaannya menjadi lebih jelas. Dari contoh di atas dapat juga menentukan *instantaneous growth rate* yaitu:

$$g = \log_e W_t / W_o \quad (e = \text{dasar log natural, } t = 1)$$

$$g = \frac{\log W_t - \log W_o}{0,4343}$$

$$g = (\log W_t - \log W_o) 2,3026$$

$$g_A = (\log 42 - \log 2) 2,3026 = 3,0445$$

$$g_B = (\log 42 - \log 3) 2,3026 = 2,6390$$

Apabila diplotkan data panjang ikan pada umur t dengan panjang pada umur $t + 1$, biasanya titik-titik di atas infleksi kurva sigmoid, pada kebanyakan ikan akan didapatkan hampir mendekati garis lurus. Karena itu kurva ini dinamakan pula kurva pertumbuhan transformasi dari Wallford. Garis yang terbentuk apabila diperpanjang akan memotong garis lurus diagonal yang bersudut 45° . Sudut yang dibentuk oleh garis Wallford ialah b atau k menunjukkan kecepatan pertumbuhan dan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{L_{t+2} - L_{t+1}}{L_{t+1} - L_t}$$

Titik perpotongan garis Wallford dengan garis bersudut 45° merupakan titik perkiraan panjang maksimum yang akan dicapai oleh ikan dimana pada waktu itu panjang ikan pada L_t sama dengan pada L_{t+1} yang menunjukkan tidak ada pertumbuhan panjang dalam satu tahun.

D. PERTUMBUHAN ALOMETRIK DAN ISOMETRIK

Setelah melewati masa larva, bentuk ikan hampir serupa dengan induknya. Beberapa bagian tubuhnya meneruskan pertumbuhannya dan terjadi beberapa perubahan kecil seperti panjang sirip dan kemontokan tubuh. Selain itu, terjadi pula perubahan yang bersifat sementara misalnya perubahan yang berhubungan dengan kematangan gonad. Perubahan-perubahan ini dinamakan pertumbuhan alometrik (*allometric growth*) atau heterogenik. Menurut Martin (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan alometrik adalah pola pertumbuhan yang sistematis dan teratur sedemikian hingga massa atau ukuran dari setiap organ atau bagian tubuh dapat ditampilkan dalam hubungan dengan massa atau ukuran total dari organisme tersebut.

Apabila pada ikan terdapat perubahan terus-menerus secara proporsional dalam tubuhnya dinamakan pertumbuhan isometrik (*isometric growth*) atau isogenik. Istilah isometrik menunjuk pada beberapa hal, seperti proyeksi yang ketiga sumbunya sama, sistem yang sumbu-sumbunya tegak lurus satu sama lain, dan garis pada suatu grafik yang menggambarkan hubungan antara temperatur dan tekanan pada volume konstan (Martin, 2012).

Pertumbuhan alometrik dan isometrik berangkat dari anggapan bahwa ikan berbentuk kubus (tiga dimensi), maka berat atau bobot ikan dipandang merupakan fungsi panjang ikan dan secara umum dinyatakan dengan rumus:

$$W = aL^b$$

Dimana:

W = berat/bobot ikan

L = panjang ikan

a dan b adalah konstanta

Jika nilai b setara dengan 3 berarti pertumbuhan ikan bersifat isometrik (pertumbuhan bobot seimbang dengan pertambahan panjang pangkat tiga, atau dengan kata lain mengikuti hukum kubik), sedangkan jika nilai b lebih besar atau lebih kecil dari pada 3 menunjukkan pertumbuhan ikan bersifat alometrik atau pertambahan berat tidak sebanding dengan pertambahan panjang. Nilai $b > 3$, merupakan hubungan alometrik positif (pertambahan bobot lebih besar dari pada pertambahan panjang pangkat tiga), sedangkan nilai $b < 3$, merupakan hubungan alometrik negatif (pertambahan bobot lebih kecil dari pada pertambahan panjang pangkat tiga).

E. HUBUNGAN PANJANG BERAT

Seringkali pertumbuhan ikan dinyatakan bukan dalam hubungan antara ukuran dengan waktu, melainkan hubungan antara panjang dan berat atau bobot. Pola pertumbuhan berangkat dari anggapan bahwa ikan berbentuk kubus (tiga dimensi), maka bobot ikan dipandang merupakan fungsi panjang ikan. Menurut Binohlan & Pauly (1998) menyatakan bahwa hubungan panjang-berat dalam biologi perikanan digunakan untuk mengkonversi persamaan pertumbuhan panjang ke dalam persamaan pertumbuhan

berat yang berguna untuk membuat model kajian stok dan estimasi stok biomassa dari ukuran contoh yang terbatas.

Dalam biologi perikanan, hubungan panjang-berat ikan merupakan salah satu informasi pelengkap yang perlu diketahui dalam pengelolaan sumber daya perikanan (Merta, 1993). Pengukuran panjang-berat ikan dimaksudkan untuk mengetahui variasi panjang dan berat ikan secara individual atau populasi sebagai suatu petunjuk tentang kegemukan, kesehatan, produktivitas, dan kondisi fisiologis termasuk perkembangan gonad ikan (Richter, 2007 dalam Prakoso & Kusmini, 2016).

Analisis hubungan panjang-berat juga dapat mengestimasi faktor kondisi yang merupakan salah satu hal penting dari pertumbuhan untuk membandingkan kondisi atau keadaan kesehatan populasi ikan atau individu tertentu (Everhart & Young, 1981). Sementara menurut Froese *et al.* (2011) dalam Omar *et al.* (2016) mengemukakan bahwa informasi hubungan panjang total-berat tubuh sangat dibutuhkan dalam pengelolaan perikanan. Informasi tersebut selain dapat digunakan untuk mengonversi panjang tubuh ikan menjadi biomassa, juga dapat digunakan untuk menentukan kondisi ikan, bahan komparasi pertumbuhan ikan antara satu wilayah dan wilayah pengelolaan lainnya, kajian reproduksi, serta studi tentang kebiasaan makan.

Berat atau bobot dapat dianggap sebagai suatu fungsi dari panjangnya, dan hubungan panjang berat ini hampir mengikuti hukum kubik yang dinyatakan dalam rumus: $W = aL^3$ (W = berat, L = panjang, a = konstanta). Hal tersebut disertai dengan anggapan bahwa bentuk serta berat jenis ikan itu tetap selama hidupnya. Tetapi karena ikan itu tumbuh dimana bentuk tubuh, panjang, dan beratnya selalu berubah, maka rumus umumnya adalah $W = aL^b$ (a dan b konstanta). Logaritma persamaan tersebut: $\log W = \log a + b \log L$ menunjukkan hubungan yang linier. Yang harus ditentukan dari persamaan tersebut adalah harga a dan b , sedangkan harga W dan L diketahui (Effendie, 1979).

Sementara Froese *et al.* (2011) dalam Omar *et al.* (2016) mengemukakan bahwa berat atau bobot tubuh ikan berhubungan secara eksponensial dengan panjang tubuhnya. Hal ini dapat dilihat dalam persamaan hubungan panjang total-berat tubuh sebagai berikut: $W = aL^b$, dimana a adalah intersep dan b adalah koefisien regresi. Nilai b yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan tipe pertumbuhan ikan tersebut. Tipe pertumbuhan ikan dapat dibedakan atas: isometrik ($b = 3$) yaitu pertambahan berat dan panjang tubuh sama cepatnya, hipoalometrik atau alometrik negatif ($b < 3$) yaitu pertambahan berat ikan lebih lambat daripada pertambahan panjang tubuhnya, dan hiperalometrik atau alometrik positif ($b > 3$) yaitu pertambahan berat lebih cepat daripada pertambahan panjang tubuh ikan.

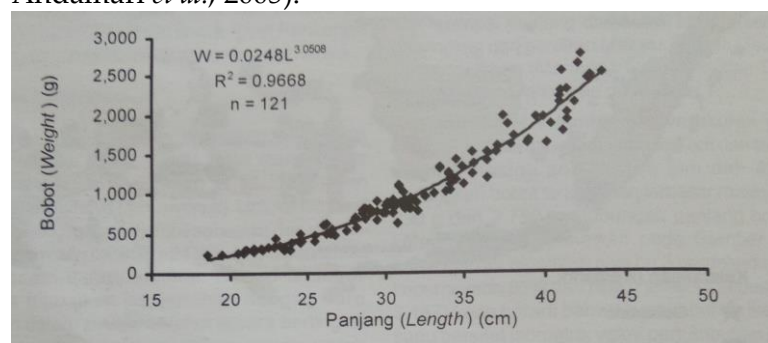
Tabel 66. Deskripsi panjang dan bobot kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) dari beberapa perairan Sulawesi dan Maluku

Lokasi	Jumlah	Panjang (mm)			Bobot (g)		
		Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD
Maluku	30	221	437	333,7 $\pm$ 7,013	300	2.750	1249 $\pm$ 773,928
Manado	26	210	428	309,1 $\pm$ 5,705	300	2.525	1014,73 $\pm$ 605,043
Gorontalo	7	260	321	296 $\pm$ 2,147	575	825	726,43 $\pm$ 95,817
Maluku Utara	35	185	430	299,5 $\pm$ 6,844	230	2.475	946,57 $\pm$ 605,954
Gorontalo	23	225	420	315 $\pm$ 5,763	300	2.125	969,6 $\pm$ 522,344
Jumlah	121	185	437	312,9 $\pm$ 6,33	230	2.750	1027,83 $\pm$ 629,025

Sumber: Andamari (2005)

Pada Tabel 66 terlihat bahwa ukuran panjang standar kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) terkecil dan terpanjang masing-masing adalah 185 mm dan 437 mm, sedangkan bobot terkecil dan terbesar masing-masing 230 g dan 2.750 g. Hubungan panjang-berat kerapu sunu diperlihatkan pada Gambar 50. Pada hubungan ini diperoleh nilai $b = 3$ berdasarkan selang kepercayaan 95 % dan nilai b tersebut sebesar (2.915, 3.187) yang berarti bahwa pertumbuhan bersifat isometrik yakni pertumbuhan bobotnya seimbang dengan

panjang pangkat tiga ikan tersebut. Sementara ikan kerapu yang tertangkap pada lokasi yang berbeda diperoleh bahwa nilai b lebih besar dari 3 yakni pertumbuhan bersifat alometrik (Andamari *et al.*, 2004; Andamari *et al.*, 2005).



Gambar 50. Hubungan panjang berat ikan kerapu sunu dari berbagai perairan di Sulawesi dan Maluku (Andamari, 2005)

Pada Tabel 67 memperlihatkan bahwa pola pertumbuhan ikan layang ada yang hipoalometrik, ada yang hiperalometrik, dan ada pula yang isometrik. Sementara penelitian Omar *et al.* (2016) pada ikan layang (*Decapterus macrosoma*) di perairan Teluk Mandar dan Teluk Bone diperoleh pola pertumbuhan yang bersifat hiperalometrik atau alometrik positif ($b > 3$).

Tabel 67. Nilai koefisien regresi (b) hubungan panjang-bobot beberapa jenis ikan layang

Jenis	Koefisien Regresi	Tipe Pertumbuhan	Koefisien Korelasi	Lokasi	Pustaka
<i>Decapterus russelli</i> (jantan)	3,14	Isometrik	0,92	India	Jaiswar <i>et al.</i> (1993)
<i>D. russelli</i> (betina)	3,07	Isometrik	0,91	India	Jaiswar <i>et al.</i> (1993)
<i>D. russelli</i>	3,21	Hiperalometrik	0,92	India	Raje (1997)
<i>D. russelli</i>	3,36	Hiperalometrik	0,99	Pantai Malabar, India	Manojkumar (2003)
<i>D. russelli</i> (jantan)	2,32	Hiperalometrik	0,97	Pantai Malabar, India	Manojkumar (2007)
<i>D. russelli</i> (betina)	2,98	Hipoalometrik	0,99	Pantai Malabar, India	Manojkumar (2007)
<i>D. russelli</i> (gabungan)	2,63	Hipoalometrik	0,98	Pantai Malabar, India	Manojkumar (2007)
<i>D. macarellus</i> (jantan)	2,29	Hipoalometrik	0,76	Perairan Maluku Utara	Iksan & Irham (2009)
<i>D. macarellus</i> (betina)	2,98	Hipoalometrik	0,80	Perairan Maluku Utara	Iksan & Irham (2009)
<i>D. macrosoma</i> (jantan)	3,01	Isometrik	0,99	Selat Makassar	Andy Omar <i>et al.</i> (2013)
<i>D. macrosoma</i> (betina)	3,08	Isometrik	0,10	Selat Makassar	Andy Omar <i>et al.</i> (2013)
<i>D. macrosoma</i> (jantan)	3,08	Hiperolometrik	0,99	Teluk Bone	Andy Omar <i>et al.</i> (2013)
<i>D. macrosoma</i> (betina)	2,96	Isometrik	0,99	Teluk Bone	Andy Omar <i>et al.</i> (2013)
<i>D. macrosoma</i>	2,88	Hipoalometrik	0,93	Yogyakarta	Lietiana <i>et al.</i> (2015)

Sumber: Omar *et al.* (2016)

Ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) yang tertangkap di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia 713 (WPPRI 713) yang berjenis kelamin jantan cenderung lebih berat dari pada yang betina, sedangkan koefisien regresi betina dan jantan keduanya berada di bawah 3 sehingga pertumbuhannya bersifat alometrik. Ini terjadi karena ikan tuna yang tertangkap pada umumnya berada pada kondisi belum matang (TKG I-III) (Kantun & Mallawa, 2016). Di perairan Andhra, India diperoleh hubungan panjang-berat bersifat alometrik positif, yakni $W = 0,008634L^{3.12}$ (Rohit & Ramohan, 2012), di perairan selatan Pelabuhan Ratu (Samudera India) memperoleh hasil yang alometrik positif $W = 0,111337L^{3.040}$ (Merta *et al.*, 2006). Rumanov (2000) di Samudera India memperoleh hasil alometrik negatif ($b < 3$) atau $W = 0,000031L^{2.8595}$, Tantivala (2000) di Samudera Hindia bagian Timur mendapat pola pertumbuhan alometrik negatif ($b < 3$) $W = 0,000082L^{2.6480}$, sedangkan Miazwir (2012) di Samudera Hindia memperoleh hubungan yang bersifat alometrik positif ($b > 3$) atau $W = 0,00001FL^{3.0521}$, sementara Dissanayake *et al.* (2008) memperoleh hubungan yang alometrik negatif yaitu $W = 0,00002FL^{2.9835}$ di bagian barat daya dan timur laut Srilanka.

Pertumbuhan tuna madidihang yang alometrik positif ($b > 3$) karena kondisi ikannya gemuk terjadi pada bulan Maret, baik untuk jenis kelamin betina maupun jantan. Hal ini diduga berkaitan dengan musim

pematangan gonad dan pemijahan yang terjadi pada bulan tersebut (Kantun & Mallawa, 2016). Pematangan gonad ini sejalan dengan temuan Kantun (2012; 2013) yang menyatakan bahwa kematangan gonad primer terjadi pada bulan Maret dan sekunder terjadi pada bulan Oktober yang ditandai oleh puncak-puncak nilai indeks kematangan gonad. Sementara itu, sebelas bulan yang lainnya bersifat alometrik negatif ($b < 3$) karena sebagian besar ikan tuna yang tertangkap berada pada kondisi belum matang sehingga pertambahan panjang lebih cepat dari pertambahan bobot. Perbedaan nilai bisa saja terjadi antara populasi yang berbeda dari spesies yang sama atau antara populasi yang sama pada tahun-tahun yang berbeda yang berhubungan dengan kondisi biologis dan ekologis, yakni daya dukung lingkungan tempat ikan hidup (Kantun & Mallawa, 2016).

Nilai b ini tidak saja berbeda antarspesies, tetapi kadang-kadang juga dapat terjadi di antara stok pada spesies yang sama (Amin *et al.*, 2005). Kharat *et al.* (2008) dalam Omar *et al.* (2016) menyatakan bahwa perbedaan nilai b juga dapat disebabkan oleh perbedaan jumlah dan variasi ukuran ikan yang diamati, sedangkan menurut Patimer *et al.* (2009) menyatakan perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan respon suatu spesies terhadap perbedaan habitat. Fase pertumbuhan juga sebagai salah satu faktor yang dapat memengaruhi hubungan panjang-berat (Harrison, 2001; Acosta *et al.*, 2004). Perubahan lingkungan dan kondisi biologis ikan dapat menyebabkan terjadinya perubahan hubungan panjang-berat. Perubahan tersebut disebabkan oleh kondisi ikan yang bergantung pada makanan, umur, jenis kelamin, dan kematangan gonad (Kantun & Mallawa, 2016).

Shukor *et al.* (2008) dalam Prakoso & Kusmini (2016) menyatakan bahwa ikan yang hidup di perairan tenang umumnya memiliki nilai b yang lebih besar dibandingkan ikan yang hidup di perairan dengan arus deras. Selain itu, besar kecilnya nilai b juga dipengaruhi oleh aktivitas berenang ikan. Ikan yang berenang aktif umumnya memiliki nilai b yang lebih rendah daripada ikan yang berenang pasif (Muchlisin, 2010). Hal ini berhubungan dengan alokasi energi yang dikeluarkan untuk bergerak dan tumbuh.

F. LAJU PERTUMBUHAN

Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya bahwa, pada awalnya ikan tumbuh lambat karena pada saat itu masih dalam fase perkembangan hidup awal ketika pertumbuhan lebih dipusatkan pada penyempurnaan organ-organ tubuh. Ketika organ tubuh telah sempurna berkembang, maka pertumbuhan dalam panjang menjadi pesat sampai tercapai kedewasaan. Selanjutnya jumlah energi yang masuk dialihkan dari pertumbuhan jaringan somatik kepada pertumbuhan jaringan gonad. Sebagai konsekuensinya laju pertumbuhan ikan lebih lambat dari pada ikan belum dewasa. Meskipun dikatakan bahwa pertumbuhan ikan bersifat tanpa batas, namun laju pertumbuhan kian menurun (Rahardjo *et al.*, 2011).

Untuk mengukur laju pertumbuhan atau kecepatan pertumbuhan digunakan model von Bertalanffy. Sedangkan pendugaan nilai koefisien pertumbuhan (K) dan L_{∞} dilakukan dengan menggunakan metode Ford Wallford yang diturunkan dari model von Bertalanffy. Nilai koefisien pertumbuhan merupakan parameter yang menyatakan kecepatan pertumbuhan ikan dalam mencapai panjang asimptotiknya (L_{∞}). Menurut Sparre & Venema (1999) bahwa semakin tinggi nilai koefisien pertumbuhan ikan, maka semakin cepat mencapai panjang asimptotik dan beberapa spesies kebanyakan diantaranya memiliki umur yang pendek. Sebaliknya ikan yang memiliki koefisien pertumbuhan yang rendah memiliki umur yang tinggi karena lama mencapai panjang asimptotiknya. Menurut Froese *et al.* (2011) dalam Octoriani (2015) jika nilai koefisien lebih besar dari 0,3 per tahun maka dikategorikan nilai tersebut termasuk koefisien pertumbuhan yang tinggi.

Beberapa hasil penelitian tentang laju pertumbuhan pada ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) di Pasifik bagian timur yang diestimasi dengan menangkap kembali ikan diberi tanda (*tag-recapture*) dengan

laju pertumbuhan untuk kisaran panjang 25-100 cm sekitar $0,85 \pm 0,01$ mm/hari, sedangkan di Revillagigedo Island ($1,11 \pm 0,03$ mm/hari) dan di Baja, California ($0,069 \pm 0,02$ mm/hari), Amerika Tengah, Columbia ($0,69 \pm 0,02$ mm/hari), dan Ekuador-Peru ($0,52 \pm 0,10$ mm/hari) pertumbuhannya lebih cepat (Wild, 1989 dalam Kantun & Mallawa, 2016). Yamanaka (1990) yang mengestimasi dengan menggunakan lingkaran harian di Filipina bagian selatan, mendapati pertumbuhan lebih cepat, yakni 2,5 mm/hari, pada kisaran panjang 15-55 cm, dan 0,96 mm/hari pada interval 55-79 cm. Tabel 68 disajikan laju pertumbuhan tuna madidihang berdasarkan hasil penelitian di beberapa wilayah yang berbeda.

Tabel 68. Estimasi parameter pertumbuhan ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) berdasarkan data frekuensi panjang pada beberapa lokasi penelitian

Loo (cm)	K	t_0	$\emptyset$	Negara/Area	Pustaka
195,2	0,36	-	4,14	Pasifik Barat	Yang <i>et al.</i> (1969)
175,00	0,29	-	-	Pantai Samudera Hindia Timur	Reddy (1989)
191,00	0,33	-1,03	-	Jepang	Koido & Suzuki (1989)
171,50	0,32	-0,31	-	Andaman dan Nikobar	John (1995)
196,00	0,42	-0,38	-	Laut Oman	Kaimaram (1998)
199,6	0,39	-	4,19	Pasifik Barat	Lehodey & Leroy (1999)
193,00	0,20	-	3,90	ZEE India	Somvanshi <i>et al.</i> (2003)
230,70	0,27	-0,08	-	Atlantik Ekuator bagian barat	Lessa & Neto (2004)
197,42	0,30	-0,12	4,00	Pantai Samudera India Timur	Rohit <i>et al.</i> (2012)
185,5	0,36	0,54	3,92	Teluk Bone	Kantun (2012)
192,5	0,33	0,70	4,14	Selat Makassar	Kantun & Amir (2013)
193,5	0,35	0,50	4,12	Laut Flores	Kantun & Mallawa (2013)

Sumber: Kantun & Mallawa (2016)

Penelitian Sarumaha *et al.* (2016) pada ikan kuniran (*Upeneus moluccensis*) di perairan Selat Sunda menyatakan bahwa ikan kuniran betina dan jantan memiliki nilai panjang asimptotik (L_{∞}) yang sama, yakni sebesar 227,85 mm. Sedangkan nilai koefisien pertumbuhan (K) ikan betina lebih besar dari pada ikan kuniran jantan yakni masing-masing sebesar $0,31 \text{ tahun}^{-1}$ dan $0,15 \text{ tahun}^{-1}$. Pendugaan nilai t_0 dengan nilai empiris Pauly menunjukkan bahwa umur teoritik pada ikan kuniran betina ketika panjang sama dengan nol adalah $-0,30 \text{ tahun}^{-1}$, sedangkan pada ikan kuniran jantan adalah $-0,65 \text{ tahun}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa ikan kuniran betina memiliki kecepatan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan kuniran jantan. Perbedaan parameter pertumbuhan ikan dapat disebabkan oleh perbedaan jenis kelamin dan juga dapat dipengaruhi oleh ketersediaan makanan di perairan.

Menurut Effendie (1978; 1997) adanya perbedaan struktur panjang menggambarkan perbedaan pertumbuhan yang dipengaruhi oleh faktor keturunan, seks, umur, adanya organisme parasit, penyakit, kondisi lingkungan, dan perbedaan waktu pengambilan contoh. Ketersediaan makanan di perairan berperan penting dalam pertumbuhan ikan. Dalam keadaan lingkungan yang buruk akan memengaruhi kisaran ukuran ikan yang tertangkap karena makanan adalah sumber energi yang digunakan oleh setiap individu ikan untuk keperluan pertumbuhan dan reproduksi.

G. FAKTOR KONDISI

Salah satu derivat penting dari pertumbuhan adalah faktor kondisi atau indeks ponderal dan sering disebut pula faktor K. Faktor kondisi ini menunjukkan keadaan baik dari ikan dilihat dari segi kapasitas fisik untuk survival dan reproduksi. Di dalam penggunaan secara komersil maka kondisi ini mempunyai arti kualitas dan kuantitas daging ikan yang tersedia untuk dapat dimakan. Jadi kondisi di sini mempunyai arti dapat memberi keterangan baik secara biologis atau secara komersial (Effendie, 1978; 1997).

Menurut Lizama & Ambroisa dalam Rahardjo *et al.* (2008) menyatakan bahwa faktor kondisi merupakan keadaan yang menggambarkan kemontokan atau kegemukan ikan. Faktor kondisi memiliki hubungan dengan keadaan lingkungan dan faktor biologis. Studi mengenai faktor kondisi penting bagi pemahaman

siklus hidup ikan dan memberikan kontribusi pada pengelolaan ikan, dengan demikian memberikan kontribusi pada pengelolaan keseimbangan ekosistem. Indeks ini membandingkan bobot ikan teramati dengan bobot ikan terhitung dari hubungan panjang bobot. Dari sudut pandang nutrisi, faktor kondisi merupakan akumulasi lemak dan perkembangan gonad (Le Cren, 1951 dalam Rahardjo *et al.*, 2011).

Selama dalam pertumbuhan, tiap pertambahan berat material ikan akan bertambah panjang dimana perbandingan liniernya akan tetap. Dalam hal ini dianggap bahwa berat ikan yang ideal sama dengan pangkat tiga panjangnya dan berlaku untuk ikan kecil atau besar. Bila terdapat perubahan berat tanpa diikuti oleh perubahan panjang atau sebaliknya akan menyebabkan perubahan nilai perbandingan tadi.

Bergantung kepada sistem ukuran yang dipakai untuk faktor kondisi ini ada tiga macam:

(1) **Sistem Metrik**, dengan rumus:

$$K = \frac{100 W \text{ (gram)}}{L^3 \text{ (cm)}} \text{ atau } K = \frac{10.000 W \text{ (gram)}}{L^3 \text{ (mm)}}$$

(2) **Sistem Inggris**, dengan rumus:

$$C = \frac{10.000 W \text{ (pounds)}}{L^3 \text{ (inches)}}$$

(3) **Sistem Campuran**, dengan rumus:

$$R = \frac{10 W \text{ (gram)}}{L^3 \text{ (inches)}}$$

Tujuan dari perkalian angka tertentu dengan W/L^3 agar dicapai angka yang mendekati nilai satu (unity). Sistem metrik banyak digunakan di negara-negara yang menggunakan sistem metrik terlebih dahulu. Sedangkan sistem Inggris banyak dipakai di Inggris dan negara-negara *commonwealth*, dan sistem campuran banyak digunakan di Amerika Serikat. Namun, saat ini hampir semua negara sudah menggunakan sistem metrik.

Sebagaimana telah dikemukakan pada hubungan panjang-berat bahwa panjang ikan tidak selamanya mengikuti hukum kubik atau panjangnya selalu berpangkat tiga, dimana hubungan dari adalah $W = c L^n$. Apabila menghitung kondisi berdasarkan hubungan panjang-berat dengan menggunakan rumus tersebut, maka akan didapatkan faktor kondisi yang dinamakan faktor kondisi relatif (K_n), dengan perumusannya sebagai berikut:

$$K_n = \frac{W}{aL^n}$$

Yaitu berat yang berdasarkan pengamatan dibagi dengan berat yang berdasarkan kepada dugaan berat dan panjangnya, yaitu panjang berdasarkan kelompok umur, kelompok panjang tertentu atau sebagian dari populasi. Faktor kondisi relatif tidak cocok untuk membandingkan di antara populasi (Carlander, 1968).

Deviasi Kn dan nilai 1 menerangkan semua variasi berat yang tidak berhubungan dengan berat yang menghasilkan faktor kondisi K kecuali kalau n sama dengan 3 dimana hal ini jarang sekali terjadi. Kn yang didapatkan oleh Patulu (1963) berfluktuasi dengan ukuran ikan. Ikan yang berukuran kecil mempunyai kondisi relatif yang tinggi, kemudian menurun ketika ikan bertambah besar. Hal ini berhubungan dengan perubahan makanan ikan tersebut yang berasal dari ikan pemakan plankton berubah menjadi ikan pemakan ikan atau karnivor. Hal demikian dapat terjadi pula apabila ada perubahan kebiasaan dari perairan estuarin ke perairan laut. Peninggian nilai Kn terdapat pula pada waktu ikan mengisi gonadnya dengan *cell sex* dan akan mencapai puncaknya sebelum terjadi pemijahan. Fluktuasi nilai Kn juga dapat dilihat secara bulanan dalam tempo satu tahun atau lebih (Effendie, 1978; 1997).

Penelitian Aryuningka *et al.* (2016) pada ikan tembang (*Sardinella fimbriata*) di perairan Selat Sunda, menyatakan bahwa nilai faktor kondisi ikan tembang betina umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan jantan yang mengindikasikan bahwa kondisi ikan betina lebih baik dibandingkan dengan jantan. Faktor kondisi ikan tembang betina di setiap pengamatan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan jantan. Hal ini diduga karena ikan betina mengisi gonad dengan *cell sex* untuk proses reproduksi dibandingkan dengan ikan jantan.

Nilai faktor kondisi ikan tembang betina dan jantan meningkat dari bulan Mei sampai Juni. Hal tersebut terjadi karena tingkat kematangan gonad ikan tembang betina dan jantan pada bulan tersebut sedang mengalami perkembangan, ditandai dari ukuran ikan yang relatif kecil (Sari, 2013). Nilai faktor kondisi ikan tembang betina dan jantan menurun dari bulan Juni sampai Agustus. Menurut Pantulu (1963) bahwa ikan yang berukuran kecil mempunyai faktor kondisi yang lebih tinggi, kemudian menurun ketika ikan tersebut bertambah besar. Penelitian Prasetyo (2006) menemukan bahwa faktor kondisi ikan tembang jantan lebih tinggi dibandingkan ikan betina. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai faktor kondisi setiap spesies ikan berbeda-beda tergantung dengan faktor internal dan faktor eksternal yang memengaruhinya.

Penelitian Jatmiko *et al.* (2016) pada tuna sirip biru selatan (*Thunnus maccoyi*) di Samudera Hindia menemukan rata-rata faktor kondisi relatif adalah 1,04 dengan kecenderungan menurun seiring bertambahnya ukuran panjang. Faktor kondisi relatif meningkat dari batas atas kelas panjang 100-130 cm dan mencapai puncak tertinggi terjadi pada batas atas kelas panjang 135 cm. Setelah itu cenderung menurun hingga mencapai titik terendah sebesar 0,93 pada batas atas kelas panjang 225 cm. Ini berarti ikan yang berukuran kecil memiliki faktor kondisi yang lebih tinggi, kemudian menurun ketika ikan tersebut bertambah besar. Peningkatan faktor kondisi dapat terjadi karena penambahan gonad yang akan mencapai puncak pemijahan. Penelitian Jatmiko *et al.* (2016) pada ikan tuna sirip biru selatan (*Thunnus maccoyi*) menunjukkan bahwa faktor kondisi tertinggi pada kelas panjang 135 cm atau sebelum mencapai puncak pemijahan atau panjang ikan pertama kali matang gonad pada panjang 140 cm (Farley & Davis, 1998).

H. BIOENERGETIKA

Sebagaimana halnya pada hewan-hewan lain yang bersifat heterotrof, ikan membutuhkan energi baik untuk proses perawatan tubuh (*maintenance*), maupun untuk aktivitas fisik, tumbuh, dan bereproduksi. Energi yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan tersebut berasal dari makanan yang dikonsumsi. Adanya fluktuasi dalam ketersediaan makanan, kondisi perairan (antara lain suhu dan oksigen terlarut) dan kondisi ikan berpengaruh terhadap besarnya energi yang dikonsumsi oleh seekor ikan. Sehingga energi yang dikonsumsi tersebut dapat lebih besar atau lebih kecil dari pada energi yang dibelanjakannya. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan atau penurunan energi tubuh.

Kebutuhan dan penggunaan energi oleh makhluk hidup ditelaah dalam Bioenergetika. Bioenergetika merupakan bagian dari ilmu biokimia yang berhubungan dengan transformasi dan penggunaan energi

oleh sel hidup (Bintang, 2015). Pemahaman konsep bioenergetika pada hewan termasuk ikan dibutuhkan sebagai dasar dalam penyusunan ransum harian yang cukup untuk lingkungan fisik tertentu. Keberhasilan budi daya ikan tergantung pada penyediaan makanan yang mengandung nutrisi yang seimbang dan energi yang cukup untuk memungkinkan pertumbuhan yang paling efisien. Dengan kata lain pemahaman tentang bioenergetik diperlukan terutama dalam upaya memaksimalkan pertumbuhan (Affandi & Tang, 2017).

Makanan yang dikonsumsi oleh ikan akan mengalami proses pencernaan, penyerapan, pengangkutan dan metabolisme. Sehubungan dengan kompleksitasnya zat makanan dan keterbatasan kemampuan mencerna, maka tidak semua makanan yang dikonsumsi dapat diserap oleh tubuh ikan. Bagian makanan yang tidak dapat dicerna dan diserap tubuh akan dibuat sebagai feses, sedangkan zat makanan yang terserap setelah diangkut menuju organ target sebagian akan mengalami proses katabolisme sehingga dapat dihasilkan energi bebas dan sebagian lagi akan dijadikan bahan untuk menyusun sel-sel baru. Energi bebas yang dihasilkan dari proses katabolisme selanjutnya dapat digunakan untuk proses penyusunan jaringan baru (pertumbuhan) dan proses lainnya dalam rangka menunjang kelangsungan hidup. Proses katabolisme zat makanan khususnya protein akan menghasilkan bahan sisa yang harus diekskresikan, bahan buangan tersebut masih mengandung energi. Ini dapat dituliskan dalam rumus keseimbangan energi sebagai berikut (Affandi & Tang, 2017):

$$E_c = E_f + E_u + E_m + E_g$$

Dimana:

E_c = energi yang dikonsumsi

E_f = energi yang terbuang lewat feses

E_u = energi yang digunakan untuk ekskresi nitrogen

E_m = energi yang digunakan untuk metabolisme

E_g = energi yang digunakan untuk pertumbuhan

Dari persamaan di atas nyata bahwa pertumbuhan adalah selisih antara banyaknya energi yang dikonsumsi dan energi yang berupa buangan dan energi untuk metabolisme. Dengan kata lain, energi pertumbuhan merupakan energi yang masih tersedia dari energi yang dikonsumsi dikurangi oleh energi untuk metabolisme dan dikurangi oleh energi yang terkandung dalam materi yang dibuang sebagai feses dan nitrogen. Bila energi yang masuk hanya cukup untuk metabolisme maka hal ini mengakibatkan tidak ada pertumbuhan. Energi yang digunakan dalam metabolisme mencakup kebutuhan untuk metabolisme dasar, gerak, dan kegiatan dinamik khusus. Bila dituliskan dalam rumus maka (Affandi & Tang, 2017):

$$E_m = E_c - (E_f + E_u)$$

Dimana:

E_m = metabolisme energi

E_c = energi yang dikonsumsi

E_f = energi yang terbuang lewat feses

E_u = energi yang terbuang lewat ekskresi nitrogen

Jika protein dalam makanan dapat diserap sebesar 95 %, dan 77 % dari yang diserap tersebut dapat dimetabolisasi, maka akan didapatkan nilai energi sebesar 4,13 Kcal/g protein ($0,95 \times 0,77 \times 5,65$ Kcal/g) untuk metabolisme dan pertumbuhan. Jika 95 % dari lemak dan karbohidrat yang diserap, dapat dimetabolisasi, dan masing-masing memiliki nilai pencernaan sebesar 80 % dan 50 % maka nilai energi fisiologis untuk lemak adalah 7,26 Kcal/g ($0,96 \times 0,8 \times 9,45$ Kcal/g) dan untuk karbohidrat adalah 1,97 Kcal/g ($0,96 \times 0,5 \times 4,10$ Kcal/g). Nilai yang disebutkan di atas tidak dapat digunakan secara umum sebab

jenis ikan dan komposisi nutrisi dalam pakan dapat memengaruhi tingkat pemanfaatan komponen makanan (nutrien) dalam makanan (Affandi & Tang, 2017).

Menurut Affandi & Tang (2017) bahwa sebagian atau bahkan seluruh energi yang dapat dimetabolisasi akan digunakan untuk proses metabolisme. Kebutuhan energi untuk metabolisme harus dipenuhi terlebih dahulu, baru apabila berlebih maka kelebihannya akan digunakan untuk pertumbuhan. Hal ini berarti bahwa apabila energi yang dapat dimetabolisasi jumlahnya terbatas maka energi tersebut hanya akan digunakan untuk metabolisme saja dan tidak untuk pertumbuhan. Dari total energi metabolisme (E_m), sebagaimana akan digunakan untuk metabolisme standar/*maintenance* (M_s), sebagaimana untuk aktivitas fisik (M_a) dan sebagainya lagi untuk kegiatan menghancurkan, mengubah, dan menyimpan zat makanan (M_{sda}).

Pertumbuhan dalam hal ini mencakup pertumbuhan somatik dan pertumbuhan gonadik atau gamet. Pertumbuhan yang disebut terakhir mulai muncul ketika ikan mulai dewasa. Sebelum dewasa pertumbuhan hanya melibatkan pertumbuhan somatik. Oleh karena itu, pertumbuhan mulai menurun sehingga membentuk bentuk kurva sigmoid (Rahardjo *et al.*, 2011).

Ikan juga memerlukan energi untuk bergerak atau berpindah, mengejar mangsa, ataupun melarikan diri menjauh dari pemangsa. Termasuk ketika ikan aktif mengejar lawan jenisnya. Apabila ikan dalam keadaan diam tidak bergerak, bukan berarti ikan tidak mengeluarkan energi. Pada kondisi diam, ikan masih memerlukan energi untuk kegiatan metabolisme dasar, seperti bernapas, detak jantung, dan lain-lain.

Pada budi daya ikan, pemberian makanan yang mengandung nutrisi cukup diharapkan dapat memacu pertumbuhan ikan, sehingga waktu pemeliharaan lebih pendek. Pengaturan jumlah, frekuensi, waktu, dan cara pemberian makanan yang tepat bertujuan untuk menekan sesedikit mungkin pakan terbuang percuma, sehingga dapat diperoleh keuntungan yang besar.

Makanan atau pakan yang diberikan kepada ikan budi daya selama dipelihara, tidak hanya sekadar cukup dan tepat waktu, tetapi juga makanan tersebut harus memiliki kandungan nutrisi atau gizi yang cukup. Bila ikan budi daya mengonsumsi makanan yang kandungan nutrisinya rendah, maka pertumbuhan terhambat, bahkan pada ikan akan timbul gejala-gejala tertentu yang disebut kekurangan gizi (*malnutrition*).

Ikan budi daya yang kekurangan gizi juga merupakan sumber dan penyebab penyakit. Makanan yang kandungan proteinnya rendah akan menghambat laju pertumbuhan ikan budi daya, proses reproduksi kurang sempurna dan dapat menyebabkan ikan menjadi mudah terserang penyakit. Kekurangan lemak atau asam lemak pada pakan ikan akan menyebabkan pertumbuhan terhambat, kesulitan reproduksi dan warna kulit ikan tidak normal (kusam/suram). Kekurangan karbohidrat dan mineral jarang terjadi, kecuali yodium yang dapat menyebabkan gondok. Kekurangan vitamin dapat mengakibatkan pertumbuhan ikan menurun, mata redup, anemia, kulit pucat, dan pertumbuhan tulang belakang kurang baik.

Selain kandungan nutrisinya lengkap, dalam artian seluruh zat gizi telah dikandung oleh makanan, juga komposisinya harus seimbang. Makanan yang tidak seimbang atau salah satu komponennya berlebihan dapat juga menimbulkan masalah. Kelebihan protein dan lemak dapat menimbulkan penimbunan lemak di hati dan ginjal (*lipoid liver degeneration*) sehingga ikan budi daya menjadi gemuk, nafsu makan berkurang, dan bengkak di sekitar perut. Kelebihan karbohidrat juga dapat menyebabkan penimbunan lemak di hati dan organ dalam lainnya, rongga perut melebar, insang menjadi pucat, telur tertahan, dan kualitasnya menurun.

Dengan demikian, sebelum membuat makanan untuk ikan budi daya, nutrisi yang dibutuhkan ikan perlu diketahui lebih dahulu. Banyaknya zat-zat gizi yang dibutuhkan ini di samping tergantung pada ukuran ikan, umur, dan keadaan lingkungan ikan tersebut dibudidayakan. Nilai nutrisi (gizi) makanan pada umumnya dilihat dari komposisi zat gizinya. Beberapa komponen nutrisi yang penting dan harus tersedia dalam pakan antara lain protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral.

Protein sangat penting bagi tubuh, karena zat ini mempunyai fungsi sebagai bahan-bahan dalam tubuh serta sebagai zat pembangun, zat pengatur, dan zat pembakar. Sebagai zat pembangun protein berfungsi membentuk berbagai jaringan baru untuk pertumbuhan, mengganti jaringan yang rusak, maupun bereproduksi. Sedangkan sebagai zat pengatur, protein berperan dalam pembentukan enzim dan hormon penjaga dan pengatur berbagai proses metabolisme di dalam tubuh makhluk hidup. Sebagai zat pembakar, karena unsur karbon yang terkandung di dalamnya dapat difungsikan sebagai sumber energi pada saat kebutuhan energi tidak terpenuhi oleh karbohidrat dan lemak. Protein ikut pula mengatur berbagai proses tubuh, baik langsung maupun tidak langsung dengan membentuk zat-zat pengatur proses dalam tubuh. Protein mengatur keseimbangan cairan dalam jaringan dan pembuluh darah, yaitu dengan menimbulkan tekanan osmotik koloid yang dapat menarik cairan dari jaringan ke dalam pembuluh darah. Sifat amfoter protein yang dapat bereaksi dengan asam basa, dapat mengatur keseimbangan asam-basa dalam tubuh (Winarno, 1992).

Lemak berfungsi sebagai sumber energi yang paling besar di antara protein dan karbohidrat. Satu gram lemak dapat menghasilkan 9 Kkal/gram, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 Kkal/gram. Lemak juga menjadi sumber asam lemak, fosfolipid, kolesterol dan sebagai pelarut pada proses penyerapan vitamin A, D, E, dan K. Selain itu, lemak juga berfungsi membantu proses metabolisme, osmoregulasi, dan menjaga keseimbangan daya apung biota akuatik dalam air serta untuk memelihara bentuk dan fungsi membran/jaringan (fosfolipida). Sedangkan kelebihan lemak dapat disimpan sebagai cadangan energi untuk kebutuhan energi dalam jangka panjang selama melakukan aktivitas atau selama periode tanpa makanan.

Pencernaan karbohidrat pada ikan sangat bervariasi tergantung kompleksitas molekulnya. Namun karbohidrat yang tercerna dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Selain kompleksitas molekul karbohidrat, teknik pengolahan pakan bisa memengaruhi tersedianya karbohidrat untuk ikan. Metabolisme karbohidrat pada ikan berbeda dengan mamalia. Hal ini disebabkan sebagian besar makanan alami untuk ikan mengandung sedikit karbohidrat. Selain itu, pencernaan karbohidrat ikan relatif rendah (Halver, 1976). Kebutuhan karbohidrat pada pakan ikan tergantung dari jenis ikannya. Menurut Wilson (1977) hanya ikan herbivor dan omnivor yang dapat memanfaatkan karbohidrat tanaman. Sedangkan Watanabe (1988) mengatakan bahwa, kadar karbohidrat optimum untuk ikan omnivora adalah antara 20-40 %, sedangkan untuk ikan karnivor antara 10-20 %. Berdasarkan penelitian Wilson (1994), kadar karbohidrat untuk ikan di daerah tropis antara 25-40 %. Watanabe (1988) menyebutkan bahwa tingkat pemanfaatan karbohidrat oleh tubuh ikan dipengaruhi oleh kemampuan mencerna karbohidrat dan kemampuan untuk memanfaatkan glukosa. Ikan karnivor memiliki toleransi glukosa lebih rendah dibandingkan dengan ikan omnivor (Shimeno, 1974).

Vitamin adalah zat organik yang diperlukan tubuh biota budi daya dalam jumlah yang sedikit, tetapi sangat penting untuk mempertahankan pertumbuhan dan pemeliharaan kondisi tubuh. Pada umumnya vitamin tidak dapat disintesis dalam tubuh biota sehingga harus tersedia dalam pakan. Fungsi utama vitamin secara umum adalah: (a) sebagai bagian dari enzim atau ko-enzim sehingga dapat mengatur berbagai proses metabolisme; (b) mempertahankan fungsi berbagai jaringan tubuh; (c) memengaruhi pertumbuhan dan pembentukan sel-sel baru; dan (d) membantu dalam pembuatan zat-zat tertentu dalam tubuh. Sedangkan fungsi spesifik dari beberapa vitamin antara lain adalah, Vitamin B₁, B₆, dan B₁₂ untuk menunjang pertumbuhan serta dapat merangsang nafsu makan. Vitamin B₂ berperan dalam pertumbuhan

dan pertukaran zat-zat makanan (seperti karbohidrat, lemak dan protein) dari sel-sel dalam tubuh serta untuk proses reproduksi. Vitamin A berfungsi untuk menunjang kesehatan mata, sedangkan vitamin D dibutuhkan untuk proses metabolisme dari mineral (terutama kalsium dan fosfor). Vitamin E berpengaruh terhadap pergerakan biota maupun dalam proses reproduksi, sedangkan vitamin K berpengaruh dalam proses pembekuan darah. Vitamin C berpengaruh terhadap kemampuan tubuh dalam mengatasi stres dan pertumbuhan ikan. Peranan vitamin C dalam meningkatkan kemampuan biota untuk mengatasi stress berkaitan dengan produksi norepineprin dan epineprin dalam biosintesis katekolamin.

Mineral merupakan bahan anorganik yang dibutuhkan biota budi daya dalam jumlah yang sedikit, tetapi mempunyai fungsi yang sangat penting. Berbagai proses di dalam tubuh memerlukan zat-zat mineral ini. Fungsi utama mineral adalah sebagai komponen utama dalam struktur gigi dan tulang eksoskeleton, menjaga keseimbangan asam-basa, menjaga keseimbangan tekanan osmosis dengan lingkungan perairan, struktur dari jaringan dan sebagai penerus dalam sistim saraf dan kontraksi otot, fungsi metabolisme, sebagai komponen utama dari enzim, vitamin, hormon, pigmen, dan sebagai enzim aktivator.[]

SENARAI PUSTAKA

- Affandi, R., & U.M. Tang, 2017. *Fisiologi Hewan Air*. Intimedia, Malang.
- Alamsyah, Z., 1974. *Ichthyologi I*. Departemen Biologi Perairan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ali, S. A., 2013. "Degradasi Stok, Pengelolaan, dan Koservasi Ikan Terbang di Selat Makassar dan Laut Flores Sulawesi Selatan." *Dalam Burhanuddin et al. (penyunting), 2013. Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Andamari, R., 2005. "Aspek Reproduksi Ikan Kerapu Sunu (*Plectropomus leopardus*) di Perairan Sulawesi dan Maluku." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11 (7): 7-12.
- , D. Milton, T.V. der valde, & B. Sumiono, 2004. "Pengamatan Aspek Biologi Reproduksi Ikan Kakap Merah (*Lutjanus malabaricus*) dari Perairan Sape dan Kupang." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 10 (4): 65-75.
- , R. Haryanti, dan K. Suwirya, 2004. "Aspek Reproduksi Ikan Kerapu Sunu (*Plectropomus leopardus*)."
Prosiding Peranan Biosistematika dalam Menunjang Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati. ITS, Surabaya, 25 September 2004.
- Anonim, 1989. *Ensiklopedi Indonesia Seri Fauna: Ikan*. Cetakan kedua. PT. Ichtiar Baru-van Hoeve, Jakarta.
- , 2008. "Ikan Transgenetika." *Dfishes: Majalah Ikan Hias Indonesia*, Edisi XII, Mei-Juni, Jakarta: 30-31.
- , 2017. "Dahulu Bertelur Dua Kali Setahun, Kini Kapan Saja." *Fajar*, 07/03, Makassar.
- Anwar, J., S. J. Damanik, N. Hisyam & A.J. Whitten, 1984. *Ekologi Ekosistem Sumatera*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Arfiati, D., L Ika H., & Nuriyani, 2015. *Pengelolaan Sumberdaya Ikan di Perairan Umum*. Gunung Samudera, Malang.
- Aristiari, A., 2018. "Plastik Mengepung Laut." *Kompas*, 09/05, Jakarta: 14.
- Ayu, R.S., 2011. "Mengistirahatkan Danau, Menjaga Populasi Ikan." *Harian Kompas*, 01/08, Jakarta.
- Bintang, M., 2015. *Bioenergetika*. Erlangga, Jakarta.
- Budimawan, 2013. "Kontribusi *Otolithometry-Sclerochronology* dalam Perspektif Peningkatan Akurasi Pengelolaan Sumber Daya Ikan." *dalam Burhanuddin et al. (penyunting), 2013. Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Burhanuddin, A. I., 2008. *Ikhtologi: Ikan dan Aspek Kehidupannya*. Yayasan Citra Emulsi, Makassar.
- , 2011. *The Sleeping Giant: Potensi dan Permasalahan Kelautan*. Brilian Internasional, Surabaya.
- , 2013. "Peranan Taksonomi Ikan dalam Pengembangan Pembangunan Bidang Kelautan dan Perikanan." *Dalam Burhanuddin et al. (penyunting), 2013. Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Burhanuddin, A. I., & H. M. N. Nessa, 2013. *Pengantar Ilmu Kelautan & Perikanan*. Masagena Press, Makassar.
- Burhanuddin, A. I., N. Nessa, & A. Niartiningasih (penyunting), 2013. *Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Buwono, I. D., 2016. "Teknologi Transgenesis pada Budidaya Lele." *Trobos Aqua*, Edisi 47, Tahun IV, 15 April – 14 Mei, Jakarta: 70-71.
- , 2016. "Urgensi Keragaman Genetik Induk Unggul." *Trobos Aqua*, Edisi 54, Tahun V, 15 November – 14 Desember, Jakarta: 70-71.
- , 2017. "Indikator Kualitas Sperma Ikan Jantan." *Trobos Aqua*, Edisi 61, Tahun VI, 15 Juni – 14 Juli, Jakarta: 70-71.
- Daelami, A. S. D., 2001. *Usaha Pembenihan Ikan Hias Air Tawar*. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Dahuri, R., 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- , 2018. "Menyoal Visi Ekonomi Maritim Indonesia." *Trobos Aqua*, Edisi 71, Tahun VI, 15 April – 14 Mei, Jakarta: 62-63.
- Dani, A. R. & M. Sutjiati, 1985. *Ekologi Ikan*. Fakultas Perikanan, Universitas Brawijaya, Malang.

- Dharmadi, A. Anung, & J. Widodo, 2002. "Aspek Biologi dan Penangkapan Cucut di Cilacap." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 8 (1): 57-67.
- Djajasewaka, H., 1985. *Pakan Ikan (Makanan Ikan)*. CV. Yasaguna, Jakarta.
- Djamil, A.S., 2012. *Al-Quran Menyelami Rahasia Lautan*. Mizan, Bandung.
- Djuhandi, T., 1981. *Dunia Ikan*. Armico, Bandung.
- Effendi, M. I., 1978. *Biologi Perikanan Bagian I*. Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- , 1979. *Metoda Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri, Bogor.
- , 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Fitriya, N., 2017. *Aspek Biologi dan Status Populasi Ikan Hiu di Kepulauan Pulau Seribu*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Frank, B., 1996. "Habitat Ikan Salmon." dalam A. Wallace, 1996. *Langkah-Langkah Hiau: Hidup Lembut Bersama Alam*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta: 219-227.
- Fujaya, Y., 2004. *Fisiologi Ikan, Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- , 2013. "Teknologi Reproduksi dalam Perspektif Pembangunan Perikanan Bertanggung Jawab dan Berkelanjutan." Dalam Burhanuddin et al. (penyunting), 2013. *Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Gassing, F., 2013. "Peranan Ikhtiologi dalam Pengembangan Perikanan Berkelanjutan." Dalam Burhanuddin et al. (penyunting), 2013. *Membangun Sumber Daya Kelautan Indonesia: Gagasan dan Pemikiran Guru Besar Universitas Hasanuddin*. IPB Press, Bogor.
- Giri, N.A., 1998. "Aspek Nutrisi dalam Menunjang Pembenihan Ikan Kerapu." dalam Sudradjat et al., 1998. *Seminar Teknologi Perikanan Pantai*, Denpasar 6-7 Agustus 1998: 44-51.
- Goltenboth, F., K. H. Timotius, P. P. Milan, & J. Margraf, 2012. *Ekologi Asia Tenggara: Kepulauan Indonesia*. Salemba Teknika, Jakarta.
- Gunaso, W., 1985. *Tingkah Laku Ikan dalam Hubungannya dengan Alat, Metoda, dan Taktik Penangkapan*. Jurusan Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Gusrina, 2014. *Genetika dan Reproduksi Ikan*. Deepublish, Yogyakarta.
- Hadi, M. S. & N. Sutisna, 2013. "Monster Pelahap di Jatiluhur." *Majalah Tempo*, 25 November-1 Desember, Jakarta : 58-59.
- Halide, H., 1993. "Aspek-Aspek Fisis Perpindahan Ikan." *Fajar*, 13/08, Makassar.
- Hanung, 2009. "Lates Niloticus: Raksasa di Perairan Afrika." *Majalah D'fishes*, No. 22, Agustus, Jakarta: 24-25.
- Hariati, T., M. Taufik, & A. Zamroni, 2005. "Beberapa Aspek Reproduksi Ikan Layang (*Decapterus russelli*) dan Ikan Banyar (*Rastrelliger kanagurta*) di Perairan Selat Malaka Indonesia." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*, 11 (2): 47-56.
- Haryani, G. S., 2004. "Pengelolaan Ekoton: Potensi, Permasalahan, dan Strategi." dalam W.B. Setyawan, P. Purwati, S. Sunanisari, D. Widarto, R. Nasution, dan O. Atijah (eds), 2004. *Interaksi Daratan dan Lautan: Pengaruhnya terhadap Sumberdaya dan Lingkungan*. LIPI Press, Jakarta: 52-63.
- Heddy, S., S. B. Soemitro, & S. Soekartomo, 1986. *Pengantar Ekologi*. CV. Rajawali, Jakarta.
- Hutabarat, S. & S. M. Evans, 1986. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Imanto, P. T. & R. Melianawati, 2003. "Perkembangan Larva Kakap Merah, *Lutjanus sebae*." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9 (1): 11-19.
- Indrawan, M., R. B. Primack, & J. Supriatna, 2007. *Biologi Konservasi*. Edisi Revisi, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Indriyanto, 2006. *Ekologi Hutan*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Jatmiko, I., F. Rochman, & A. Wujdi, 2016. "Pola Pertumbuhan dan Faktor Kondisi Tuna Sirip Biru Selatan (*Thunnus maccoyii*) di Samudera Hindia." dalam Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M. Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, Cibinong: 757-763.

- Kantun, W. & A. Mallawa, 2016. *Biologi Tuna Madidihang (Thunnus albacares)*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kartamihardja, E. S., 2018. "Garap Peluang Budi Daya Ikan Mahseer." *Trobos Aqua*, Edisi 69, Tahun VI, 15 Februari – 14 Maret, Jakarta: 42-43.
- Khomsan, A., 2015. "Konsumsi Ikan dan Bangsa yang Cerdas." *Trobos Aqua*, Edisi 39 Tahun IV, 15 Agustus – 14 September, Jakarta: 64-65.
- Kisswara, A. S. 2012. "Bandeng Gresik Naik Kasta." *Kompas*, 26/09, Jakarta.
- Komaruddin, A.K.U., 2000. *Betutu*. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Kordi, K. M. G. H., 2007. *Meramu Pakan untuk Ikan Karnivor*. CV. Aneka Ilmu, Semarang.
- , 2008. *Budi Daya Perairan*. Buku Kesatu. PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- , 2009. *Budi Daya Perairan*. Buku Kedua. PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- , 2010. *Ekosistem Terumbu Karang*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- , 2011. *Ekosistem Lamun (Seagrass)*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- , 2011. *Marikultur: Prinsip dan Praktik Budi Daya Laut*. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , 2012. *Ekosistem Mangrove*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- , 2015. *Pengelolaan Perikanan Indonesia*. Pustaka Baru Press, Yogyakarta.
- , 2015. *Panduan Lengkap Budi Daya Ikan Batak*. PT. Satu Nusa, Bandung.
- , 2015. *Buku Pintar Budi Daya 32 Ikan Laut Ekonomis*. Cetakan kedua. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , 2016. "Sirip Biru, Tuna Termahal di Ambang Kepunahan." *Malut Post*, 28/01, Ternate.
- , 2017. *Laut dan Air Dalam Al-Quran*. Pustaka Diniyah, Yogyakarta.
- , 2017. *Farm Bigbook: Budi Daya Ikan Konsumsi di Air Tawar*. Cetakan kedua. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , 2018. *Panen Untung Dari Akuabisnis Ikan Bobara*. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , 2018. *Akuakultur: Prinsip dan Praktik Budi Daya Air Tawar*. PT. Indeks, Jakarta.
- , 2018. "Sampah Plastik Mengancam Biota Akuatik." *Fajar*, 04/09, Makassar.
- , 2018. *Farm Bigbook: Budi Daya Komoditas Perikanan Laut Unggulan, Populer, dan Prospektif*. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , & A. Tamsil, 2015. *Pembenihan Ikan Laut Ekonomis Secara Buatan*. Cetakan kedua. Lily Publisher, Yogyakarta.
- , dan A.B. Tancung, 2010. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budi Daya Perairan*. Cetakan kedua. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Kottelat, M., A. J. Whitten, S. N. Kartikasari & S. Wirjoatmodjo, 1993. *Ikan Air Tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi*. Edisi Dwi Bahasa (Inggris-Indonesia). Periplus Edititon (Hk) Ltd. Bekerjasama dengan Proyek EMDI Kantor Menteri Negera KLH Republik Indonesia, Jakarta.
- Kristanto, A. H., Nuryadi, Yosmaniar, & Sutrisno, 2008. "Perkembangan Telur dan Sperma Induk Ikan Belida *Notopterus chitala* yang Dipelihara di Kolam." *Jurnal Riset Akuakultur*, 3 (1): 73-82.
- Kusumowati, R.A.A.A., M. Boer, & Zairion, 2016. "Kajian Pertumbuhan dan Mortalitas Ikan Tembang (*Sardinella fimbriata* Cuvier, 1847) di Perairan Selat Bali." *dalam* Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M. Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, Cibinong: 774-783.
- Lagler, K.F., J. E. Bardach, R. H. Miller, & D. R. M. Passino, 1977. *Ichthyology*. Second edition. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Laksmi, B.I., 2014. "Mengenal Arus Pembawa Ikan." *Kompas*, 06/08, Jakarta.
- Latuconsina, H., 2016. *Ekologi Perairan Tropis*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lukman, 2013. *Danau Toba: Karakteristik Limnologis dan Mitigasi Ancaman Lingkungan dari Pengembangan Keramba Jaring Apung*. Cetakan kedua. LIPI Press, Jakarta.
- Martin, E. A., 2012. *Kamus Sains*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Maryono, A., 2008. *Rekayasa Fishway (Tangga Ikan)*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mayunar, 1992. "Pijah Rangsang dan Pemeliharaan Kerapu Lumpur, *Epinephelus tauvina*." *Oceana*, XVII (2): 69-82.

- Mayunar & T. Ahmad, 1994. "Studi Pendahuluan Perubahan Kelamin, Ukuran Biologis Minimal dan Fekunditas Ikan Kakap Putih, *Lates calcalifer*." *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 10 (2): 7-18.
- , S. Diani & B. Slamet, 1991. "Fekunditas, Derajat Pembuahan dan Derajat Penetasan Telur Ikan Kerapu Macan, *Epinephelus fuscoguttatus*." *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 7 (2): 1-9.
- McNaughton, S. J. & L. L. Wolf, 1990. *Ekologi Umum*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Monk, K.A., Y. De Fretes, & G.R. Lilley, 2000. *Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku, Buku V*. Canadian International Development Agency (CIDA) dan Prenhallindo, Jakarta.
- Mulyadi, 2005. "Mencari Lokasi *Upwelling* dengan Bio-Indikator Kopepoda." *Kompas*, 09/06/2005, Jakarta.
- Murni, D., 2005. "Misteri Kehidupan Penyu Belimbing, Disungkap Melalui Satelit Transmisi." *Kompas*, 17/06/2005, Jakarta.
- Najamuddin, 2014. *Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Layang (Decapterus spp) Berkelanjutan di Perairan Selat Makassar*. IPB Press & Hasanuddin University Press, Makassar.
- Nasution, S. H., 2005. "Karakteristik Reproduksi Ikan Endemik Rainbow Selebensis (*Telmatherina celebensis* Boulenger) di Danau Towuti." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Edisi Sumber Daya dan Penangkapan*, 11 (2): 29-41.
- Nessa, N., 1994. "Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Pantai yang Berwawasan Lingkungan dan Berorientasi pada Peningkatan Kesejahteraan Nelayan Kecil." Pidato Peringatan Dies Natalis Universitas Hasanuddin XXXVIII Ujung Pandang dan Pidato penerimaan Guru Besar tetap dalam Ilmu Perikanan, Universitas Hasanuddin.
- Nikijuluw, V.P.H., 2002. *Rezim Pengelolaan Sumberdaya Perikanan*. P3R dan PT. Pustaka Cidesindo, Jakarta.
- Noegroho, T., T. Hidayat, & Y. H. Restiangsih, 2016. "Struktur Ukuran dan Dinamika Populasi Ikan Tongkol Krai (*Auxis thazard*) di Perairan Samudera Hindia Bagian Barat Sumatera." *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, Cibinong: 705-714.
- Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.
- , 1992. "Laut Sebagai Sumber Flora dan Fauna untuk Menunjang Kehidupan Bangsa." *Majalah Ilmu dan Budaya*, No. 6, Maret, Universitas Nasional, Jakarta.
- , 2008. *Plankton Laut*. LIPI Press, Jakarta.
- Nugroho, E., W. Hadie, J. Subagja, & T. Kurniasih, 2005. "Keragaman dan Morfometrik pada Ikan Baung, *Mystus nemurus* dari Jambi, Wonogiri, dan Jatiluhur." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11 (7): 1-6.
- Nuitja, I. N. S., 2010. *Manajemen Sumber Daya Perikanan*. PT Penerbit IPB Press, Bogor.
- Numberi, F., 2015. *Kembalikan Kejayaan Negeri Bahari*. PT. Bhuana Ilmu Populer, Jakarta.
- Nurhazmi, A. A., M. Boer, & R. Kurnia, 2016. "Dinamika Populasi Ikan Kembung Lelaki (*Rastrelliger kanagurta*, Cuvier 1817) di Perairan Selat Sunda." *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, Cibinong: 685-704.
- Nur, M., 2015. *Biologi Reproduksi Ikan Endemik Pirik (Lagusia micracanthus, Bleeker, 1860) di Sulawesi Selatan*. Tesis. Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nybakken, J.W., 1988. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Peristiwady, T. 2006. *Ikan-Ikan Laut Ekonomis Penting di Indonesia: Petunjuk Identifikasi*. LIPI Press, Jakarta.
- Pertami, N. D., M. F. Rahardjo, Prawira A., & R. P. Tampubolon, 2016. "Perikanan Lemuru, *Sardinella lemuru* Bleeker 1853 di Selat Bali: Status, Permasalahan, dan Pengelolaan." *dalam* Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M. Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, Cibinong: 483-495.
- Pirzan, A. M., Utoyo, & S. Tonnek, 1998. "Kajian Beberapa Aspek Biologi Ikan Kerapu, Acuan Pemilihan Spesies Potensial Budidaya Perikanan Pantai." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, IV (4): 25-31.
- Poernomo, A., S. Mardijah, M. L. Linting, E. M. Amin, & Widjopriono, 2003. *Ikan Hias Laut Indonesia*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Prakoso, V. A., & I. I. Kusmini, 2016. "Hubungan Panjang-Bobot Ikan Tengadak Albino (*Barbonymus schwanenfeldii*) Hasil Adaptasi di Lingkungan Terkontrol." *dalam* Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M.

- Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 413-419.
- Prayitno, H., 1992. "Arwana, Keindahan yang Membawa Bencana." *dalam* Sastrapradja, S. D., S. Adisoemato, & M. A. Rifai (penyunting), 1992. *Khazanah Flora dan Fauna Nusantara*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Prijono, A., T. Setiadharna, & F. Johnny, 1998. "Pengamatan Aspek Biologi dan Perubahan Awal Sel Kelamin (Intersex) Ikan Kerapu Batu (*Epinephelus bontoides* Bleeker)." *dalam* Sudradjat et. al., 1998. *Prosiding Seminar Teknologi Perikanan Pantai*. Denpasar, 6-7 Agustus: 186-191.
- Prijono, A., K. Sugama, Z. I. Azwar, T. Setiadharna, dan T. Sutarmat, 1997. "Implantasi Vitamin E untuk Memacu Pematangan Gonad Induk Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal)." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, III (1): 21-28.
- Primack, R.B., J. Supriatna, M. Indrawan, & P. Kramadibrata, 1998. *Biologi Konservasi*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Purba, R., 1995. "Peranan Hormon LHRHa Menunjang Pembenihan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*)." *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, XVII (4): 7-8.
- , 1993. "Peranan Hormon dalam Pemijahan Ikan Kakap Putih (*Lates Calcalifer*) dan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttaus*)." *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, XV (1): 7-8.
- Purbayanto, A., M. Riyanto, & A. D. P. Fitri, 2010. *Fisiologi & Tingkah Laku Ikan pada Perikanan Tangkap*. PT. Penerbit IPB Press, Bogor.
- Omar, S.B.A., 2012. *Dunia Ikan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Omar, S.B.A., M.T. Umar, M.A. Dahlan, S. Kune, & M. Nur, 2016. "Hubungan Panjang-Bobot dan Faktor Kondisi Nisbi Ikan Layang *Decapterus macrosoma* Bleeker 1851 di Perairan Teluk Mandar dan Teluk Bone." *dalam* Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M. Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 623-636.
- Rahardjo, M. F., 2007. "Lampu Merah Biodiversitas Ikan di Perairan Tawar Indonesia." Makalah Kunci Seminar Nasional IV Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan, 28 Juli 2007. Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rahardjo, M. F., D. S. Sjafei, R. Affandi, & Sulistiono, 2011. *Iktiologi*. Lubuk Agung, Bandung.
- Rahayu, D., R. Kurnia, & M. M. Kamal, 2016. "Dinamika Pertumbuhan dan Laju Eksploitasi Ikan Swanggi (*Priacanthus tayenus* Richardson, 1846) di Perairan Selat Sunda." *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 727-745.
- Ravael, F.J. 1996. "Mengenal Hormon Reproduksi Ikan." *Techner*, No. 25 Tahun V, Jakarta: 34-35
- , 1996. "Aplikasi Hormon Reproduksi pada Ikan." *Techner*, No. 25 Jakarta: 36-38.
- Resosoedarmo, R. R., K. Kartawinata, & A. Soegiarto, 1987. *Pengantar Ekologi*. Cetakan keempat. Remadja Karya, Bandung.
- Riani, E., 2012. *Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik*. IPB Press, Bogor.
- Romimohtarto, K., & S. Juwana, 2001. *Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan, Jakarta.
- , 2004. *Meroplankton Laut: Larva Hewan Laut yang Menjadi Plankton*. Djambatan, Jakarta.
- Rompas, R.M., N.DC. Rumampuk, & J.R. Rompas, 2009. *Oseanografi Kimia*. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia, Jakarta.
- Royce, W., 1984. *Introduction to the Practice of Fishery Science*. Academic Press Inc., New York.
- Rupawan, A. K. Gaffar, & Husnah, 1999. "Beberapa Sifat Biologi dan Ekologi Ikan Semah (*Tor douronensis*) di Danau Kerinci dan Sungai Merangin, Jambi." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, V (4): 1-6.
- Sarumaha, H., R. Kurnia, & I. Setyobudidandi, 2016. "Laju Pertumbuhan, Hubungan Panjang-Bobot, dan Tingkat Kematangan Gonad Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) di Perairan Selat Sunda." *dalam* Zahid, A., C.P.H. Simanjuntak, A.M. Lusiastuti, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, W. Hadie, & L.E. Hadie. (penyunting), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 557-568.
- Satria, A., 2012. "Ekonomi Biru." *Kompas*, 15/12, Jakarta.

- , 2013. "Industrialisasi Perikanan dan Ekonomi Biru." *Seputar Indonesia*, 01/01, Jakarta.
- Satria, H., 1997. "Perlindungan Sumber Daya Plasma Nutfah Perikanan." *Kompas*, 03/04, Jakarta.
- Satria, H., & E. S. Kartamihardja, 2002. "Distribusi Panjang Total dan Kebiasaan Makan Yuwana Ikan Payangka (*Ophiocara porocephala*)." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 8 (1): 41-50.
- Satyani, D., 2003. "Pengaruh Umur Induk Ikan Cupang (*Betta splendens* Regan) dan Jenis Pakan terhadap Fekunditas dan Produksi Larvanya." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9 (4): 13-18.
- Setiadharmas, T., A. Priyono, & N.A. Giri, 2003. "Aplikasi Hormon LHRH-a untuk Perkembangan Gonad dan Pemijahan Induk Ikan Kerapu Batik (*Epinephelus microdon*)." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9 (1): 7-10.
- Slamet, B., & Tridjoko, 1997. "Pengamatan Pemijahan Alami, Perkembangan Embrio dan Larva Ikan Kerapu Batik, *Epinephelus microdon* dalam Bak Terkontrol." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, III (4): 40-50.
- Slamet, B., Hersapto, & Tridjoko, 1998. "Pengamatan Hubungan Panjang, Bobot, Kebiasaan Makan, dan Aspek Biologi Reproduksi Ikan Napoleon, *Cheilinus undulatus*." dalam Sudradjat et. al., 1998. *Prosiding Seminar Teknologi Perikanan Pantai*. Denpasar, 6-7 Agustus: 119 – 123.
- Sidharta, B.R., 2016. *Bioteknologi Kelautan*. Cahaya Atma Pustaka, Yogyakarta.
- Sjafei, D. B., C. P. H. Simanjuntak, & M. F. Rahardjo, 2008. "Perkembangan Pematangan Gonad dan Tipe Pemijahan Ikan Selais (*Ompok hypophthalmus*) di Rawa Banjiran Sungai Kampar, Riau." *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 8 (2): 93-100.
- Sparre, P., & S.C. Venema, 1999. *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment*. Part 1, Manual. FAO Fisheries Technical Paper. Rome.
- Sudarto, 1992. "Pendugaan Pertumbuhan Lewat Sisik." *Techner*, 03 Tahun I, Jakarta: 37-38.
- Sudirman & M. Y. Karim, 2008. *Ikan Kerapu: Biologi, Eksploitasi, Manajemen, dan Budidayanya*. Yasrif Watampone, Jakarta.
- Sudradjat, A., 2011. *Glosarium Akuakultur*. Yrama Widya, Bandung.
- Suharti, S. R., 2002. "Menentukan Umur Ikan Melalui Mikrostruktur Otolit." *Oseana*, XXVII (1): 1-8.
- Sukra, Y., L. Rahardjo, & I Djuwita, 1989. *Embriologi I*. Pusat Antar Universitas. Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sulastri, D. I. Hartoto, I. Yuniarti, & S. H. Nasution, 2011. "Karakteristik Habitat, Kebiasaan Makan, dan Sistem Konservasi Ikan Bada *Rasbora argyrotaenia* di Danau Maninjau." dalam Simanjuntak, C. P. H., A. Zahid, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, Krismono, Haryono, & A. H. Tjakrawidjaja (penyunting), 2011. *Prosiding Seminar Nasional Ikan VI & Kongres Masyarakat Iktiologi Indonesia III*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 487-497.
- Sunyoto, P., 1992. "Pengujian Mikropelet (*Microencapsule diet*/MCD) dalam Memperkaya Nutrisi Jasad Pakan (rotifera dan artemia) untuk Larva Ikan Laut." *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 8 (2): 21-28.
- , & Mustahal, 2000. *Pembenihan Ikan Laut Ekonomis; Kerapu, Kakap, Beronang*. Cetakan kedua. Penebar Swadaya, Jakarta.
- , S. Diani, & M. Ali, 1991. "Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Ikan Kerapu Sunu *Plectropomus maculatus* yang diberi Ransum Berbeda." *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 7 (2): 67-72.
- Sumantadinata, K., 1983. *Pengembangbiakan Ikan-Ikan Peliharaan di Indonesia*. PT. Sastra Hudaya, Jakarta.
- Sunamo, M.T.D., 2010. "Ikan Belida, Antara Potensi dan Ancaman." *Trobos*, No. 125, Februari Tahun XI, Jakarta: 82 – 83.
- Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suryo, 1984. *Genetika*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Susanto, G. N., 2017. *Ichthyologi: Biologi Ikan*. Innosain, Yogyakarta.
- Susanto, H., 1991. *Koi*. Cetakan kedua. Penebar Swadaya, Jakarta.
- , 1996. *Teknik Kawin Suntik Ikan Ekonomis*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sutisna, D. H. & R. Sutarmanto, 1995. *Pembenihan Ikan Air Tawar*. Kanisius, Yogyakarta.

- Suwarso, A. Zamrony, & R. Setiawan, 2005. "Kebiasaan Makan Beberapa Jenis Ikan Pelagis di Perairan Teluk Tomini." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11 (6): 109-113.
- Syam, A. R., T. Zubaidi, & I. N. Edrus, 2004. "Aspek Biologi Reproduksi Ikan Terbang *Cysilurus oligolepsis* dan *Cysilurus spilopterys* di Perairan Tual, Maluku Tenggara." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 10 (4): 87-96.
- Tambunan, I., 2015. "Harapan dan Ancaman Kepunahan." *Kompas*, 02/03, Jakarta.
- Tampubolon, S.M., 1983. *Ikan Tuna dan Perdagangannya*. Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tamsil, A., 2000. *Studi Beberapa Karakteristik Reproduksi Prapemijahan dan Kemungkinan Pemijahan Buatan Ikan Bungo (*Glossogobius Cf. aureus*) di Danau Tempe dan Danau Sidenreng Sulawesi Selatan*. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- , 2009. *Ikan Bungo : Biologi Reproduksi dan Upaya Pelestariannya*. Pustaka Refleksi, Makassar.
- Tang, U.M., & R. Affandi, 2017. *Biologi Reproduksi Ikan*. Intimedia, Malang.
- Taufik, M., Suwarso, & Nurwiyanto, 2005. "Distribusi Kelimpahan Ichthyoplankton di Teluk Tomini dan Laut Banda." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11 (6): 73-83.
- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji, & M.K. Moosa, 1997. *The Ecology of the Indonesian Sea. Part II*. Periplus Edition (HK) Ltd., Singapore.
- Tridjoko, B. Slamet, & D. Makatutu, 1997. "Pematangan Induk Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) dengan Rangsangan Suntikan Hormon LHRHa dan 17- α Methyltestosteron." *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, III (4): 30-34.
- Tridjoko, B. Slamet, & A. Prijono, 1998. "Pematangan Gonad dan Pemijahan Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) dengan Injeksi Hormon." dalam Sudradjat et. al., 1998. *Prosiding Seminar Teknologi Perikanan Pantai*. Denpasar, 6-7 Agustus: 159-163.
- Trihusodo, P., 1992. "Menangkap Teri Melepas Kakap." *Tempo*, 25/01, Jakarta.
- Tunggal, N., 2011. "Merekayasa Transgenik Musuh Alami Wereng." *Kompas*, 05/08, Jakarta.
- Utomo, A. D., S. Adjie, dan Asyari, 1990. "Aspek Biologi Ikan Lais di Perairan Lubuk Lampan Sumatera Selatan." *Bulletin Penelitian Perikanan Darat*, 2 (9): 105-111.
- Wargasasmita, S. & W. Wardhana, 1996. "Studi Kebiasaan Pakan Ikan Sapu-Sapu (*Hyposarcus pardalis*) Sebagai Landasan untuk Mengetahui Kemungkinan Dampak Introduksi Ikan Asing terhadap Ikan Asli." *Majalah Lembaga Penelitian Universitas Indonesia*, No. 20/Th VII/Mart/1996: 12-17.
- Waspada, 1994. "Membiakkan Kakap Putih Secara Buatan." *Techner*, No. 13, Tahun III, Jakart: 36-38.
- Wibowo, A., R. Affandi, & S. Rahmah, 2011. "Kebiasaan Makanan Ikan Belida (*Chitala lopis* Bleeker 1851) di Daerah Aliran Sungai Kampar, Provinsi Riau." dalam Simanjuntak, C. P. H., A. Zahid, M. F. Rahardjo, R. K. Hadiaty, Krismono, Haryono, & A. H. Tjakrawidjaja (penyunting), 2011. *Prosiding Seminar Nasional Ikan VI & Kongres Masyarakat Iktiologi Indonesia III*. Masyarakat Iktiologi Indonesia, Cibinong: 79-89.
- Widodo, J. & Suadi, 2006. *Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Winarno, F.G., 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Cetakan keenam. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Winterbourn, M.J., 1997. "Kemajuan Mutakhir dalam Memahami Ekosistem Sungai." dalam N. Polunin (ed.). *Ekosistem dan Penerapannya*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Westra, P., 1994. *Dasar-Dasar Genetika Ikan dan Pengembangbiakan (Genetik Kualitatif, Genetik Populasi, Seleksi)*. Airlangga University Press, Surabaya.
- Yudasmar, G.A., 2014. *Biologi Perikanan*. Plantaxia, Yogyakarta.
- Zairin, M., 2002. *Sex Reversal: Memproduksi Benih Ikan Jantan atau Betina*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- , 2004. *Budi Daya Ikan Aligator*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman, & J. H. Boon, 1991. *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Sumber dari internet:

- www.eol.org.
- <http://content2.eol.org>
- www.defishery.wordpress.com
- <http://klikgeografi.blogspot.co.id>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Ikan-ikan endemik di perairan Indonesia

Spesies	Lokasi	Status
Ordo Carcharhiniformes Famili Scylliorhinidae <i>Apristurus sibogae</i> (Weber, 1913)	Selat Makassar	
Ordo Myliobatiformes Famili Urolophidae <i>Urolophus javanicus</i> (Martens, 1864) <i>Urolophus kaianus</i> (Gunther, 1880)	Pulau Jawa Kepulauan Kei	CR
Ordo Osteoglossiformes Famili Notopteridae <i>Chitala hypselonotus</i> (Bleeker, 1851)	Pulau Sumatera, Kalimantan	
Famili Osteoglossidae <i>Scleropages aurus</i> (Pouyaud, Sudarto & Teugels, 2003) <i>Scleropages legendrei</i> (Pouyaud, Sudarto & Teugels, 2003) <i>Scleropages macrocephalus</i> (Pouyaud, Sudarto & Teugels, 2003)	Indonesia Indonesia Indonesia	
Ordo Anguilliformes Famili Ophichthidae <i>Pisodonophis hypselopterus</i> (Bleeker, 1851) <i>Yirkala gjellerupi</i> (Weber & de Beaufort, 1916)	Pulau Kalimantan Papua	
Ordo Clupeiformes Famili Pristigasteridae <i>Ilisha pristigastroides</i> (Bleeker, 1852)	Sungai Barito, Sungai Kapuas	
Famili Clupeidae <i>Clupeichthys bleekeri</i> (Hardenberg, 1936) <i>Clupeoides hypselosoma</i> (Bleeker, 1866)	Sungai Kapuas Sungai Barito, Sungai Kapuas	
Famili Sundasalangidae <i>Sundasalanx malleti</i> (Siebert & Crimmen, 1997) <i>Sundasalanx megalops</i> (Siebert & Crimmen, 1997) <i>Sundasalanx mesops</i> (Siebert & Crimmen, 1997) <i>Sundasalanx microps</i> (Roberts, 1981) <i>Sundasalanx platyrhynchus</i> (Siebert & Crimmen, 1997)	Sungai Barito Sungai Barito Sungai Barito (anak sungai Barito) Sungai Barito Sungai Kapuas Sungai Kapuas	
Ordo Cypriniformes Famili Cyprinidae <i>Barbodes mahakkamensis</i> (Ahl, 1922) <i>Barbodes platysoma</i> (Bleeker, 1855) <i>Barilius borneensis</i> (Roberts, 1989) <i>Boraras brigittae</i> (Vogt, 1978) <i>Boraras merah</i> (Kottelat, 1991) <i>Crossocheilus gnathopogon</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Cyclocheilichthys janthochir</i> (Bleeker, 1854) <i>Diplocheilichthys jentinkii</i> (Popta, 1904) <i>Eirmotus furvus</i> (Tan & Kottelat, 2008) <i>Eirmotus insignis</i> (Tan & Kottelat, 2008) <i>Eirmotus isthmus</i> (Tan & Kottelat, 2008) <i>Kalimantania lawak</i> (Bleeker, 1855) <i>Labeo moszkowskii</i> (Ahl, 1922) <i>Labeo pietschmanni</i> (Machan, 1930) <i>Labiobarbus lamellifer</i> (Kottelat, 1994) <i>Leptobarbus hoevenii</i> (Bleeker, 1851) <i>Leptobarbus melanopterus</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Lobocheilos ixocheilos</i> (Kottelat & Tan, 2008) <i>Lobocheilos kajanensis</i> (Popta, 1904) <i>Lobocheilos lehat</i> (Bleeker, 1858)-diduga telah punah, tidak pernah ditemukan lagi <i>Lobocheilos schwanenfeldii</i> (Bleeker, 1854)	Pulau Kalimantan Indonesia Kalimantan Barat Kalimantan Selatan Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan Pulau Sumatera Sungai Kapuas Indonesia Pulau Sumatera Sungai Kapuas, Pulau Belitung Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Kalimantan Barat, Pulau Jawa Pulau Sumatera Indonesia Kalimantan Timur Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Sungai Kapuas Sungai Batangari, Sungai Kapuas Sungai Kahayan (Kalimantan) Pulau Jawa Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan,	EX

<i>Lobocheilos tenura</i> (Kottelat & Tan, 2008) <i>Mystacoleucus padangensis</i> (Bleeker, 1852) <i>Neolissochilus longipinnis</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Neolissochilus sumatranus</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Neolissochilus thienemanni</i> (Ahl, 1933) <i>Osteochilus bellus</i> (Popta, 1904) <i>Osteochilus bleekeri</i> (Kottelat, 2008) <i>Osteochilus borneensis</i> (Bleeker, 1856) <i>Osteochilus intermedius</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Osteochilus jeruk</i> (Hadiaty & Siebert, 1998) <i>Osteochilus kappenii</i> (Bleeker, 1856) <i>Osteochilus kelabau</i> (Popta, 1904) <i>Osteochilus kuekenthali</i> (Ahl, 1922) <i>Osteochilus partilineatus</i> (Kottelat, 1995) <i>Osteochilus pentalineatus</i> (Kottelat, 1982) <i>Osteochilus pleurotaenia</i> (Bleeker, 1855) <i>Osteochilus repang</i> (Popta, 1904) <i>Osteochilus serokan</i> (Hadiaty & Siebert, 1998) <i>Paedocypris carbunculus</i> (Britz & Kottelat, 2008) <i>Paedocypris progenetica</i> (Kottelat, Britz, Tan, & Witte, 2006) <i>Parachela cyanea</i> (Kottelat, 1995) <i>Parachela ingerkongi</i> (Banarescu, 1969) <i>Pectenocypris balaena</i> (Roberts, 1989) <i>Pectenocypris korthausae</i> (Kottelat, 1982) <i>Poropuntius tawarensis</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Puntius anchisporus</i> (Vaillant, 1902) <i>Puntius aphyra</i> (Gunther, 1868) <i>Puntius bunau</i> (Rachmatika, 2005) <i>Puntius dorsimaculatus</i> (Ahl, 1923) <i>Puntius endecanalis</i> (Roberts, 1989) <i>Puntius foerschi</i> (Kottelat, 1982) <i>Puntius gemellus</i> (Kottelat, 1996) <i>Puntius microps</i> (Gunther, 1868) <i>Puntius oligolepis</i> (Bleeker, 1853) <i>Puntius rhomboocellatus</i> (Koumans, 1940) <i>Puntius trifasciatus</i> (Kottelat, 1996) <i>Rasbora aprotaenia</i> (Hubbs & Brittan, 1954) <i>Rasbora baliensis</i> (Hubbs & Brittan, 1954) <i>Rasbora beauforti</i> (Hardenberg, 1937) <i>Rasbora boorneensis</i> (Bleeker, 1860) <i>Rasbora bunguranensis</i> (Brittan, 1951) <i>Rasbora dies</i> (Kottelat, 2008) <i>Rasbora ennealepis</i> (Roberts, 1989) <i>Rasbora jacobsoni</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Rasbora johannae</i> (Siebert & Guiry, 1996) <i>Rasbora kalbarensis</i> (Kottelat, 1991) <i>Rasbora latilavina</i> (Siebert & Richardson, 1997) <i>Rasbora leptosoma</i> (Bleeker, 1855) <i>Rasbora reticulata</i> (Weber & de Beaufort, 1915) <i>Rasbora spilotaenia</i> (Hubbs & Brittan, 1954) <i>Rasbora subtilis</i> (Robert, 1989) <i>Rasbora tawarensis</i> (Weber & de Beaufort, 1916)	Pulau Jawa Sungai Kapuas Pulau Sumatera Danau Tawar (Pulau Sumatera), Sungai Pangus (Ungaran) Pulau Sumatera Danau Toba Kalimantan Timur Pulau Kalimantan, Pulau Sumatera Jambi, Sungai Kapuas Pulau Kalimantan, Pulau Sumatera Sungai Lembang, Sungai Alas (Sumatera) Sungai Kapuas Kalimantan Timur Pulau Kalimantan Kalimantan Barat Kalimantan Selatan Sungai Musi, Sungai Mahakam, Sungai Kapuas, Krawang Kalimantan Timur Sungai Lembang (Pulau Sumatera) Pulau Kalimantan Indonesia Pulau Kalimantan Pulau Kalimantan Sungai Kapuas Pulau Sumatera, Kalimantan Selatan Danau Tawar (Aceh) Sungai Kapuas, Sungai Mahakam, Sungai Bulungan Pulau Jawa Indonesia Pulau Sumatera Sungai Kapuas Kalimantan Selatan Pulau Sumatera Indonesia Pulau Sumatera Sungai Kapuas, Sungai Barito, Sungai Kahayan Indonesia Pulau Jawa bagian utara Danau Bratan (Pulau Bali) Sungai Kumai (Pulau Kalimantan) Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat Bungaran (Kep. Natuna Besar) Pulau Tarakan Kalimantan Barat Pulau Sumatera bagian tengah Pulau Kalimantan Kalimantan Barat Pulau Kalimantan Pulau Sumatera Pulau Sumatera, Pulau Nias Pulau Sumatera Sungai Kapuas dan danau-danau di Kalimantan Barat Danau Tawar (Aceh)	VU VU VU VU VU

<i>Rasbora tobana</i> (Ahl, 1934) <i>Rasbora vulcanus</i> (Tan, 1999) <i>Schismatorhynchus endecarhapis</i> (Siebert & Tjakrawidjaja, 1998) <i>Schismatorhynchus heterorhynchus</i> (Bleeker, 1854) <i>Sundadanio axelrodi</i> (Britton, 1976) <i>Thryssocypris ornithostoma</i> (Kottelat, 1991) <i>Thryssocypris smaragdinus</i> (Roberts & Kottelat, 1984) <i>Thynnichthys polylops</i> (Bleeker, 1860) <i>Thynnichthys vaillanti</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Trigonostigma hengeli</i> (Meinken, 1956)	Danau Toba Indonesia Indonesia Solok, Lahat, Batusangkar (Pulau Sumatera), Sungai Kapuas, Sungai Mahakam, Kinabatangan (Pulau Kalimantan) Pulau Bangka, Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Kalimantan Barat Kalimantan Barat Palembang, Danau Sialanglotong (Pulau Sumatera), Sungai Kapuas Kalimantan Timur Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan	
Famili Gyrinocheilidae <i>Gyrinocheilus pustulosus</i> (Vaillant, 1902)	Sungai Kapuas, Sungai Mahakam, Sungai Kahayan (Pulau Kalimantan)	
Famili Cobitidae <i>Chromobotia macracanthus</i> (Bleeker, 1852) <i>Kottelatlimia hipporhynchus</i> (Kottelat & Tan, 2008) <i>Lepidocephalichthys lorentzi</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Lepidocephalus spectrum</i> (Roberts, 1989) <i>Pangio alternans</i> (Kottelat & Lim, 1993) <i>Pangio pulla</i> (Kottelat & Lim, 1993) <i>Pangio robiginosa</i> (Raut, 1957) <i>Pangio superba</i> (Roberts, 1989)	Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Sungai Kahayan, Sungai Sampit, Sungai Kapuas (Kalimantan Tengah) Kalimantan Barat Sungai Kapuas Sungai Mahakam Asia Asia Indonesia	
Famili Balitoridae <i>Gastromyzon contractus</i> (Roberts, 1982) <i>Gastromyzon embaloensis</i> (Rachmatika, 1998) <i>Gastromyzon praestans</i> (Tan, 2006) <i>Gastromyzon psiloetron</i> (Tan, 2006) <i>Gastromyzon russulus</i> (Tan, 2006) <i>Gastromyzon zebrinus</i> (Tan, 2006) <i>Homaloptera gymnogaster</i> (Bleeker, 1853) <i>Homaloptera heterolepis</i> (Weber & de Beaufort, 1916) <i>Homaloptera ocellata</i> (van der Hoeven, 1833) <i>Homaloptera ripleyi</i> (Fowler, 1940) <i>Homaloptera vanderbilti</i> (Fowler, 1940) <i>Homaloptera yuwonoi</i> (Kottelat, 1998) <i>Hypergastromyzon humulis</i> (Robert, 1989) <i>Nemacheilus chrysalaemos</i> (Valenciennes, 1846) <i>Nemacheilus lactogeneus</i> (Robert, 1989) <i>Nemacheilus longipinnis</i> (Ahl, 1922) <i>Nemacheilus pfeifferae</i> (Bleeker, 1853) <i>Nemacheilus tuberigum</i> (Hadiaty & Siebert, 2001) <i>Neogastromyzon kottelati</i> (Tan, 2006) <i>Schistura maculiceps</i> (Roberts, 1989) <i>Sundoreonectes obesus</i> (Vaillant, 1902) <i>Vaillantella cinnamomea</i> (Kottelat, 1994)	Sungai Kapuas Indonesia Sungai Kapuas, Kotawaringin, Katingan, Sungai Barito Sungai Kahayan, Sungai Mahakam, Sungai Kapuas Sungai Kahayan, Sungai Mahakam Sungai Sambas Pulau Sumatera Sumatera Utara Pulau Sumatera, Pulau Jawa Sumatera Utara Sumatera Utara Sungai Kapuas Sungai Kapuas Indonesia Indonesia Indonesia Pulau Sumatera Pulau Sumatera Sungai Kapuas Kalimantan Barat Pulau Kalimantan Indonesia	
Ordo Siluriformes Famili Akysidae <i>Acrochordonichthys chamaeleon</i> (Vaillant, 1902) <i>Acrochordonichthys guttatus</i> (Ng & Ng, 2001) <i>Acrochordonichthys mahakamensis</i> (Ng & Ng, 2001) <i>Acrochordonichthys pleurostigma</i> (Bleeker, 1846)	Sungai Kapuas Sungai Barito Sungai Mahakam Indonesia	VU

<i>Acrochordonichthys strigosus</i> (Ng & Ng, 2001) <i>Akysis fuscus</i> (Ng & Kottelat, 1996) <i>Akysis galeatus</i> (Page, Rachmatika, & Robins, 2007) <i>Akysis heterurus</i> (Ng, 1996) <i>Akysis scorteus</i> (Page, Hadiaty, & Lopez, 2007) <i>Breitensteinia cessator</i> (Ng & Siebert, 1998) <i>Breitensteinia hypselurus</i> (Ng & Siebert, 1998) <i>Breitensteinia insignis</i> (Steindachner, 1881) <i>Parakysis anomalopteryx</i> (Roberts, 1989) <i>Parakysis notialis</i> (Ng & Kottelat, 2003) <i>Pseudobagarius macronemus</i> (Bleeker, 1860) <i>Pseudobagarius meridionalis</i> (Ng & Siebert) <i>Pseudobagarius pseudobagarius</i> (Roberts, 1989)	Sungai Kapuas Sungai Kapuas Way Gedongwani (Pulau Sumatera) Asia Way Seputih (Pulau Sumatera) Indonesia Pulau Kalimantan Indonesia Sungai Kapuas Sungai Barito Pulau Sumatera bagian timur Sungai Barito Pulau Sumatera bagian timur, Kalimantan Barat	
Famili Sisoridae <i>Glyptothorax exodon</i> (Ng & Rachmatika, 2005) <i>Glyptothorax nieuwenhuisi</i> (Vaillant, 1902) <i>Glyptothorax platypogon</i> (Valenciennes, 1840) <i>Glyptothorax plectilis</i> (Ng & Hadiaty, 2008) <i>Glyptothorax schmidt</i> (Volz, 1904) <i>Glyptothorax major</i> (Boulenger, 1894)	Sungai Kapuas Sungai Blooe (Pulau Kalimantan) Indonesia Sungai Alas (Pulau Sumatera) Pulau Sumatera Pulau Kalimantan	
Famili Siluridae <i>Hemisilurus moolenburghi</i> (Weber & de Beaufort, 1913) <i>Kryptopterus lumholtzi</i> (Rendahl, 1922) <i>Kryptopterus minor</i> (Roberts, 1989) <i>Kryptopterus mononema</i> (Bleeker, 1846) <i>Kryptopterus piperatus</i> (Ng, Wirjoatmodjo, & Hadiaty, 2004) <i>Ompok binotatus</i> (Ng, 2002) <i>Ompok javanensis</i> (Hardenberg, 1938) <i>Ompok miostoma</i> (Vaillant, 1902) <i>Ompok pluriradiatus</i> (Ng, 2002) <i>Ompok supernus</i> (Ng, 2002) <i>Ompok weberi</i> (Hardenberg, 1936) <i>Silurichthys citatus</i> (Ng & Kottelat, 1997) <i>Silurichthys gibbiceps</i> (Ng & Ng, 1989) <i>Silurichthys sanguineus</i> (Roberts, 1989)	Pulau Sumatera, Kalimantan Barat Kalimantan Timur Kalimantan Barat Pulau Sumatera, Pulau Jawa Sungai Lembang, Sungai Alas (Pulau Sumatera) Sungai Kapuas Pulau Jawa Sungai Mahakam Sungai Mahakam Sungai Rungan (Kalimantan Tengah) Kalimantan Barat Sungai Kapuas Sungai Barito Sungai Kapuas	NT
Famili Clariidae <i>Clarias insolitus</i> (Ng, 2003) <i>Clarias intermedius</i> (Teugels, Sudarto, & Pouyaud, 2001) <i>Clarias kapuasensis</i> (Teugels, Sudarto, & Pouyaud, 2001) <i>Clarias leiacanthus</i> (Bleeker, 1851) <i>Clarias microstomus</i> (Ng, 2001) <i>Clarias nigricans</i> (Ng, 2003) <i>Clarias olivaceus</i> (Fowler, 1904) <i>Clarias pseudoleiacanthus</i> (Sudarto, Teugels, & Pouyaud, 2003) <i>Clarias pseudonieuhofii</i> (Sudarto, Teugels, & Pouyaud, 2004) <i>Encheloclarias baculum</i> (Ng & Lim, 1993) <i>Encheloclarias tapeinopterus</i> (Bleeker, 1853) <i>Encheloclarias velatus</i> (Ng & Tan, 2000)	Sungai Barito Sungai Barito, Kalimantan Tengah Kalimantan Barat Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Sungai Mahakam, Sungai Kahayan Sungai Mahakam Padang Pulau Kalimantan Pulau Kalimantan Asia Pulau Bangka Pulau Sumatera bagian tengah	
Famili Ariidae <i>Arius nudidens</i> (Weber, 1913) <i>Cinetodus conorhynchus</i> (Weber, 1913) <i>Nemapteryx macronotocanthus</i> (Bleeker, 1846) <i>Plicofolis dussumieri</i> (Valenciennes, 1840)	Sungai Lorentz (Papua) Sungai Lorentz (Papua) Asia Tenggara Pulau Sumatera	
Famili Schilbeidae <i>Pseudeutropius brachypterus</i> (Bleeker, 1858) <i>Pseudeutropius moolenburghae</i> (Weber & de Beaufort, 1913)	Pulau Sumatera Pulau Sumatera, Kalimantan Barat	
Famili Pangasiidae <i>Helicophagus typus</i> (Bleeker, 1857)	Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan	

<i>Gymnochanda limi</i> (Kottelat, 1995) <i>Paradoxodacna piratica</i> (Roberts, 1989) <i>Parambassis altipinnis</i> (Allen, 1982) <i>Parambassis macrolepis</i> (Bleeker, 1856)	Sungai Batanghari Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Pravenbivak, Sungai Memberamo (Papua) Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan	DD
Famili Pseudochromidae <i>Pseudochromis ammeri</i> (Gill, Allen, & Erdmann, 2012)	Kepulauan Raja Ampat (Papua)	
Famili Apogonidae <i>Glossamia beauforti</i> (Weber, 1907) <i>Glossamia heurni</i> (Weber & de Beaufort, 1929) <i>Glossamia timika</i> (Allen, Hortle, & Renyaan, 2000) <i>Pteropogon kauderni</i> (Koumans, 1933) <i>Rhabdamia spilota</i> (Allen & Kuitert, 1994)	Danau Sentani, Sungai Memberamo Papua bagian utara Sungai Minerjewi (Timika) Kepulauan Banggai (Sulawesi Tengah) Pulau Bali	EN
Famili Nemipteridae <i>Nemipterus balinensis</i> (Bleeker, 1858) <i>Nemipterus gracilis</i> (Bleeker, 1873) <i>Parascolopsis qantasi</i> (Russell & Gloerfelt-Tarp, 1984)	Pulau Sumatera sampai Pulau Flores Pulau Sumatera sampai Pulau Flores Selat Mentawai	
Famili Polynemidae <i>Polydactylus macrophthalmus</i> (Bleeker, 1858) <i>Polynemus kapuasensis</i> (Motomura & van Oijen, 2003)	Sungai Batanghari, Sungai Musi, Sungai Kapuas Sungai Kapuas	
Famili Pomacanthidae <i>Chaetodontoplus dimidiatus</i> (Bleeker, 1860)	Indonesia	
Famili Nandidae <i>Nandus mercatus</i> (Ng, 2008) <i>Pristolepis grootii</i> (Bleeker, 1852)	Sungai Musi Pulau Sumatera, Pulau Bangka, Pulau Belitung, Pulau Kalimantan	
Famili Terapontidae <i>Hephaestus lineatus</i> (Allen, 1984) <i>Hephaestus roemeri</i> (Weber, 1910) <i>Lagusia micracanthus</i> (Bleeker, 1860) <i>Variichthys jamoerensis</i> (Mees, 1971)	Semenanjung Vogelkop, Semenanjung Bomberai (Papua) Sungai Digul, Sungai Lorentz (Papua) Pulau Sulawesi Danau Jamur (Papua)	
Famili Pomacentridae <i>Chromis athena</i> (Allen & Erdmann, 2008) <i>Chromis unipa</i> (Allen & Erdmann, 2009) <i>Chrysiptera pricei</i> (Allen & Adrim, 1992) <i>Pomacentrus fakfakensis</i> (Allen & Erdmann, 2009) <i>Pomacentrus javanicus</i> (Allen, 1991) <i>Pomacentrus xanthosternus</i> (Allen, 1991)	Kepulauan Raja Ampat Indonesia Indonesia Indonesia Kepulauan Seribu Kepulauan Seribu	
Famili Labridae <i>Cirrhitilabrus adornatus</i> (Randall & Kunzmann, 1998)	Pulau Sumatera, Kepulauan Mentawai	
Famili Tripterygiidae <i>Helcogramma kranos</i> (Fricke, 1997) <i>Helcogramma solorensis</i> (Fricke, 1997) <i>Helcogramma vulcana</i> (Randall & Clark, 1993)	Indonesia Indonesia Gunung Api Manuk (Pulau Banda)	
Famili Blenniidae <i>Ecsenius ops</i> (Springer & Allen, 2001)	Indonesia	
Famili Callionymidae <i>Callionymus amboina</i> (Suwadi, 1965)	Indonesia	
Famili Eleotridae <i>Allomogurda sampricei</i> (Allen, 2003) <i>Bostrychus aruensis</i> (Weber, 1911) <i>Bostrychus microphthalmus</i> (Hoese & Kottelat, 2005) <i>Eleotris brachyurus</i> (Bleeker, 1849)	Sungai Reifafeit (Pulau Yapen) Kepulauan Aru (Maluku) Pulau Sulawesi Pulau Jawa bagian selatan	DD

<i>Eleotris melanura</i> (Bleeker, 1849) <i>Eleotris pseudocanthopomus</i> (Bleeker, 1853) <i>Mogurnda aiwasoensis</i> (Allen & Renyaan, 1996) <i>Mogurnda kaifayama</i> (Allen & Jenkins, 1999) <i>Mogurnda magna</i> (Allen & Renyaan, 1996) <i>Mogurnda mbuta</i> (Allen & Jenkins, 1999) <i>Mogurnda pardalis</i> (Allen & Renyaan, 1996) <i>Mogurnda wapoga</i> (Allen, Jenkins, & Renyaan, 1996) <i>Oxyeleotris altipinna</i> (Allen & Renyaan, 1996) <i>Oxyeleotris stagnicola</i> (Allen, Hortle, & Renyaan, 2000) <i>Oxyeleotris urophthalmoides</i> (Bleeker, 1853) <i>Oxyeleotris wisselensis</i> (Allen & Boeseman, 1982)	Pulau Jawa bagian selatan Sumatera Barat Danau Aiwaso (Papua) Danau Kaifayama (Papua) Danau Laamora, Danau Aiwaso (Papua) Danau Mbuta (Papua) Danau Kamakawaiar (Papua) Sungai Wapoga (Papua) Danau Aiwaso, Danau Laamora (Papua) Timika (Papua) Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Danau Wissel, Danau Tage, Danau Tigi, Sungai Dimija (Papua)	DD
Famili Gobiidae <i>Awaous personatus</i> (Bleeker, 1849) <i>Brachygobius xanthozonus</i> (Bleeker, 1849) <i>Collogobius stellatus</i> (McKinney & Lachner, 1978) <i>Glossogobius flavipinnis</i> (Aurich, 1938) <i>Glossogobius hoesei</i> (Allen & Boeseman, 1982) <i>Glossogobius intermedius</i> (Aurich, 1938) <i>Glossogobius matanensis</i> (Weber, 1913) <i>Pseudogobius tigrellus</i> (Nichols, 1951) <i>Lentipes adelphizonus</i> (Watson & Kottelat, 2006) <i>Lentipes crittersius</i> (Watson & Allen, 1999) <i>Lentipes dimetrodon</i> (Watson & Allen, 1999) <i>Lentipes multiradiatus</i> (Allen, 2001) <i>Lentipes whittenorum</i> (Watson & Kottelat, 1994) <i>Mugilogobius adeia</i> (Larson & Kottelat, 1992) <i>Mugilogobius amadi</i> (Weber, 1913) <i>Mugilogobius karatunensis</i> (Aurich, 1938) <i>Mugilogobius latifrons</i> (Boulenger, 1897) <i>Mugilogobius lepidotus</i> (Larson, 2001) <i>Mugilogobius rexi</i> (Larson, 2001) <i>Mugilogobius sarasinorum</i> (Boulenger, 1897) <i>Mugilogobius zebra</i> (Aurich, 1938) <i>Pandaka rouxi</i> (Weber, 1911) <i>Platygobiopsis akihito</i> (Springer & Randall, 1992) <i>Redigobius penango</i> (Popta, 1922) <i>Redigobius amblyrhynchus</i> (Bleeker, 1878) <i>Redigobius tambujon</i> (Bleeker, 1854) <i>Sicyopterus hageni</i> (Popta, 1921) <i>Sicyopterus parvei</i> (Bleeker, 1853) <i>Sicyopus exallisquamulus</i> (Watson & Kottelat, 2006) <i>Sicyopus multisquamatus</i> (de Beaufort, 1912) <i>Sicyopus mystax</i> (Watson & Allen, 1999) <i>Stenogobius blokzeyli</i> (Bleeker, 1860) <i>Stenogobius lachneri</i> (Allen, 1991) <i>Stenogobius zurstrassenii</i> (Popta, 1911) <i>Stigmatogobius signifer</i> (Larson, 2005) <i>Stiphodon carisa</i> (Watson, 2008) <i>Stiphodon ornatus</i> (Meinken, 1974) <i>Stiphodon weberi</i> (Watson, Allen, Kottelat, 1998) <i>Stiphodon zebrinus</i> (Watson, Allen, & Kottelat, 1998) <i>Tryphauchenopsis intermedius</i> (Volz, 1903)	Indonesia Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan, Pulau Jawa Indonesia Danau Towuti Danau Ajamaru (Papua) Danau Towuti, Danau Mahalona Danau Matano, Danau Mahalona, Danau Towuti, Danau Wawontoa Sungai Memberamo (Papua) Pulau Halmahera (Maluku Utara) Papua Papua Indonesia Indonesia Danau Matano Danau Poso Karatun (Kepulauan Talau, Sulawesi Utara) Danau Matano, Danau Mahalona Pulau Sulawesi Pulau Sulawesi Sulawesi Selatan Sulawesi Utara Indonesia Pulau Flores Pulau Sulawesi Pulau Jawa Indonesia Pulau Lombok, Pulau Sumbawa, Pulau Wetar, Pulau Timor, Papua Pulau Jawa Pulau Halmahera Pulau Seram (Maluku) Papua Indonesia Semenanjung Vogelkop (Papua) Kepulauan Sunda Kecil Kalimantan Barat Pulau Sumatera Pulau Sumatera Pulau Ambon, Pulau Halmahera, Pulau Yapen Sungai Iga (Pulau Halmahera) Indonesia	VU DD VU VU DD VU VU VU

Famili Osphronemidae <i>Betta albimarginata</i> (Kottelat & Ng, 1994) <i>Betta antoni</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Betta aurigans</i> (Tan & Lim, 2004) <i>Betta breviobesus</i> (Tan & Kottelat, 1998) <i>Betta burdigala</i> (Kottelat & Ng, 1994) <i>Betta channoides</i> (Kottelat & Ng, 1994) <i>Betta chloropharynx</i> (Kottelat & Ng, 1994) <i>Betta coccina</i> (Vierke, 1979) <i>Betta compuncta</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Betta cracens</i> (Tan & Ng, 2005) <i>Betta dimidiata</i> (Roberts, 1989) <i>Betta edithae</i> (Vierke, 1984) <i>Betta enisae</i> (Kottelat, 1995) <i>Betta falx</i> (Tan & Kottelat, 1998) <i>Betta foerschi</i> (Vierke, 1979) <i>Betta ideii</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Betta krataios</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Betta mandor</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Betta miniopinna</i> (Tan & Tan, 1994) <i>Betta obscura</i> (Tan & Ng, 2005) <i>Betta pallifina</i> (Tan & Ng, 2005) <i>Betta patoti</i> (Weber & de Beaufort, 1922) <i>Betta picta</i> (Valenciennes, 1846) <i>Betta pinguis</i> (Tan & Kottelat, 1998) <i>Betta raja</i> (Tan & Ng, 2005) <i>Betta renata</i> (Tan, 1998) <i>Betta rubra</i> (Perugia, 1893) <i>Betta rutilans</i> (Whitten & Kottelat, 1991) <i>Betta schalleri</i> (Kottelat & Ng, 1994) <i>Betta simorum</i> (Tan & Ng, 1996) <i>Betta spilotogena</i> (Ng & Kottelat, 1994) <i>Betta strohi</i> (Schaller & Kottelat, 1989) <i>Betta uberis</i> (Tan & Ng, 2006) <i>Luciocephalus aura</i> (Tan & Ng, 2005) <i>Parosphromenus anjunganensis</i> (Kottelat, 1991) <i>Parosphromenus bintan</i> (Kottelat & Ng, 1998) <i>Parosphromenus deissneri</i> (Bleeker, 1859) <i>Parosphromenus filamentosus</i> (Vierke, 1981) <i>Parosphromenus linkei</i> (Kottelat, 1981) <i>Parosphromenus opallios</i> (Kottelat & Ng, 2005) <i>Parosphromenus ornaticauda</i> (Kottelat, 1991) <i>Parosphromenus pahuensis</i> (Kottelat & Ng, 2005) <i>Parosphromenus parvulus</i> (Vierke, 1979) <i>Parosphromenus quindecim</i> (Kottelat & Ng, 2005) <i>Parosphromenus sumatranus</i> (Klausewitz, 1955) <i>Sphaerichthys acrostoma</i> (Vierke, 1979) <i>Sphaerichthys selatanensis</i> (Vierke, 1979) <i>Sphaerichthys vaillanti</i> (Pellegrin, 1930)	Pulau Sebuk (Kalimantan Timur) Sungai Kapuas (Kalimantan Barat) Pulau Natuna Besar Indonesia Pulau Bangka Sungai Mahakam (Kalimantan Timur) Pulau Bangka Indonesia Kalimantan Timur Pulau Sumatera Indonesia Indonesia Sungai Kapuas Pulau Sumatera bagian tengah Kalimantan Selatan Kalimantan Selatan Sungai Kapuas (Kalimantan Barat) Sungai Kapuas (Kalimantan Barat) Pulau Bintan (Kepulauan Riau) Sungai Barito (Kalimantan Tengah) Sungai Barito (Kalimantan Tengah) Kalimantan Timur Indonesia Indonesia Pulau Sumatera Indonesia Indonesia Indonesia Pulau Bangka Indonesia Pulau Bintan, Pulau Singkep (Kepulauan Riau) Indonesia Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah Sungai Batanghari (Pulau Sumatera) Indonesia Pulau Bintan, Pulau Bangka Pulau Bangka Kalimantan bagian tenggara Indonesia Pulau Kalimantan Indonesia Pulau Kalimantan Indonesia Sungai Pawan (Pulau Kalimantan) Indonesia Kalimantan Selatan Kalimantan Selatan Pulau Kalimantan	VU
Famili Channidae <i>Channa cyanospilos</i> (Bleeker, 1853) <i>Channa melanoptera</i> (Bleeker, 1855) <i>Channa pleurophthalma</i> (Bleeker, 1851)	Pulau Sumatera Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan Pulau Sumatera, Pulau Kalimantan	
Ordo Pleuronectiformes Famili Soleidae <i>Leptachirus lorentz</i> (Randall, 2007)	Papua	

Sumber: Omar (2012)

Keterangan: CR = *critically endangered* (sangat terancam punah); DD = *data deficient* (data belum mencukupi); EN = *endangered* (berbahaya); NT = *near threatened* (hampir terancam punah); VU = *vulnerable* (rentan punah); EX = *extinct* (telah punah).

Lampiran 2. Ikan-ikan hermafrodit

Sifat Hermofrodit	Ordo	Famili	Spesies
Sinkroni	Aulopiformes	Chlorophthalmidae	<i>Chlorophthalmus albatrosis</i> (Jordan & Starks, 1904)
	Aguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax griseus</i> (Lacepede, 1803)
			<i>Gymnothorax pictus</i> (Ahl, 1789)
			<i>Gymnothorax thyrsoideus</i> (Richardson, 1845)
	Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Kryptolebias marmoratus</i> (Poey, 1880)
	Perciformes	Gobiidae	<i>Lythrypnus dalli</i> (Gilbert, 1890)
			<i>Lythrypnus zebra</i> (Gilbert, 1890)
		Serranidae	<i>Hypoplectrus nigricans</i> (Poey, 1852)
			<i>Serranus baldwini</i> (Evermann & Marsh, 1899)
			<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Serranus subligarius</i> (Cope, 1870)
			<i>Serranus tigrinus</i> (Bloch, 1790)
			<i>Serranus tortugarum</i> (Longley, 1935)
Protandri	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Rhinomuraena</i> spp
	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Tenualosa toli</i> (Valenciennes, 1847)
	Cypriniformes	Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i> (Canestrini, 1965)
	Perciformes	Latidae	<i>Lates calcalifer</i> (Bloch, 1790)
		Eleginopsidae	<i>Eleginops maclovinus</i> (Cuvier, 1830)
		Polynemidae	<i>Polydactylus sexfilis</i> (Valenciennes, 1847)
		Pomacentridae	<i>Amphiprion akallopisos</i> (Bleeker, 1853)
			<i>Amphiprion bicinctus</i> (Ruppel, 1830)
			<i>Amphiprion clarkii</i> (Bennett, 1830)
			<i>Amphiprion frenatus</i> (Brevoort, 1856)
			<i>Amphiprion melanopus</i> (Bleeker, 1852)
			<i>Amphiprion ocellaris</i> (Cuvier, 1830)
			<i>Amphiprion perideraion</i> (Bleeker, 1855)
			<i>Amphiprion polymus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Amphiprion sandaracinos</i> (Allen, 1972)
		Sparidae	<i>Acanthopagrus australis</i> (Gunther, 1859)
			<i>Acanthopagrus berda</i> (Forsk. 1775)
			<i>Acanthopagrus bifasciatus</i> (Forsk. 1775)
			<i>Acanthopagrus latus</i> (Houttuyn, 1782)
			<i>Acanthopagrus schlegelii schlegelii</i> (Bleeker, 1854)
			<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Diplodus capensis</i> (Smith, 1849)
			<i>Diplodus sargus kotschy</i> (Steindachner, 1876)
			<i>Diplodus sargus sargus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Evynnis tumiformis</i> (Temminck & Schlegel, 1843)
			<i>Lithognathus aureti</i> (Smith, 1962)
			<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)
			<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Sparidentex hasta</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)
	Stomiiformes	Gonostomatidae	<i>Cyclothone atraria</i> (Gilbert, 1905)
			<i>Cyclothone microdon</i> (Gunther, 1878)
			<i>Gonostomata elongatum</i> (Gunther, 1878)
			<i>Sigmops bathyphilus</i> (Vaillant, 1884)
			<i>Sigmops gracilis</i> (Gunther, 1878)
Protogini	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Echidna nebulosa</i> (Ahl, 1789)
			<i>Gymnomuraena zebra</i> (Shaw, 1797)
			<i>Gymnothorax flavimarginatus</i> (Ruppel, 1830)
			<i>Gymnothorax fimbriatus</i> (Bennett, 1832)
			<i>Gymnothorax gracilicauda</i> (Jenkins, 1903)
			<i>Gymnothorax margaritophorus</i> (Bleeker, 1864)

			<i>Muraena pavorina</i> (Richardson, 1845)
			<i>Uropterygius fasciolatus</i> (Regan, 1909)
			<i>Uropterygius polypilus</i> (Regan, 1909)
	Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Puntius tetrazona</i> (Bleeker, 1855)
	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Xiphophorus helleri</i> (Heckel, 1848)
Perciformes	Callanthiidae	Centracanthidae	<i>Callanthias parini</i> (Anderson & Johnson, 1984)
			<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)
	Cichilidae	Cirrhitidae	<i>Crenicara punctulatum</i> (Gunther, 1863)
			<i>Neocirrhites armatus</i> (Castelnau, 1873)
	Gobiidae		<i>Coryphopterus alloides</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus dicrus</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus eidolon</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> (Gill, 1863)
			<i>Coryphopterus hyalinus</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus lipernes</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus personatus</i> (Jordan & Thompson, 1905)
			<i>Coryphopterus thrux</i> (Bohlke & Robins, 1960)
			<i>Coryphopterus urosphilus</i> (Ginsburg, 1938)
			<i>Elacatinus multifasciatus</i> (Steindachner, 1876)
			<i>Eviota afelei</i> (Jordan & Seale, 1906)
			<i>Eviota disrupta</i> (Karnella & Lachner, 1981)
			<i>Eviota epiphanes</i> (Jenkins, 1903)
			<i>Eviota fasciola</i> (Karnella & Lachner, 1981)
			<i>Fusigobius neophytes</i> (Gunther, 1877)
			<i>Lophogobius cyprinoides</i> (Pallas, 1770)
			<i>Priolepis eugenius</i> (Jordan & Evermann, 1903)
			<i>Rhinogobiops nicholsii</i> (Bean, 1882)
			Grammatidae
			<i>Gramma loreto</i> (Poey, 1868)
			Labridae
			<i>Achoerodus viridis</i> (Steindachner, 1866)
			<i>Anampses geographicus</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Bodianus diplotaenia</i> (Gill, 1862)
			<i>Bodianus eclancheri</i> (Valenciennes, 1846)
			<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Choerodon azurio</i> (Jordan & Snyder, 1901)
			<i>Choerodon schoenleinii</i> (Valenciennes, 1839)
			<i>Cirrhilabrus temminckii</i> (Bleeker, 1853)
			<i>Clepticus parrae</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Epibulus insidiator</i> (Pallas, 1770)
			<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)
			<i>Halichoeres garnoti</i> (Valenciennes, 1839)
			<i>Halichoeres maculipinna</i> (Muller & Troschel, 1848)
			<i>Halichoeres marginatus</i> (Ruppel, 1835)
			<i>Halichoeres melanochir</i> (Fowler & Bean, 1928)
			<i>Halichoeres pictus</i> (Poey, 1860)
			<i>Halichoeres poeyi</i> (Steindachner, 1867)
			<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Halichoeres scapularis</i> (Bennett, 1832)
			<i>Hologymnosus annulatus</i> (Lacepede, 1801)
			<i>Iniistius dea</i> (Temminck & Schlegel, 1845)
			<i>Iniistius geisha</i> (Araga & Yoshino, 1986)
			<i>Iniistius melanopus</i> (Bleeker, 1857)
			<i>Iniistius pentadactylus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Labroides dimidiatus</i> (Valenciennes, 1839)
			<i>Labrus bergylta</i> (Ascanius, 1767)
			<i>Labrus mixtus</i> (Linnaeus, 1758)

			<i>Nelabrichthys ornatus</i> (Carmichael, 1819)
			<i>Notolabrus celidotus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Parajulis poecilopterus</i> (Temminck & Schlegel, 1845)
			<i>Pseudolabrus japonicus</i> (Houttuyn, 1782)
			<i>Pteragogus flagellifer</i> (Valenciennes, 1839)
			<i>Semicossyphus pulcher</i> (Ayres, 1854)
			<i>Stethojulis trilineata</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)
			<i>Symphodus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Symphodus roissali</i> (Risso, 1810)
			<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1775)
			<i>Thalassoma cupido</i> (Temminck & Schlegel, 1845)
			<i>Thalassoma duperrey</i> (Quoy & Gaimard, 1824)
			<i>Thalassoma lucasanum</i> (Gill, 1862)
			<i>Thalassoma lutescens</i> (Lay & Bennett, 1839)
			<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Thalassoma purpureum</i> (Forsskal, 1775)
			<i>Thalassoma quinquevittatum</i> (Lay & Bennett, 1839)
			<i>Thalassoma martinicensis</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Xyrichtys novacula</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Xyrichtys pavo</i> (Linnaeus, 1758)
		Lethrinidae	<i>Lethrinus lentjan</i> (Lacepede, 1802)
			<i>Lethrinus mahsena</i> (Forsskal, 1775)
			<i>Lethrinus miniatus</i> (Forster, 1801)
			<i>Lethrinus rubrioperculatus</i> (Sato, 1938)
		Nemipteridae	<i>Scolopsis bilineata</i> (Bloch, 1793)
			<i>Scolopsis monogramma</i> (Cuvier, 1830)
			<i>Scolopsis taenioptera</i> (Cuvier, 1830)
		Pinguipedidae	<i>Parapercis snyderi</i> (Jordan & Starks, 1965)
		Pomacanthidae	<i>Centropyge ferrugata</i> (Randall & Burgess, 1972)
			<i>Centropyge interrupta</i> (Tanaka, 1918)
			<i>Centropyge multispinis</i> (Playfair, 1867)
			<i>Centropyge potteri</i> (Jordan & Metz, 1912)
			<i>Centropyge tibicen</i> (Cuvier, 1831)
			<i>Genicanthus bellus</i> (Randall, 1975)
			<i>Genicanthus caudovittatus</i> (Gunther, 1860)
			<i>Genicanthus Lamarck</i> (Lacepede, 1802)
			<i>Genicanthus semifasciatus</i> (Kamohara, 1934)
			<i>Genicanthus watanabei</i> (Yasuda & Tominaga, 1970)
			<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)
		Pomacentridae	<i>Dascyllus aruanus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Dascyllus marginatus</i> (Ruppell, 1829)
			<i>Dascyllus reticulatus</i> (Richardson, 1846)
		Pseudochromidae	<i>Anisochromis straussi</i> (Springer, Smith, & Fraser, 1977)
		Scaridae	<i>Calotomus coralinus</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Calotomus japonicus</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Calotomus spinidens</i> (Quoy & Gaimard, 1824)
			<i>Chlorurus gibbus</i> (Ruppel, 1829)
			<i>Chlorurus sordidus</i> (Forsskal, 1775)
			<i>Cryptotomus roseus</i> (Cope, 1871)
			<i>Scarus frenatus</i> (Lacepede, 1802)
			<i>Scarus iseri</i> (Bloch, 1789)
			<i>Scarus niger</i> (Forsskal, 1775)
			<i>Scarus psittacus</i> (Forsskal, 1775)

			<i>Scarus rivulatus</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Scarus schlegeli</i> (Bleeker, 1861)
			<i>Scarus taeniopterus</i> (Lesson, 1829)
			<i>Scarus vetula</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Sparisoma atomarium</i> (Poey, 1861)
			<i>Sparisoma aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Sparisoma chrysopterum</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes, 1840)
			<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)
		Serranidae	<i>Centropristis striata</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Cephalopholis cruentata</i> (Lacepede, 1802)
			<i>Cephalopholis taeniops</i> (Linnaeus, 1766)
			<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)
			<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)
			<i>Epinephelus akaara</i> (Temminck & Schlegel, 1842)
			<i>Epinephelus bruneus</i> (Bloch, 1793)
			<i>Epinephelus coioides</i> (Hamilton, 1822)
			<i>Epinephelus diacanthus</i> (Valenciennes, 1828)
			<i>Epinephelus guttatus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Epinephelus malabaricus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
			<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)
			<i>Epinephelus morio</i> (Valenciennes, 1828)
			<i>Epinephelus polyphekadion</i> (Bleeker, 1849)
			<i>Epinephelus rivulatus</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Epinephelus tauvina</i> (Forsskal, 1775)
			<i>Estriatus</i> sp (Jordan & Swain, 1885)
			<i>Hemanthias vivanus</i> (Jordan & Swain, 1885)
			<i>Hypoplectrodes huntii</i> (Hector, 1875)
			<i>Hypoplectrodes maccullochi</i> (Whitley, 1929)
			<i>Hyporthodus niveatus</i> (Valenciennes, 1828)
			<i>Hyporthodus septemfasciatus</i> (Thunberg, 1793)
			<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)
			<i>Mycteroperca interstitialis</i> (Poey, 1860)
			<i>Mycteroperca microlepis</i> (Goode & Bean, 1879)
			<i>Mycteroperca phenax</i> (Jordan & Swain, 1884)
			<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)
			<i>Mycteroperca venenosa</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Paralabrax humeralis</i> (Valenciennes, 1828)
			<i>Paralabrax maculatofasciatus</i> (Steindachner, 1868)
			<i>Plectropomus leopardus</i> (Lacepede, 1802)
			<i>Plectropomus maculatus</i> (Bloch, 1790)
			<i>Pseudanthias bicolor</i> (Randall, 1979)
			<i>Pseudanthias squamipinnis</i> (Peters, 1855)
			<i>Serranus fasciatus</i> (Jenyns, 1840)
		Sparidae	<i>Acanthopagrus butcheri</i> (Munro, 1949)
			<i>Acanthopagrus latus</i> (Houttuyn, 1782)
			<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Calamus leucosteus</i> (Jordan & Gilbert, 1885)
			<i>Calamus nodosus</i> (Randall & Caldwell, 1830)
			<i>Chrysoblephus cristiceps</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Chrysoblephus laticeps</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Chrysoblephus puniceus</i> (Gilchrist & Thompson, 1908)
			<i>Evynnis tumifrons</i> (Temminck & Schlegel, 1843)
			<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)

			<i>Pagrus aenum</i> (Gilchrist & Thompson, 1908)
			<i>Pagrus auriga</i> (Valenciennes, 1843)
			<i>Pagrus caeruleostictus</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Pagrus major</i> (Temminck & Schlegel, 1843)
			<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Pterogymnus laniarius</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Rhabdosargus globiceps</i> (Valenciennes, 1830)
			<i>Spondylisoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)
	Synbranchiformes	Terapontidae	<i>Terapon jarbua</i> (Forsskal, 1775)
		Trichonotidae	<i>Trichonotus filamentosus</i> (Steindachner, 1867)
		Synbranchidae	<i>Monopterus albus</i> (Zuiew, 1793)
			<i>Synbranchus marmoratus</i> (Bloch, 1795)

Sumber: Omar (2012)

Lampiran 3. Tabel Von Bayer untuk memperkirakan jumlah telur ikan pada berbagai diameter dalam setiap quart

Diameter (inci)	Jumlah (butir)	Diameter (inci)	Jumlah (butir)	Diameter (inci)	Jumlah (butir)
0,300	2506	0,225	5941	0,150	20050
	2531		6021		20456
	2557		6102		20874
	2583		6185		21303
	2609		6269		21774
0,295	2636	0,220	6355	0,145	22179
	2663		6442		22662
	2690		6531		23140
	2718		6622		23633
	2746		6715		24140
0,290	2775	0,215	6809	0,140	24661
	2804		6905		25197
	2833		7002		25748
	2863		7102		26316
	2893		7204		26901
0,285	2923	0,210	7307	0,135	27504
	2954		7412		28125
	2985		7520		28764
	3017		7629		29422
	3050		7741		30101
0,280	3038	0,205	7855	0,130	30801
	3116		7971		31532
	3150		8089		32268
	3184		8210		33036
	3219		833		33829
0,275	3254	0,200	8459	0,110	50841
	3290		8587		52254
	3326		8717		53720
	3363		8851		55239
	3400		8987		56817
0,270	3438	0,195	9126	0,105	58456
	3476		9268		60159
	3515		9413		61925
	3555		9561		63766
	3595		9712		65680
0,265	3636	0,190	9866	0,090	92826
	3677		10023		95990
	3719		10184		99297
	3762		20348		102762
	3806		10516		106390
0,260	3850	0,160	16521	0,085	110190
	3895		16835		114172
	3940		17157		118346
	3986		17487		122730
	4033		17825		127333
0,245	4601	0,155	18172	0,080	132170
	4658		18528		137251
	4716		18894		142600
	4776		19270		148220
	4835		19655		154155
0,240	4895	0,125	34647	0,075	160400
	4956		35492		166995
	5019		36364		173950
	5083		37265		181300
	5148		38198		189070
0,235	5214	0,120	39161	0,070	197290

	5281 5350 5419 5490		40156 41186 42251 53354		205992 215204 224995 235377
0,230	5562 5635 5709 5785 5862	0,115	44494 45676 46899 48166 49480	0,065	246410 258141 270631 283936 298132
0,185	10688 10863 11042 11225 11412	0,100	67670 69741 71899 74146 76486	0,060	313289 329490 346828 365405 385331
0,180	11603 11799 11999 12203 12412	0,095	78927 81473 84130 86904 89800	0,055	406733 429750 454539 481270 510139
0,175	12627 12846 13069 13298 13533	0,045	742613 794400 851128 913380 981852	0,050	541362 575173 611893 651776 695223
0,170	13774 14020 14272 14529 14793	0,040	1057350 1140780 1233250 1335960 1450406	0,255	4801 4129 4178 4228 4279
0,165	15064 15341 15625 15916 16215	0,035 0,030	1578320 1721630 1883020 2065130 2271500 2506310	0,250	4331 4383 4436 4490 4545

Sumber: Lagler (1966) dalam Effendie (1979)

Keterangan : 1 inci = 25,4 mm dan 1 quart = 0,9464 liter

Lampiran 4. Tahap perkembangan larva dan uraian masing-masing tahap (disederhanakan dari Yi *et al.*, 2006).

No	Tahap	Uraian
1	Penetasan	Panjang total 6 mm pada saat 37 jam setelah fertilisasi. Panjang ekor 24 % dari panjang total. Tubuh transparan dan jantung di bagian atas tepi anterior kantung kuning telur. Aorta posterior, vena utama, vena kaudalis, pembuluh darah miomer berdiferensiasi. Kantung kuning telur memanjang mirip bentuk tetes air. Diameter 0,35 mm. Di bawah mata terdapat titik hitam segi tiga. Jumlah miomer ada 8 (pada predorsal) + 22 (pertengahan) + 13 (pascaanal) = 43 (total). Larva tinggal di bagian dasar wadah sepanjang waktu, tetapi kadang kala larva naik ke permukaan dengan cepat.
2	Sirip pectoral permulaan	Panjang total 6,8 mm pada 47 jam pascafertilisasi. Sirip pectoral awal berbentuk bulat sabit dan terletak di bawah miomer ke dua atau tiga. Jantung bergerak ke ventral dan terletak di sebelah anterior pertengahan kantung kuning telur. Duktus cuvier muncul. Vena kaudalis luas dan lebar. Titik hitam di bawah mata jadi lonjong. Detak jantung 182 per menit. Larva berenang aktif.
3	Lengkung insang	Panjang total 7 mm pada 51 jam pascafertilisasi. Warna tubuh kuning mentega. Panjang ekor 27 % panjang total. Empat lengkung insang terbentuk di bagian ventral kapsul otik dan posterior dari mata. Kepala memanjang lurus searah tubuh. Gigi mulai tumbuh. Sirip pectoral membesar. Diameter mata sekitar 0,4 mm. Jumlah miomer 8 + 22 + 14 = 44.
4	Xanthic-eye	Panjang total 7,2 mm pada 62 jam pascafertilisasi. Vena kaudalis menebal. Mulut agak terbuka. Filamen insang awal muncul. Pigmentasi kuning mata muncul. Jumlah miomer 8 + 22 + 15 = 45.
5	Filamen insang	Panjang total 7,5 mm pada 73 jam pascafertilisasi. Filamen insang jelas dan operkulum muncul. Warna biru ujung posterior kantung kuning telur menghilang. Vena kaudalis dan duktus cuvier menyempit.
6	Mata melanoid	Panjang total 7,7 mm pada 83 jam pascafertilisasi. Operkulum terlihat jelas. Kleitrum kecil muncul. Kantung kuning telur menyempit dan memanjang. Vena kaudalis menipis. Pigmen hitam muncul di mata. Titik hitam di bawah mata menghilang. Dua atau tiga melanofora bintang (<i>stellate melanophore</i>) muncul pada bagian anterior kuning telur. Terdapat 4-5 melanofora bintang pada tepi ventral miomer pada bagian depan perut.
7	Pemunculan gelembung gas	Panjang total 8,13 mm pada 98 jam pascafertilisasi. Panjang ekor kira-kira 30 % panjang total. Gelembung gas mulai muncul. Kantung kuning telur terus memanjang. Saluran pencernaan memanjang, mulut bergerak ke depan, dan filamen insang tumbuh lebih panjang. Kapsul otak melebar hampir sepanjang diameter mata. Sirip pectoral melebar, dekat sisipan sirip terdapat satu melanofora bintang. Dari tampak dorsal, tepi anterior kepala mendatar dan ada delapan melanofora bintang. Dari permukaan dorsal gelembung gas terdapat dua garis pigmen memanjang sampai ke ujung kaudal kolom vertebra. Tubuh berwarna kekuningan dan mata kuning kemerahan dengan garis biru pada pinggirannya. Vena kaudalis berwarna jingga kuning. Jumlah miomer 9 + 21 + 15 = 45.
8	Gelembung gas satu bilik	Panjang total 8,55 mm pada 139 jam pascafertilisasi. Bagian dalam saluran pencernaan bergelombang dan gulungan saluran pencernaan muncul. Larva mulai makan dari menu luar. Kantung kuning telur sebagian besar habis. Saat ini adalah periode campuran menu endogenus dan eksogenus. Mulut terletak di ujung (tipe terminal). Nares (lubang penghidu) bergeser ke arah permukaan dorsal kepala. Tubuh kuning jeruk, ditutup banyak melanofora; pada sisi badan terdapat empat garis pigmen dan satu di sepanjang saluran pencernaan. Banyak melanofora bintang terlihat pada sisi dorsal kepala. Melanofora bintang pada sirip pectoral membesar. Banyak melanofora dikelompokkan bersama di bagian dalam pinggir posterior kepala. Dari pandangan dorsal, melanofora ini tampak seperti jambangan bunga. Terdapat sedikit melanofora di bawah ujung kaudal notokorda. Pada tahap ini ikan dapat berenang normal. Ini merupakan akhir dari pralarva.
9	Tahap penyerapan kuning telur	Panjang total 8,62 mm pada 167 jam pascafertilisasi. Kuning telur habis. Ini merupakan awal dari pascalarva. Lipatan saluran pencernaan makin berkembang. Ikan mulai makan plankton. Pigmen pada sisi tubuh dan permukaan dorsal kepala meningkat, tapi pigmen bagian dalam kepala tidak berubah. Melanofora bintang pada sirip pectoral berjumlah dua atau tiga. Terdapat dua atau tiga melanofora bintang pada lipatan sirip kaudal terbawah. Pinggir anterior kepala mendatar.
10	Diferensiasi sirip dorsal	Panjang total 8,7 mm pada 190 jam pascafertilisasi. Tepi dorsal bagian anterior lipatan sirip dorsal berbentuk sigmoid. Melanofora pada sirip pectoral membentuk suatu busur. Terdapat melanofora bintang dan melanofora kecil pada bagian bawah sirip kaudal; dengan mata telanjang melanofora tadi bersama-sama tampak sebagai noktah abu-abu. Jumlah miomer 10 +

		20 + 15 = 45.
11	Notokorda	Panjang total 9,2 mm pada 215 jam pascafertilisasi. Bagian anterior lipatan sirip dorsal mempunyai bentuk segitiga yang tegas, yang sebenarnya adalah sirip dorsal awal. Ujung vertebra melengkung ke atas. Lipatan sirip kaudal mulai berdiferensiasi, bagian tepi menguncup. Terdapat 12 jari-jari awal pada sirip kaudal. Lipatan sirip anal mulai berdiferensiasi. Vena kaudalis masih terlihat. Pigmen pada permukaan kepala antara mata meningkat. Pigmen juga muncul pada rahang atas. Tepi anterior lipatan sirip dorsal bergerak ke belakang. Operkulum membesar dan menutup seluruh rongga insang. Jumlah miomer 11 + 19 + 15 = 45.
12	Gelembung gas dua bilik	Panjang total 10,16 mm pada 253 jam pascafertilisasi. Gelembung gas anterior muncul dan berbentuk seperti bola. Bagian posterior gelembung gas bergerak ke belakang, memanjang dan meruncing ke arah belakang. Pada sirip anal dan sirip dorsal rudimenter terdapat enam atau tujuh jari-jari awal dan beberapa melanofora bintang. Sirip kaudal terus berdiferensiasi, 16 jari-jari tampak. Vertebra tampak jelas. Miomer berjumlah 12 + 18 + 15 = 45.
13	Tonjolan sirip ventral	Panjang total 10,68 mm pada 302 jam pascafertilisasi. Panjang ekor sekitar 31,5 % panjang total. Benjolan sirip ventral muncul pada bagian tengah lipatan sirip preanal. Sirip dorsal tumbuh membesar, jumlah jari-jari dan melanofora bertambah. Lipatan sirip dorsal mengerut. Jumlah jari-jari dan melanofora pada lipatan sirip anal bertambah. Sirip kaudal bercagak, antar jari-jari terdapat melanofora. Rahang atas dan bawah terbentuk. Mulut terminal. Gelembung gas anterior membesar dan berbentuk lonjong. Di bawah ujung akhir urostyle terdapat melanofora bintang yang jelas dan besar. Miomer berjumlah 13 + 17 + 15 = 45.
14	Pembentukan sirip dorsal	Pada tahap ini panjang total 11,8 mm pada 15 hari pascafertilisasi. Sirip dorsal berpisah dari lipatan sirip dorsal (jumlah jari-jari tak bercabang 2 dan yang bercabang 7 = II.7). Sirip anal meluas dan jumlah jari-jari meningkat. Benjolan sirip ventral membesar. Pada akhir tahap ini panjang total menjadi 12,5 mm pada 18 hari pascafertilisasi. Sirip dorsal terus terbentuk (jari-jari III.7). Sirip anal membesar (II.8). Lipatan sirip dorsal dan lipatan sirip anal mengerut ke arah batang ekor (<i>caudal peduncle</i>). Sirip ventral membesar, tiga atau empat jari-jari tampak. Tulang iga dan vertebra mulai muncul. Miomer berkembang dari bentuk chevron tunggal ke chevron jamak di atas dan di bawah garis sisi. Miomer berjumlah 14 + 16 + 15 = 45. Operkulum menebal.
15	Pembentukan sirip anal	Panjang total 14,9 mm pada 21 hari pascafertilisasi. Sirip anal terbentuk (jumlah jari-jari tak bercabang 3 dan yang bercabang 8). Lipatan sirip anal terus mengerut. Sirip kaudal sepenuhnya berkembang. Sirip ventral memanjang dan lipatan sirip preanal mengerut.
16	Pembentukan sirip ventral	Panjang total 16,2 mm pada 24 hari pascafertilisasi. Sirip ventral terbentuk. Lipatan sirip preanal tersisa hanya dalam satu garis sempit. Sirip pektoral terus berkembang; melanofora bintang pada dasar sirip berkurang. Seluruh tubuh berpigmen.
17	Penataan sisik (<i>squamation</i>)	Panjang total 21-32 mm pada 44-58 hari pascafertilisasi. Morfologi larva mirip dengan morfologi ikan dewasa. Sisik garis sisi dan beberapa baris sisik di atas dan di bawahnya berkembang dari depan ke belakang. Pertumbuhan sisik bergantung kepada kondisi lingkungan.
18	Juvenil	Panjang total sekitar 35 mm. Ini adalah tahap terakhir dari 63-92 hari pascafertilisasi. Penataan sisik sudah tuntas. Sisik garis sisi berjumlah 39. Kecuali mata lebih lebar, ikan sudah menyerupai individu dewasa.

Sumber: Rahardjo *et al.* (2011)

TENTANG PENULIS



ANDI TAMSIL, lahir di Kadidi, Sidenreng Rappang (Sidrap), Sulawesi Selatan pada 12 November 1964, adalah tenaga edukatif pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar dan Pascasarjana di Universitas yang sama.

Tahun 1976 lulus SD Aisyiyah, SMP Negeri 4 Ujungpandang tahun 1979, SMA Negeri 158 Palopo tahun 1983. Kemudian melanjutkan pendidikan di Jurusan Perikanan Program Studi Budi daya Perairan, Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar, studi Magister (S2) Jurusan Sistem-Sistem Pertanian (SSP) Kajian Perikanan, Pascasarjana UNHAS Makassar, dan studi Doktor (S3) di Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB), Program Studi Biologi Reproduksi.

Pernah menjabat sebagai Kepala Laboratorium Lapang dan Unit Pertambakan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UMI Makassar (1988-1989), Pembantu Dekan III (1989-1992), Pembantu Dekan I (1992-1994), Dekan (1998-2002), dan Kepala Pusat Studi Lingkungan (PSL) UMI Makassar.

Menulis untuk koran, majalah, dan jurnal serta makalah yang dipresentasikan di forum-forum ilmiah. Kegiatan lainnya adalah menjadi konsultan budi daya perairan dan lingkungan untuk dunia usaha dan pemerintah. Salah satu bukunya berjudul *Ikan Bungo: Biologi Reproduksi dan Upaya Pelestariannya* (Pustaka Refleksi, Makassar, 2009).



M. GHUFRAN H. KORDI K., akrab dipanggil UPAN, OPAN, PAN, GHUF, lahir 26 Januari 1973 di Desa Tabapoma, Bacan Timur, Halmahera Selatan, Maluku Utara, adalah seorang aktivis dan pekerja sosial, peneliti, penulis, pelatih dan fasilitator pelatihan, guru/pendidik, narasumber/pembicara, konsultan pemberdayaan masyarakat, akuakultur (budi daya perairan/perikanan), dan lingkungan.

Pendidikan formal yang pernah ditempuh, antara lain SD Negeri, Tabapoma; Madrasah Ibtidaiyyah Alkhairaat, Tabapoma; Madrasah Tsanawiyah Alkhairaat Kalumpang, Ternate; Madrasah Aliyah Alkhairaat Kalumpang, Ternate, Maluku Utara; Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar; dan Sekolah Tinggi Ilmu Kesejahteraan Sosial (STIKS) Tamalanrea, Makassar.

Bapak dua anak—RYZA MAURYZ H. KORDI K & IZZAH MAURYZA H. KORDI K—ini dikenal sebagai seorang ensiklopedis, karena bidang yang digelutinya begitu luas. Selain menggeluti ilmu-ilmu perikanan, kelautan, dan ekologi (lingkungan), juga mendalami kesejahteraan sosial dan pekerjaan sosial, ketenagakerjaan, sosiologi, hak dan perlindungan anak, gender dan hak perempuan, hak kelompok minoritas dan disabilitas, dan pemberdayaan masyarakat. Dia selalu berpesan ***“Buatlah jejak dan ukirlah nama, supaya dunia tahu, kita pernah hidup”***.

Belajar menulis sejak di bangku Madrasah Aliyah Alkhairaat, Ternate. Hingga kini terus menulis dan telah menghasilkan ratusan artikel, esai, makalah, laporan penelitian, naskah akademik, kertas posisi, *policy brief*, draft Raperda, draft RPJMD, draft Renstra SKPD, draft Rencana Aksi Daerah (RAD), modul/panduan pelatihan, dan buku yang mencakup bidang-bidang di atas.

Buku yang ditulisnya telah mencapai sembilan lusin dan diterbitkan oleh beberapa penerbit di Surabaya, Semarang, Yogyakarta, Jakarta, Bandung, dan Makassar. Puluhan bukunya telah menjadi buku teks dan buku rujukan di Perguruan Tinggi.



HASNIDAR YASIN, lahir di Sengkang pada tanggal 13 November 1964, adalah tenaga edukatif pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar dan Pascasarjana di Universitas yang sama.

Menyelesaikan Sekolah Dasar (SD) dan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di Kampiri Kec. Pammana Kab. Wajo; Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA 1 Sengkang Kab. Wajo. Memperoleh gelar sarjana (S1) di bidang Perikanan Budidaya tahun 1988 di Jurusan Perikanan Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin, menyelesaikan jenjang S2 di Program Sistem-Sistem Pertanian (SSP) Universitas Hasanuddin tahun 1992; menyelesaikan jenjang pendidikan S3 bidang Perikanan Budidaya di Universitas Hasanuddin tahun 2014. Sejak tahun 1988 sampai sekarang sebagai staf pengajar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar. Menulis pada berbagai jurnal dan makalah yang dipresentasikan di forum-forum ilmiah.



THAMRIN ALI. IBRAHIM, lahir di Ternate, 3 Juni 1977 adalah tenaga edukatif Pada Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Khairun (Unkhair), Ternate, Maluku Utara. Lulus Program Sarjana (S1) Budidaya Perairan, Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar dan Program Magister (S2) Ilmu Perairan, Universitas Sam Ratulangi (Unsrat) Manado, Sulawesi Utara.

Selain menjadi tenaga akademik di Unkhair Ternate, Thamrin Ali Ibrahim dikenal sebagai aktivis yang saat ini memimpin Lembaga Pesisir dan Lautan (eLSiL) Kie Raha Maluku Utara. Juga aktif di berbagai organisasi profesi dan sosial.

Menjadi narasumber/pembicara, pelatih, dan fasilitator di berbagai seminar, diskusi, lokakarya, pelatihan, mengenai perikanan, kelautan, lingkungan, advokasi dan pemberdayaan masyarakat. Terlibat di berbagai penelitian dan kajian untuk kepentingan pengambilan keputusan dan kebijakan, serta menjadi konsultan dan tim ahli di berbagai program dan proyek, baik pemerintah, swasta, maupun lembaga internasional.

Produktif menulis di media lokal dan jurnal. Salah satu bukunya yang telah terbit adalah *Budi Daya Ikan Bawal di Keramba Jaring Apung* (PT. Perca, Jakarta, 2011). Penulis dapat dikontak melalui email: elsil.malut@gmail.com.[]

BIOLOGI PERIKANAN

Biologi Perikanan adalah salah satu cabang dari biologi yang fokus pada ikan sejak ikan menetas, kemudian mulai makan, tumbuh, beraktivitas, bereproduksi, dan akhirnya mengalami kematian, baik kematian secara alami maupun faktor-faktor lain. Biologi Perikanan merupakan ilmu yang mengkhususkan kajian pada struktur organisme ikan (morfologi), struktur tubuh ikan (anatomi), faktor kimia dan fisika pada ikan (fisiologi), dan proses serta kebiasaan hidupnya. Karena itu, Biologi Perikanan merupakan ilmu dasar untuk mendalami dinamika populasi ikan, pengembangan spesies untuk dikelola menjadi ikan akuakultur, dan upaya konservasi spesies ikan yang terancam mengalami kepunahan.

Tujuan mempelajari Biologi Perikanan adalah agar dapat memahami sumber daya perikanan serta pemanfaatannya secara optimum dan berkelanjutan. Aplikasi Biologi Perikanan adalah sebagai alat pengelola sumber daya perikanan, di mana pengelolaan perikanan itu berhubungan dengan sumber daya dan masyarakat. Hasil akhirnya adalah optimalisasi pemanfaatan sumber daya perikanan secara berkelanjutan, sedangkan bagi masyarakat dan pemerintah adalah kesejahteraan, ketersediaan sumber protein yang dapat dijangkau, dan devisa.

Biologi Perikanan diperlukan untuk melengkapi arahan dalam pengelolaan sumber daya perikanan. Rekomendasi ahli Biologi Perikanan diperlukan untuk pengambilan kebijakan yang berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya perikanan dan konservasi.

Ruang lingkup Biologi Perikanan meliputi 2 cabang kajian yang saling terkait. Cabang pertama adalah kajian mengenai *Natural History*, yaitu tentang keadaan biologi ikan dalam suatu perairan yang meliputi daur hidup ikan, seperti: (a) induk ikan; (b) keadaan induk pada waktu akan memijah; (c) bagaimana keadaan memijahnya; (d) bagaimana keturunan yang dihasilkan; dan (e) pertumbuhan dan cara makannya sampai mati. Cabang kedua adalah kajian mengenai Dinamika dari Populasi, yaitu: bagaimana kecepatan dan hasil reproduksi serta pengaruhnya terhadap populasi, kecepatan pertumbuhan, sebab-sebab dan kecepatan kematian, serta pengaruhnya terhadap populasi. Dengan demikian dalam mempelajari Biologi Perikanan akan dipelajari hal-hal berikut: (a) seksualitas ikan; (b) tingkat kematangan gonad; (c) fekunditas; (d) ruaya; (e) pemijahan; (f) awal daur hidup ikan; (g) pertumbuhan ikan; (h) kebiasaan makan dan cara makan; (i) persaingan dan pemangsaan; dan (j) umur ikan.



Lily Publisher

Jl. Beo 38-40 Yogyakarta
Telp. (0274) 555432 Ext.144
Whatsapp: 08112926116
Email: naskahgarammedia@gmail.com

Info Buku Baru dan Pemasaran, klik www.andipublisher.com

AGRICULTURE

ISBN: 978-623-7267-16-4
e-ISBN: 978-623-7267-15-7



Harga Pulau Jawa Rp275.000,-