

KEPITING BAKAU

DINAMIKA MOLTING

KEPITING BAKAU

DINAMIKA MOLTING

Hasnidar ~~Yasin~~



KEPITING BAKAU; DINAMIKA MOLTING

oleh Hasnidar ~~Yasin~~

Hak Cipta © 2018 pada penulis



Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283

Telp: 0274-889398; Fax: 0274-889057; E-mail: info@plantaxia.com

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Tajuk Entri Utama: ~~Yasin~~, Hasnidar

KEPITING BAKAU; DINAMIKA MOLTING/Hasnidar ~~Yasin~~

- Edisi Pertama. Cet. Ke-1. - Yogyakarta: plantaxia, 2018
xxvi + 128 hlm.; 24 cm

Bibliografi:

ISBN :

E-ISBN :

1.

I. Judul

**Kusampaikan terima kasih dan penghargaan yang
setinggi-tingginya kepada:**

*Suamiku tercinta (Dr. Ir. H. Andi Tamsil, MS),
anak-anakku tercinta (Andi Husnul Khatimah, SH., M.Kn;
Andi Muhammad Akram, S. Kel., M.Ling;
drg. Andi Husnul Hasanah, S.KG;
Andi Muhammad Ikram; Andi Husnul Nadiah;
Mantu dan cucu-cucuku tercinta (Zulkifli Chairil Anwar, SH;
Zivara Macca Zulkifli dan A. Muhammad Riyoku Kasyfu Zulkifli)*

*Kedua orang tuaku terkasih, Hj. St. Nurcaya (alm.)
dan H. M. Yasin Ali (alm.);
Kedua mertuaku tersayang, Hj. Andi Dinar (alm.) dan
Andi Muh. Yunus Cengke (alm.)
atas cinta dan kasih yang tulus serta bimbingan yang tiada akhir*

*Para guru dan para dosenku
atas limpahan ilmu dan bimbingannya.*



SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA

Assalamu'aikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sebagai negara bahari dan kepulauan, Indonesia mempunyai potensi sumber daya perikanan dan kelautan yang sangat besar. Untuk sumber daya perikanan, baik perikanan tangkap maupun budi daya perairan (akuakultur), selain merupakan salah satu sumber devisa, juga merupakan sumber gizi dan ketahanan pangan nasional.

Namun, pengelolaan sumber daya perikanan harus dilakukan lebih bijaksana dengan mempertimbangkan keberlanjutan dan kelestariannya. Dua isu tersebut telah menjadi kepentingan global di mana Indonesia mengikatkan diri di dalamnya. Yang terbaru adalah Tujuan Pembangunan Berkelanjutan *Sustainable Development Goals/SDGs*, yang pada Tujuan 14 tentang Ekosistem Lautan di antaranya adalah pengembangan perikanan berkelanjutan, baik pengelolaan maupun akuakultur.

Itu, berarti para pihak yang berkepentingan dan terlibat langsung dengan pemanfaatan sumber daya perikanan, harus mempunyai persepektif yang sama dalam memahami, memanfaatkan, dan menjaga sumber daya perikanan nasional. Sementara untuk membentuk perspektif yang sama dibutuhkan basis data mengenai sumber daya perikanan. Riset mendalam dan berkelanjutan dibutuhkan untuk menyediakan data dan informasi yang digunakan oleh berbagai pihak dalam pemanfaatan sumber

daya perikanan. Artinya, para pihak perlu menggunakan data dan informasi yang valid dalam pemanfaatan sumber daya perikanan.

Negara-negara yang sangat maju dalam industri perikanannya, juga sangat maju dalam pengembangan ilmu dan teknologi perikanannya. Pada lingkup ini peran Perguruan Tinggi (PT) sangat strategis dan penting dalam berkontribusi untuk kemajuan sektor perikanan, sekaligus pelestariannya.

Saya menyambut gembira atas terbitnya buku dengan judul ~~*Dinamika Molting*~~ *Kepiting Bakau* hasil karya Dr. Ir. Hasnidar, MS., dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Muslim Indonesia. Dari segi kuantitas penerbitan buku ini menambah jumlah karya para dosen. Ke depan, saya berharap para dosen UMI dapat menghasilkan karya-karya seperti ini.

Materi buku ini merupakan hasil dari rangkaian beberapa riset, sehingga sangat bermanfaat jika temuan-temuan di dalam riset ini dapat diakses lebih luas. Oleh sebab itu buku ini dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa sebagai buku ajar, selain itu dapat menjadi data dan informasi ilmiah sehingga dapat menjadi acuan bagi berbagai pihak yang akan mengembangkan sektor perikanan khususnya untuk komoditas kepiting bakau.

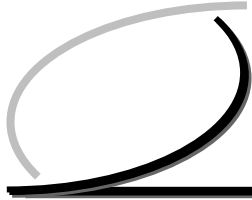
Semoga penerbitan buku ini dapat berkontribusi bagi ilmu dan teknologi, serta kemajuan sektor perikanan.

Wallahu Waliyut Taufiq Walhidayah

Makassar, 28 Juli 2018

Rektor UMI

Prof. Dr. H. Basri Modding, SE., M.Si.



SAMBUTAN GURU BESAR FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN UNIVERSITAS HASANUDDIN*)

Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si*)

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas ridha-Nya sehingga kita diberi kesehatan dan kesempatan untuk tetap menunaikan tugas tugas keseharian kita dengan baik.

Buku *Kepiting Bakau; Dinamika Molting* adalah media penyebarluasan ilmu dan teknologi yang diharapkan menjadi salah satu referensi masyarakat pembudidaya perikanan terutama kepiting. Kepiting adalah komoditi perikanan yang penting dan sangat menantang. Meskipun harganya tergolong mahal, para konsumen baik dalam maupun luar negeri tetap memburu hewan bercapit ini untuk dijadikan menu-menu eksklusif. Bahkan dewasa ini, telah dikembangkan kepiting cangkang lunak yang memiliki banyak keunggulan. Dengan demikian, informasi-informasi terkait kepiting dan cara membudidayakannya semakin banyak di cari baik oleh akademisi maupun praktisi yang terkait dengan budidaya kepiting.

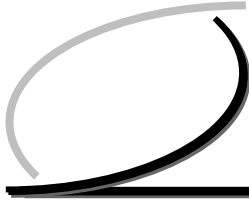
Karena itu, saya senang sekali dan mengapresiasi kegigihan Dr. Ir. Hasnidar, MS untuk membukukan hasil penelitiannya agar lebih banyak masyarakat yang mengenal dan membudidayakan kepiting terutama

kepiting cangkang lunak. Sebagai pembimbing dan promotor studi doctoral penulis, saya bangga bahwa hasil-hasil riset yang biasanya hanya dibaca oleh kalangan kampus disajikan dalam bentuk yang lebih sederhana dan populer agar mudah dipahami oleh masyarakat luas.

Akhirnya, upaya ini merupakan teladan yang harus menjadi pendorong bagi penulis-penulis muda dari berbagai disiplin ilmu untuk memperkaya pustaka ilmiah berbahasa Indonesia guna membantu mahasiswa sebagai pionir dalam mengkaji dan mengembangkan teknologi sekaligus membantu para praktisi dan pembudidaya dalam melakukan aktivitasnya dengan lebih baik.

Makassar, 28 Juli 2018

Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si



CATATAN EDITOR

Kepiting bakau (*Scylla*) atau kepiting lumpur adalah salah satu komoditas perikanan laut bernilai ekonomi tinggi. Hewan krustase yang hidup di hutan bakau ini merupakan komoditas yang mempunyai harga cukup tinggi, baik di pasar domestik maupun ekspor. Kepiting bakau adalah komoditas telah dibudidayakan di tambak dan di hutan-hutan bakau. Benihnya juga telah diproduksi secara massal di hatchri.

Harga kepiting bakau di pasar-pasar tradisional antara Rp. 25.000-35.000/kg (3-4 ekor/kg), sedangkan di Supermarket mencapai antara Rp. 70.000-90.000/kg (2-3 ekor/kg) untuk kepiting petelur. Kepiting bakau yang dihidangkan di warung makan dan rumah makan *sea food* untuk ukuran 300-500 g/ekor berharga Rp. 20.000-30.000/ekor, sedangkan yang dihidangkan rumah makan dan restoran mewah mencapai antara Rp. 40.000-50.000/ekor.

Pemanfaatan secara komersial dari komoditas ini makin meningkat, baik untuk dikonsumsi dalam negeri maupun di ekspor. Di dalam negeri, kepiting bakau dipasarkan di pasar-pasar tradisional hingga di swalayan mewah (super market), dan disajikan di rumah makan kecil di pinggir jalan hingga di restoran dan hotel berbintang. Sedangkan untuk ekspor, pasar kepiting bakau Indonesia antara lain Jepang, Hongkong, Singapura,

Australia, Korea Selatan, Taiwan, Malaysia, Perancis, dan Amerika Serikat (AS).

Tingginya permintaan terhadap kepiting bakau merupakan hal yang wajar, mengingat bintang yang berkulit keras ini selain memiliki rasa gurih dan enak juga bernilai gizi tinggi. Bagian tubuh kepiting bakau yang bisa dimakan (*edible portion*) mencapai 40 %. Hasil analisis proksimasi daging dan telur kepiting bakau menunjukkan bahwa daging dan telur kepiting bakau mengandung protein yang tinggi serta lemak dan abu yang rendah, merupakan salah satu indikasi komposisi makanan yang baik. Bagian yang tidak dapat dimakan mencapai 60 %, terutama karapas dan lain-lain, banyak mengandung zat kapur dengan kandungan protein dan lemak rendah dan abu tinggi, dapat dimanfaatkan sebagai campuran ransum ternak.

Bagian yang dapat dimakan dari kepiting bertelur penuh terdiri dari 46 % telur dan sisanya daging kepiting. Sedangkan daging kepiting sekitar 58 % berada pada tubuhnya dan sekitar 42 % berada dalam capitnya. Oleh karena itu, capit kepiting banyak penggemarnya karena dagingnya terkumpul dan relatif lebih mudah untuk mendapatkan secara utuh.

Sebagai komoditas perikanan laut bernilai ekonomis, kepiting bakau merupakan hewan yang terus ditangkap di alam. Penangkapan kepiting bakau di alam diduga sudah mencapai padat tangkap (*full fishing*) dan tangkap lebih (*over fishing*) pada beberapa daerah penangkapan (*fishing ground*), seperti di pantai Cilacap (Jawa Tengah) dan Bone (Sulawesi Selatan). Tekanan terhadap kepiting bakau di alam juga disebabkan oleh pembabatan hutan mangrove yang merupakan habitatnya.

Karena itu, manajemen pengelolaan kepiting bakau yang lestari perlu dikembangkan, termasuk di dalamnya adalah budi daya kepiting bakau. Budi daya kepiting bakau terdiri dari beberapa segmen usaha, di antaranya domestikasi, produksi benih kepiting, pembesaran kepiting, produksi kepiting petelur, dan produksi kepiting soka atau kepiting bertubuh lunak.

Kepiting lunak atau kepiting soka adalah kepiting yang dipanen sesaat setelah molting sebelum kulit atau cangkang/eksoskeleton baru mengalami proses pengerasan. Kepiting lunak merupakan salah satu makanan laut *seafood* di dunia yang terkenal karena kelezatannya, mudah dikonsumsi karena tidak perlu membuka cangkangnya tetapi dapat dikonsumsi bersama cangkangnya dan mengandung nutrisi penting bagi kehidupan dan kesehatan.

Salah satu masalah yang menghadang kesuksesan budidaya kepiting cangkang lunak antara lain adalah molting. Molting adalah proses pelepasan eksoskeleton (kulit/kutikula) lama dan digantikan eksoskeleton baru yang ukurannya lebih besar. Sesaat setelah molting, eksoskeleton baru masih dalam keadaan lunak dan akan mengeras beberapa jam kemudian, yakni setelah menyerap mineral dan air.

Untuk mempercepat proses molting pada kepiting telah dilakukan berbagai upaya antara lain melalui pemotongan atau ablasi tangkai mata, manipulasi atau rangsangan lingkungan, teknik pemotongan capit dan kaki jalan, penambahan hormon ecdisteroid, dan penggunaan ekstrak bayam/vitomolt. Ablasi tangkai mata dan teknik pemotongan capit tidak hanya dikritik, tetapi juga ditentang oleh para aktivis lingkungan dan penyayang hewan, karena dianggap menyiksa kepiting.

Upaya untuk menghasilkan proses molting yang optimal dan ekonomis terus dilakukan. Perlakuan pada kepiting maupun pemanfaatan faktor alam diharapkan menghasilkan proses molting yang efisien dengan biaya yang murah. Karena itu studi mengenai pengaruh pergerakan benda-benda astronomis terhadap molting sangat penting.

Studi guru saya, Hasnidar Yasin, berjudul *Dinamika Hormon Molting (Ecdisteroid) Kepiting Bakau (Scylla olivacea Herbst, 1796)* Berdasarkan Siklus Bulan Kaitannya dengan Strategi Peningkatan Kepiting Cangkang Lunak, yang kemudian diterbitkan menjadi buku ini sangat menarik. Penulis menyimpulkan bahwa, siklus bulan berpengaruh secara langsung melalui gaya gravitasi bulan terhadap dinamika konsentrasi ecdisteroid hemolimfa. Konsentrasi ecdisteroid hemolimfa tinggi ketika

gaya gravitasi bulan paling lemah yaitu fase bulan separuh I dan separuh II. Sebaliknya konsentrasi ekdiseroid hemolimfa rendah ketika gaya gravitasi bulan paling kuat, yaitu pada fase bulan gelap dan purnama. Dinamika ekdiseroid hemolimfa tersebut penyebab terjadinya fluktuasi molting pada kepiting.

Riset mengenai pengaruh pergerakan benda-benda astronomis terhadap kehidupan hewan, termasuk hewan akuatik tidak hanya menarik, tetapi juga sangat urgen. Pergerakan benda-benda astronomis, termasuk bulan disebutkan di dalam Al-Quran. Al-Quran menyebut nama bulan (*qamar*) sebanyak 27 kali dan menyebut hilal sekali. Ini merupakan syarat akan adanya tahapan-tahapan penampakan bulan sebanyak 28 kali itu. Jumlah 28 tahapan itu sama dengan jumlah 28 malam saat bulan bisa terlihat (Thayyarah, 2013). Dalam perputarannya mengelilingi bumi mulai muncul dalam bentuk hilal (bulan sabit), kemudian bercahaya bertambah besar, sedikit demi sedikit hingga tampak utuh dalam bentuk bulan purnama. Dari bentuk hilal hingga purnama dibutuhkan waktu 14 hari. Setelah itu, bagian bulan yang bercahaya sedikit demi sedikit berkurang hingga terbentuk hilal. Proses ini juga memakan waktu 14 hari. Kemudian bulan tidak terlihat oleh pandangan mata selama satu hari atau dua hari sesuai dengan panjang bulan saat itu. Al-Quran juga menyebut bulan purnama (QS. 84/Al-Insyiqâq: 18), matahari dan bulan untuk perhitungan (QS. 6/Al-An'âm: 96), serta matahari dan bulan beredar pada garis edarnya masing-masing (QS. 36/Yâ' Sîn: 40; QS. 21/Al-Anbiyâ': 33).

Penyebutan bulan yang berulang-ulang di dalam Al-Quran adalah isyarat serius, betapa pentingnya bulan dengan kehidupan di alam raya ini. Karena itu, studi mengenai dinamika molting kepiting bakau berdasarkan siklus bulan ini, tidak hanya merupakan kajian ilmiah yang sangat serius, tetapi juga kajian ilmiah yang sangat Qur'ani. Penerbitan buku ini diharapkan mendorong kajian-kajian sejenis sehingga menghasilkan suatu teknologi dan inovasi yang murah dan lestari, karena memanfaatkan semua yang telah diisyaratkan dan disediakan Allah Swt.

Harus diakui bahwa beberapa kemajuan yang dicapai dalam teknologi perikanan, baik perikanan tangkap maupun budi daya, selain sangat mahal juga tidak lestari alias membawa dampak besar terhadap kerusakan lingkungan. Di antara penyebab mahalnya teknologi yang digunakan dan merusak lingkungan adalah penggunaan bahan-bahan nonalami dan rekayasa teknologi yang tidak alami.

Karena itu, riset mengenai pengaruh pergerakan benda-benda astronomis terhadap kehidupan biota akuatik, merupakan riset yang harus terus dilakukan untuk pengembangan ilmu dan teknologi perikanan. Temuan atau teknologi yang diformulasi dari peristiwa alam, dalam beberapa hal lebih murah dan berkelanjutan.

Makassar, Juli 2018

M. GHUFRAN H. KORDI K.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahi Rabbil Alamiin, rasa syukur senantiasa penulis panjatkan kekhadirat Allah SWT., atas limpahan rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga kehadiran buku ini dapat terlaksana. Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada Baginda Rasul Muhammad SAW, nabi yang telah mengantarkan kita dari alam jahiliah ke alam kebenaran.

Buku tentang ~~Dinamika Molting~~ *Kepiting Bakau* merupakan kumpulan kajian ilmiah dalam bentuk hasil penelitian yang telah penulis lakukan. Rangkaian penelitian ini diilhami dari salah satu permasalahan yang dihadapi pada budidaya kepiting cangkang lunak di tambak yang mengalami dinamika (fluktuasi) produksi selama pemeliharaan. Dinamika produksi tersebut terjadi secara simultan dengan pola yang sama dan diduga ada hubungannya dengan siklus bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan berpengaruh terhadap dinamika ecdisteroid hemolimfa, dinamika tersebut diduga menjadi penyebab dinamika molting kepiting. Aplikasi hormon molting eksogen menjadi salah satu alternatif meningkatkan konsentrasi ecdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau, namun demikian perlu memperhatikan waktu aplikasi hormon molting eksogen yang tepat dan dosis yang optimal.

Buku ini terdiri dari enam bab, bab 1 dan 2 menyajikan pengantar; bab 3 mencoba mengidentifikasi salah satu faktor eksternal yang berpengaruh terhadap dinamika molting kepiting bakau; bab 4 dan 5 upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi kepiting melalui aplikasi hormon murni dan hormon alami (fitoekdisteroid); dan bab 6 merangkum hubungan antara faktor eksternal dan upaya peningkatan produksi kepiting bakau di tambak; serta bab 7 adalah penutup.

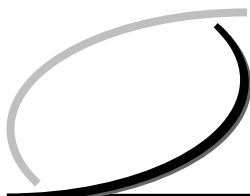
Rangkaian penelitian dan penyusunan laporan melalui perjuangan berat dan panjang, dengan usaha keras dan motivasi tinggi di bawah bimbingan dan arahan ibu Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si; Bapak Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.App.Sc; Bapak Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si dan sejumlah teman2 yang tidak mampu kami sebut satu persatu. Hasil penelitian dan disusun dalam bentuk buku ini dibawah arahan adik M. Ghufuran H. Kordi K. sebagai seorang editor profesional, saya sangat berterima kasih atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan dengan tulus. Terima kasih juga disampaikan kepada Dirjen Dikti yang telah membiayai penelitian ini; Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin (UNHAS) di Desa Bojo yang telah memfasilitasi tempat penelitian; Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Muslim Indonesia (FPIK-UMI) beserta segenap sivitas akademika di dalamnya, yang telah menjadi tempat pengabdianku selama ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, diharapkan kepada seluruh pembaca untuk tidak segan-segan mengirimkan kritikan dan saran atas buku ini agar dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan kualitasnya. Semoga buku ini memberi banyak manfaat untuk pengembangan perikanan dimasa yang akan datang dan dapat menjadi referensi pada penelitian-penelitian berikutnya.

Wallahu Waliyyut Taufiq Walhidayah.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabakatuh.

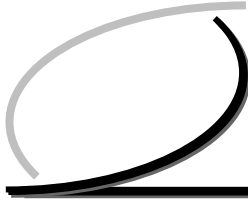
Penulis



DAFTAR ISI

SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA	vii
SAMBUTAN GURU BESAR FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN UNIVERSITAS HASANUDDIN	ix
CATATAN EDITOR	xi
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 KEPITING BAKAU: MOLTING DAN BERBAGAI ASPEKNYA	7
2.1 Kepiting Bakau	7
2.2 Molting dan Pertumbuhan	15
2.3 Hormon Molting (Ekdisteroid)	19
2.4 Siklus Bulan dan Pasang Surut	23
2.5 Kualitas Air	26
BAB 3 PENGARUH SIKLUS BULAN TERHADAP DINAMIKA EKDISTEROID HEMOLIMFA KEPITING BAKAU (<i>S. Olivacea</i> Herbst, 1796)	31
3.1 Pendahuluan	31
3.2 Prosedur Pengamatan	33

3.3	Hasil dan Pembahasan	37
3.4	Kesimpulan	54
BAB 4	PENGARUH HORMON MOLTING 20-HYDROXYEC-DYSON (20-HE) TERHADAP KONSENTRASI EKDISTEROID HEMOLIMFA DAN AKTIVITAS MOLTING KEPITING BAKAU (<i>S. Olivecea</i> Herbst, 1796)	55
4.1	Pendahuluan	55
4.2	Prosedur Pengamatan	56
4.3	Hasil dan Pembahasan	60
4.4	Kesimpulan	75
BAB 5	PENGARUH HORMON MOLTING FITOEKDISTEROID (VITOMOLT) TERHADAP PENINGKATAN EKDISTEROID HEMOLIMFA DAN AKTIVITAS MOLTING KEPITING BAKAU (<i>S. Olivecea</i> Herbst, 1796)	77
5.1	Pendahuluan	77
5.2	Prosedur Pengamatan	79
5.3	Hasil Pengamatan	81
5.4	Kesimpulan	91
BAB 6	GAYA GRAVITASI BULAN, HORMON MOLTING, DAN MOLTING PADA KEPITING BAKAU	93
BAB 7	PENUTUP	105
	DAFTAR PUSTAKA	107



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kepiting Bakau (<i>Scylla olivacea</i> Herbst, 1796)	8
Gambar 2.2	Susunan Kutikula atau Eksoskeleton Kepiting	16
Gambar 2.3	Fluktuasi Produksi Kepiting Cangkang Lunak di Tambak Komersil	26
Gambar 3.1	Terjadinya Pasang dan Surut Tertinggi Disebut Pasang Purnama Spring Tide; Pasang dan Surut Terendah Disebut Pasang Perbani Neap Tide	32
Gambar 3.2	Pemeliharaan Kepiting Bakau di Saluran Tambak (Permukaan)(1); Saluran Tambak (Dasar) (2); Tambak (3); Bak Percobaan (4).	35
Gambar 3.3	Fase-fase Bulan untuk Pengambilan Hemolimfa Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	36
Gambar 3.4	Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Berdasarkan Fase Bulan	38
Gambar 3.5	Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Berdasarkan Habitat Pemeliharaan. Tanda * Berbeda Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan untuk Perbandingan Antara Fase Bulan pada Setiap Habitat Pemeliharaan Kepiting	41

Gambar 3.6	Perbedaan Ketinggian Muka Air pada Saat Pasang dan Surut Berdasarkan Fase Bulan Gelap, Bulan Separuh dan Bulan Purnama. Kondisi Pasang Surut di Perairan Kabupaten Barru	45
Gambar 3.7	Sebaran Suhu (0C) pada Pagi dan Sore Hari Selama Penelitian (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan	47
Gambar 3.8	Sebaran Salinitas (ppt) pada Pagi dan Sore Hari Selama Penelitian (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan	48
Gambar 3.9	Sebaran Oksigen Terlarut (ppm) pada Pagi dan Sore Hari Selama Penelitian (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan	49
Gambar 3.10	Sebaran Amoniak (ppm) Selama Penelitian	50
Gambar 3.11	Sebaran Nitrit (ppm) Selama Penelitian	50
Gambar 3.12	Keterkaitan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa dan Parameter Kualitas Air	51
Gambar 4.1	Metode Injeksi Hormon Molting 20-HE pada Pangkal Kaki Renang (<i>Pereiopoda</i> ke-5)	57
Gambar 4.2	Waktu Injeksi Hormon Molting Eksogen 20-HE dan Pengamatan Ekdisteroid Hemolimfa Pasca Injeksi.	58
Gambar 4.3	Perbandingan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Awal (Sebelum Injeksi) dan Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE.	61
Gambar 4.4	Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Berdasarkan Waktu Pengamatan Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE.	61
Gambar 4.5	Rataan Persentase Molting dan Lama Waktu Molting Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE	64
Gambar 4.6	Rataan Kecepatan Pertumbuhan Bobot dan lebar Karapas Mutlak Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE.	66

Gambar 4.7	Rataan Pertumbuhan Bobot dan Lebar Karapas Relatif Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE.	67
Gambar 4.8	Rataan Pertumbuhan Biomassa dan tingkat Kelangsungan Hidup Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE	69
Gambar 4.9	Persamaan Regresi Dosis Optimal Hormon Molting 20-HE yang Dapat Menstimulasi Pertumbuhan Biomassa Tertinggi Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>), tanda Panah Menunjukkan Dosis Optimal	70
Gambar 5.1	Pemeliharaan Kepiting Bakau di Tambak	79
Gambar 5.2	Perbandingan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Awal (Sebelum Injeksi) dan Pasca Injeksi Vitomolt	82
Gambar 5.3	Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Berdasarkan Waktu Pengamatan Pasca Injeksi Vitomolt	82
Gambar 5.4	Rataan Persentase Molting dan Lama Waktu Molting Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Vitomolt	84
Gambar 5.5	Rataan Kecepatan Pertumbuhan Bobot Mutlak dan Panjang Karapas Mutlak Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Vitomolt.	85
Gambar 5.6	Pertumbuhan Bobot dan Lebar Karapas Relatif Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Vitomolt.	86
Gambar 5.7	Rataan Pertumbuhan Biomassa dan Tingkat Kelangsungan Hidup Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) Pasca Injeksi Vitomolt.	87
Gambar 5.8	Persamaan Regresi Dosis Optimal Fitoekdisteroid (vitomolt) yang Dapat Menstimulasi Pertumbuhan Biomassa Tertinggi pada Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	88



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pengaruh Langsung dan Tidak Langsung Siklus Bulan pada Habitat Pemeliharaan	34
Tabel 3.2	Intensitas Cahaya Bulan, Ketinggian Air Saat Pasang dan Surut Berdasarkan Habitat Pemeliharaan Kepiting pada Berbagai Fase Bulan	45
Tabel 3.3	Nilai Kisaran, Rataan Harian, Nilai Optimal Kualitas Air Masing-masing Habitat Pemeliharaan Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	46
Tabel 4.1	Nilai Kisaran, Rataan Harian dan Nilai Optimal Parameter Kualitas Air Media Pemeliharaan Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	71
Tabel 5.1	Nilai Kisaran, Rataan Harian dan nilai Optimal Parameter Kualitas Media Pemeliharaan Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	90
Tabel 6.1	Perbandingan Aktivitas Molting Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) dengan Perlakuan Injeksi Hormon Molting 20 HE dan Vitomolt	99
Tabel 6.2	Perbandingan Biaya untuk Penggunaan Hormon Murni (20-HE) dan Ekstrak Bayam (Vitomolt)	100



BAB 1

PENDAHULUAN

Kepiting bakau (*Scylla* spp.) atau *mud crab* adalah komoditi perikanan dari kelompok krustase yang mempunyai prospek sangat menjanjikan untuk dikembangkan di Indonesia. Luas perairan laut Indonesia sekitar 5.8 juta kilometer persegi atau 75% dari total wilayah, terdiri dari 13.466 pulau dan dikelilingi garis pantai sepanjang 99.000 km (National Geographic Indonesia, 2013). Di sepanjang pantai tersebut, yang potensil untuk lahan tambak $\pm$ 1,2 juta Ha, namun yang produktif baru 749.000 Ha (KKP, 2014). Dengan demikian peluang pembangunan tambak untuk budi daya kepiting masih terbuka lebar.

Permintaan kepiting baik kepiting bakau maupun kepiting rajungan untuk konsumsi domestik dan ekspor semakin meningkat. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan tercatat bahwa antara tahun 2006-2010 kenaikan rata-rata volume ekspor kepiting Indonesia ke negara-negara tujuan ekspor adalah sebesar 3.26%, sedangkan antara tahun 2009-2010 kenaikannya sebesar 6.47%. Kenaikan rata-rata nilai ekspor (US \$1.000) antara tahun 2006-2010 sebesar 12.81% sedangkan tahun 2009-2010 sebesar 25.49% (Anonim, 2011).

Negara tujuan ekspor kepiting adalah Amerika Serikat, Cina Tiongkok, Jepang, Hongkong, Korea Selatan, Taiwan, Malaysia, dan sejumlah negara di kawasan Eropa. Untuk meningkatkan volume ekspor setiap tahun maka diperlukan pengembangan budi daya kepiting termasuk

budi daya kepiting cangkang lunak untuk menjamin ketersediaan produk sepanjang waktu.

Selain sumber daya alam yang mendukung, kepiting bakau dapat ditemukan di sepanjang pantai Indonesia. Menurut Fujaya *et al.* (2012), ada empat spesies kepiting bakau di dunia dan keempatnya ditemukan di Indonesia, yaitu : kepiting bakau merah (*S. olivacea*), kepiting bakau hijau (*S. serrata*), kepiting bakau ungu (*S. tranquebarica*) dan kepiting bakau putih (*S. paramamosain*). Keempat spesies *mud crab* tersebut memiliki nilai ekonomis tinggi sehingga ditangkap secara intensif. Karena ketersediannya semakin terbatas di alam, maka usaha budi dayanya terus dikembangkan. Produk kepiting yang dipasarkan selain dalam bentuk segar (hidup), juga dalam bentuk kepiting bertelur, daging kepiting beku, dan kepiting cangkang lunak *soft shell crab* disingkat kepiting soka.

Kepiting lunak atau kepiting soka adalah kepiting yang dipanen sesaat setelah molting sebelum kulit atau cangkang/eksoskeleton baru mengalami proses pengerasan. Kepiting lunak merupakan salah satu makanan laut *seafood* di dunia yang terkenal karena kelezatannya, mudah mengkonsumsinya karena tidak perlu membuka cangkangnya tetapi dapat dikonsumsi bersama cangkangnya dan mengandung nutrisi penting bagi kehidupan dan kesehatan. Daging kepiting mengandung 62,72% protein dan 0,88% lemak (Sulaeman & Hanafi, 1992). Sedangkan menurut Anonim (2011), daging kepiting rendah lemak, tinggi protein, sumber vitamin dan mineral. Meski mengandung kolesterol, daging kepiting rendah kandungan lemak jenuh, merupakan sumber niacin, folate, potassium, vitamin B12, phosphorous, zinc, copper, dan selenium. Selenium berperan mencegah kanker dan kerusakan kromosom, serta meningkatkan daya tahan terhadap infeksi virus dan bakteri. Selanjutnya dijelaskan bahwa dalam 100 g daging kepiting bakau mengandung 22 mg *Omega-3* (EPA), 58 mg *Omega-3* (DHA), dan 15 mg *Omega-6* (AA). Sedangkan pada kulit yang ikut dimakan mengandung kitosan dan karotenoid. yang berfungsi menyerap lemak dan kolesterol serta racun-acun lain (Anonim, 2011). Karena itu, produk ini memiliki harga yang lebih tinggi dibanding kepiting

cangkang keras dengan ukuran yang sama. Harga lokal kepiting cangkang keras Rp. 80.000/kg, sedangkan kepiting cangkang lunak Rp. 110.000/kg.

Jenis kepiting yang dibudi dayakan sebagai kepiting cangkang lunak adalah kepiting bakau (*Scylla* spp.). Ada empat spesies kepiting bakau, yakni: kepiting bakau hijau (*S. serrata*) atau di dunia internasional dikenal dengan nama *giant mud crab* ukurannya dapat mencapai 2-3 kg/ekor, kepiting bakau ungu (*S. tranquebarica*) dikenal sebagai *purple mud crab*, kepiting bakau putih (*S. paramamosain*) dikenal sebagai *white mud crab* dan kepiting bakau merah (*S. olivacea*) yang dikenal sebagai *orange/red mud crab*. Di Indonesia, keempat jenis kepiting tersebut dibudi dayakan menjadi kepiting soka (Fujaya *et al.*, 2012), dari jenis *mud crab* (*S. serrata*) dibudi dayakan menjadi kepiting soka di India, Thailand, Banglades, Australia. Sedangkan jenis kepiting biru (*Callinectes sapidus*) di Amerika dan Meksiko (Gaude & Anderson, 2011).

Berbagai permasalahan yang menghadang kesuksesan budi daya kepiting cangkang lunak antara lain adalah ketersediaan benih, ketersediaan pakan, kualitas media budi daya, dan molting. Molting adalah proses pelepasan eksoskeleton (kulit/kutikula) lama dan digantikan eksoskeleton baru yang ukurannya lebih besar. Sesaat setelah molting, eksoskeleton baru masih dalam keadaan lunak dan akan mengeras beberapa jam kemudian, yakni setelah menyerap mineral dan air.

Permasalahan pada molting antara lain adalah kecepatan dan fluktuasi atau dinamika jumlah kepiting molting selama pemeliharaan. Untuk mempercepat proses molting pada kepiting telah dilakukan berbagai upaya antara lain melalui ablasi tangkai mata (Tamone *et al.*, 2005; Sudha & Anilkumar, 2007), rangsangan lingkungan (Azis, 2008; Rangka & Sulaeman, 2010), teknik pemotongan capit dan kaki jalan (Widyastuti & Husni, 2007), penambahan hormon ekdisteroid (Tanaka & Naya, 1995), dan penggunaan ekstrak bayam/vitomolt (Fujaya, 2011b; Aslamyah & Fujaya, 2011). Namun, permasalahan fluktuasi molting selama pemeliharaan belum mampu untuk diatasi.

Oesterling (2012a) mengemukakan bahwa molting pada budi daya kepiting cangkang lunak mengalami fluktuasi berdasarkan siklus bulan, dimana terjadi peningkatan kepiting lunak beberapa hari sebelum dan setelah bulan purnama. Hal ini juga terjadi pada industri budi daya kepiting cangkang lunak di beberapa tempat antara lain di Thailand (Quinitio & Lwin, 2009) dan Indonesia (Fujaya & Alam, 2012). Jumlah kepiting yang molting mengalami penurunan secara konsisten setiap fase bulan purnama dan bulan gelap yakni ketika air pasang meningkat. Sebaliknya, molting meningkat selama pasang rendah yaitu pada fase bulan sebagian (Fujaya & Alam, 2012). Lebih lanjut dikemukakan bahwa belum jelas apakah gaya gravitasi bulan, intensitas cahaya bulan, atau pasang surut yang ditimbulkan oleh siklus bulan yang mempengaruhi molting pada kepiting. Namun menurut Zimecki (2006), siklus bulan memiliki pengaruh terhadap perubahan hormonal pada invertebrata tingkat rendah. Pelepasan neurohormon diduga dipicu oleh radiasi elektromagnetik dan atau tarikan gravitasi dari bulan.

Molting pada kepiting dipengaruhi oleh faktor eksternal dan internal (Lockwood, 1967). Faktor eksternal antara lain kondisi kualitas air seperti suhu dan salinitas (Brown & Bert, 1993; Chen *et al.*, 1995; Olvera & Peterson, 2004; Samuel & Soundarapandian, 2010), konsentrasi oksigen (Gaudé & Anderson, 2011; Oesterling, 2012b), durasi cahaya/fotoperiod (Aiken *et al.*, 1969), nutrisi (Aslamyah & Fujaya, 2011), stressor (Azis, 2008); musim dan siklus bulan (Quinitio & Lwin, 2009; Fujaya & Alam 2012, Nirmale *et al.* 2010, Oesterling 2012a). Faktor eksternal akan memengaruhi fungsi fisiologis tubuh melalui koordinasi sistem saraf dan hormonal. Tubuh akan merespons perubahan lingkungan melalui adaptasi metabolik dan perubahan tingkah laku (Fujaya, 2004). Oleh karena itu faktor eksternal diduga kuat mempengaruhi dinamika hormonal yang mengatur molting pada kepiting.

Menurut Huberman (2000), ada dua hormon utama yang bertanggung jawab pada proses molting krustase termasuk kepiting, yakni *Molt Stimulating Hormone* (MSH) dan *Molt Inhibiting Hormone* (MIH). Hormon yang merangsang molting disebut juga ecdisteroid, diproduksi

oleh organ Y. Organ tersebut merupakan sepasang kelenjar yang terletak pada bagian toraks. Sekresi hormon ekdisteroid diatur oleh hormon lain yang bersifat mencegah molting yaitu MIH. MIH diproduksi oleh organ X yang terletak di tangkai mata. Jika MSH tinggi dalam sirkulasi maka akan merangsang terjadinya molting, sebaliknya apabila konsentrasi MIH yang tinggi maka molting akan terhambat.

Buku ini mencoba mengungkap fenomena molting pada kepiting bakau, mengidentifikasi faktor eksternal yang memicu proses terjadinya molting, dan upaya yang dilakukan untuk meningkatkan aktivitas molting pada kepiting bakau khususnya *S. olivacea*. Buku ini terdiri dari enam bab, bab 1 dan 2 menyajikan pengantar; bab 3 mencoba mengidentifikasi salah satu faktor eksternal yang berpengaruh terhadap dinamika molting kepiting bakau; bab 4 dan 5 upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi kepiting melalui aplikasi hormon murni dan hormon alami (fitoekdisteroid); dan bab 6 merangkum hubungan antara faktor eksternal dan upaya peningkatan produksi kepiting bakau di tambak; serta bab 7 adalah penutup.

-oo0oo-

BAB 2

KEPITING BAKAU: MOLTING DAN BERBAGAI ASPEKNYA

2.1 Kepiting Bakau

Hewan yang disebut kepiting, rajungan, dan kerabatnya mempunyai spesies yang cukup banyak. Menurut Kasim Moosa, ahli LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) yang banyak meneliti taksonomi kelompok ini, bahwa di Indo-Pasifik Barat saja diperkirakan ada 234 jenis, dan di Indonesia ada 124 jenis (Nontji, 1987). Namun, dari sekian banyak jenis, hanya beberapa jenis saja yang dikenal orang karena biasa dikonsumsi, dan berukuran agak besar. Jenis yang berukuran kecil tidak lajim dimakan karena terlalu kecil dan hampir tidak mempunyai daging. Beberapa jenis yang dapat dimakan ternyata juga menimbulkan keracunan.

Kepiting bakau adalah spesies kepiting berukuran besar dan dapat dikonsumsi. Kepiting bakau hidup di hutan bakau dan telah umum dikenal sebagai kepiting konsumsi sejak lama. Secara taksonomi, kepiting bakau diklasifikasikan sebagai berikut:

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Ordo	: Decapoda
Famili	: Portunidae

Genus : *Scylla*
Spesies : *Scylla serrata*, *S. olivacea*, *S. Transquebarica*, dan *S. paramamosain*



Sumber:

Gambar 2.1 Kepiting bakau (*Scylla olivacea* Herbst, 1796)

Kepiting bakau adalah salah satu kepiting yang telah umum dikonsumsi dan dibudi dayakan di tambak. Dalam genera *Scylla* setidaknya mempunyai empat spesies yaitu: *Scylla serrata*, *S. oceanica*, *S. transquebarica*, dan *S. paramamosain* (Gunarto, 1990; Hanafi, 1994; Fujaya *et al.* 2012). Awalnya, spesies *S. paramamosain* diduga sebagai salah satu varietas dari *Scylla serrata* sehingga diberi nama *Scylla serrata* var. *paramamosain* (Gunarto, 1990). Menurut Fujaya *et al.* (2012), ada empat spesies kepiting bakau di dunia dan keempatnya ditemukan di Indonesia, yaitu: kepiting bakau merah (*S. olivacea*), kepiting bakau hijau (*S. serrata*), kepiting bakau ungu (*S. tranquebarica*), dan kepiting bakau putih (*S. paramamosain*).

Spesies *Scylla serrata* dapat dibedakan dengan tiga spesies lainnya berdasarkan morfologi terutama bentuk duri baik pada karapas maupun pada bagian capitnya serta warna dominan pada tubuhnya. *S. serrata* memiliki duri relatif pendek dibandingkan dua spesies lainnya. Warna kemerahan hingga oranye terutama pada capit dan kakinya, sedangkan pada jenis lain dominan warna ungu pucat atau kehitaman. Ciri lain yaitu pada *S. oceanica* berwarna kehijauan dan terdapat garis-garis biru warna

cokelat hampir pada bagian seluruh tubuhnya kecuali bagian perut. Sedangkan *S. transquebarica* berwarna kehijauan sampai dengan sedikit garis-garis berwarna kecoklatan pada kaki renang. Secara umum *S. oceanica* dan *S. transquebarica* memiliki ukuran lebih besar daripada *S. serrata* untuk umur yang sama.

Kepiting bakau tergolong dalam klas Crustacea dan ordo Decapoda. Decapoda ditandai oleh adanya 10 buah (5 pasang) kaki, pasangan kaki pertama disebut capit yang berperan sebagai alat pemegang/penangkap makanan, pasangan kaki kelima berbentuk seperti kipas (pipih) berfungsi sebagai kaki renang, dan pasangan kaki lainnya sebagai kaki jalan. Dengan capit dan kaki jalan, kepiting bisa berlari cepat di darat dan berbekal kaki renang dapat berenang dengan cepat di air sehingga tergolong pula dalam kepiting perenang (*swimming crab*). Genus *Scylla* ditandai oleh bentuk karapas (*carapace*) yang oval dengan bagian depan memiliki 9 duri pada sisi kiri dan kanan, serta 6 duri di antara kedua matanya (Nontji, 1987; Gunarto, 1990; Kasri, 1991; Hanafi, 1994).

Kepiting bakau jantan dewasa memiliki ukuran capit lebih besar dibandingkan betina untuk untuk umur dan ukuran tubuh yang sama. Pada kepiting bakau jantan dicirikan oleh abdomen yang berbentuk agak lancip menyerupai segi tiga sama kaki, sedangkan pada kepiting bakau betina dewasa agak membundar dan melebar. Kepiting bakau jantan dan betina juga dapat dibedakan dengan membandingkan pertumbuhan berat capit terhadap berat tubuh. Kepiting jantan dan betina yang lebar karapasnya 3-10 cm beratnya capitnya sekitar 22 % dari berat tubuh. Setelah ukuran karapasnya mencapai 10-15 cm, capit kepiting jantan menjadi lebih berat yakni 30-35 % dari berat tubuh, sementara capit betina tetap sama 22 % (Kasri, 1991; Hanafi, 1994).

Warna karapas kepiting bakau seperti warna lumpur sehingga sering disebut kepiting lumpur. Ada juga yang berwarna hijau kegelapan atau hijau agak terang. Panjang karapasnya kurang lebih dua pertiga dari lebarnya. Permukaan karapasnya hampir semuanya licin kecuali pada beberapa lekuk berbintik kasar. Kepiting bakau dapat tumbuh hingga mencapai ukuran lebih dari 200 mm. Ukuran kepiting bakau di alam

bervariasi tergantung pada wilayah dan musim. Di perairan bakau Ujung Alang, Cilacap, terdapat kepiting bakau dengan panjang karapas 18,80-142,40 mm. Di perairan bakau Segara Anakan, Cilacap, didapatkan kepiting dengan kisaran panjang karapas 19,20-116,70 mm (Kasri, 1991). Kepiting bakau di Lamurukung, Bone, panjang karapas maksimal mencapai 172,024 mm, di Cenrana, Bone antara 35-229,47 mm, dan di Malangke, Luwu Utara antara 55,5-264,91 mm (Yadi, 1994). Berdasarkan lebar karapasnya, tingkat perkembangan kepiting dikelompokkan menjadi kepiting juwana, kepiting muda, dan kepiting dewasa dengan masing-masing ukuran yaitu 20-70 mm, 70-150 mm dan 150-200 mm (Afrianto & Liviawaty, 1995).

Dari namanya kepiting bakau merupakan hewan yang khas di hutan bakau atau ekosistem mangrove. Kepiting bakau juga ditemukan di daerah estuaria, perairan pantai berlumpur dan di tambak-tambak air payau. Kepiting bakau dan seluruh suku Portunidae adalah hewan yang selalu berada di habitat berair karena alat pernapasannya berupa insang. Walaupun demikian kepiting tidak selalu terendam dalam air, sering juga ditemukan berada di tempat yang kering asal lembab.

Sejak muda kepiting bakau telah menempati perairan dengan habitat berlumpur yang merupakan dasar dari habitat tempat hidup hutan bakau. Sebagai binatang yang bersifat bentik dan suka membenamkan diri di dalam lumpur, kepiting bakau merupakan hewan yang hidup pada habitat "keras" yang selalu kekurangan oksigen. Kepiting bakau harus mampu mengantisipasi kondisi lingkungannya yang sangat dipengaruhi oleh mobilitas tanah, pengaruh air tawar dan laut, dan juga pengaruh pasang surut. Dengan demikian kepiting bakau mampu beradaptasi dengan kehidupan yang sebagian merupakan kehidupan dengan kekurangan air.

Sebagai hewan yang selalu memerlukan air, kepiting bakau tidak bisa melepaskan diri dari air. Kepiting bakau menjalani *metamorfosa* sempurna, artinya bentuk larvanya sama sekali berlainan dengan bentuk dewasanya. Telur kepiting bakau yang telah dibuahi akan menetas menjadi zoea, megalops, kepiting muda, dan akhirnya menjadi kepiting dewasa. Selama masa pertumbuhan, kepiting bakau menjadi dewasa akan

mengalami pergantian kulit atau molting (*moulting*) antara 17-20 kali tergantung kondisi lingkungan dan pakan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan. Proses molting pada zoea berlangsung relatif lebih cepat yaitu sekitar 3-4 hari, sedangkan pada fase magalopa, proses dan interval pergantian kulit relatif lama yaitu setiap 15 hari. Setiap molting, tubuh kepiting akan bertambah besar sekitar $1/3$ kali ukuran semula, dan panjang karapas 5-10 mm pada kepiting dewasa. Kepiting dewasa berumur 12 bulan lebar karapasnya sekitar 17 cm dan berat sekitar 200 g (Afrianto & Liviawaty, 1995; Soim, 1994).

Bila kondisi mendukung, kepiting bakau dapat bertahan hidup hingga mencapai umur 3-4 tahun. Sementara itu, pada umur 12-14 bulan kepiting sudah dinggap dewasa dan dapat dipijahkan. Kepiting bakau dewasa akan beruaya (migrasi) ke laut lepas untuk melakukan pemijahan. Induk dan anak-anak kepiting akan kembali ke perairan pantai, muara sungai atau perairan berhutan bakau untuk berlindung, mencari makan dan membesarkan diri.

Kepiting bakau bersifat *euryhaline* (toleran terhadap kisaran salinitas yang luas) antara 0-35 ppt, namun dari pengamatan laju pertumbuhan terbaik pada salinitas 10-15 ppt. Berdasarkan daur hidup kepiting bakau, larva kepiting hidup pada salinitas 27-35 ppt, kemudian memasuki muara sungai, tambak-tambak dan perairan hutan mangrove bersalinitas 5-15 ppt. Ketika hendak memijah, kepiting bakau beruaya pada perairan bersalinitas antara 27-30 ppt (Kasri, 1991; Hanafi, 1994; Soim, 1994; Afrianto & Liviawaty, 1995).

Secara geografis daerah penyebaran kepiting bakau sama dengan daerah penyebaran hutan mangrove. Berdasarkan luasan hutan mangrove daerah penyebaran kepiting bakau cukup luas terdapat di Selat Malaka, timur Sumatera, timur Kalimantan, Maluku dan Irian Jaya. Daerah pemusatan pengusahaan kepiting bakau berkaitan dengan habitat yang relatif masih baik, antara lain terdapat di selatan Jawa (Cilacap), utara Jawa (Tanjungpasir, Pamanukan), barat Sumatera (Bengkulu), Riau, selatan dan timur Kalimantan (Kotabaru, Pasir, Balikpapan), Sulawesi (Teluk Bone, Teluk Kolono, Kendari), Nusa Tenggara Barat (Teluk Waworanda, Teluk

Bima), Papua (Teluk Bintuni, Biak Numfor), dan Maluku (Halmahera). Kepiting bakau muda dan dewasa bersifat pemakan segala dan pemakai bangkai (*omnivorous scavenger*). Sedangkan larva kepiting bakau bersifat pemakan plankton. Jenis makanan yang dimakan larva kepiting diantaranya diatom, tetraselmis, klorela, rotifera, larva ekinodermata, larva berbagai moluska, cacing dan sebagainya.

Dari pengamatan di laboratorium diketahui larva kepiting bakau menyukai makanan berupa hewan-hewan planktonik hidup yang bergerak daripada berupa tumbuhan (fitoplankton) atau yang mati dan diam. Makanan hidup dan bergerak diperlukan karena larva diperkirakan memperoleh makanan bukan dengan mengejar makanan, tetapi dalam kemampuan berenang yang masih terbatas bertabrakan dengan organisme makanan secara kebutulan. Makanan planktonik hidup ini sangat penting bagi sintasan (*survival rate*) larva kepiting.

Dalam mencari makanan, kepiting bakau muda dan dewasa lebih suka merangkak, walaupun kepiting bakau juga dapat berenang. Kepiting bakau baru mulai keluar dari persembunyiannya beberapa saat setelah matahari terbenam. Dalam semalam, kepiting bakau mampu merangkak sejauh 200-1.000 m untuk mencari makan. Ketika matahari akan terbit, kepiting bakau kembali membenamkan diri. Karena itu, kepiting bakau digolongkan ke dalam hewan nokturnal atau hewan yang aktif pada malam hari (Hanafi, 1994; Soim, 1994).

Dalam aktivitas mencari makan, kepiting bakau memiliki daerah kekuasaan. Bila daerah kekuasaannya diganggu musuh, misalnya oleh kepiting jenis lain, kepiting bakau dapat saja menyerang musuhnya dengan ganas. Musuhnya dicabik-cabik dengan capitnya. Kepiting bakau juga bersifat kanibalisme, saling memangsa. Namun, sifat ini muncul jika makanan kurang tersedia. Kepiting bakau yang sementara ganti kulit menjadi sasaran serangan dari kepiting-kepiting yang tidak ganti kulit. Untuk mencegah kanibalisme, maka dalam budi daya selain harus disediakan pakan yang cukup, juga hendaknya disediakan *shelter* (pelindung) bagi kepiting-kepiting yang ganti kulit.

Kepiting bakau menggunakan capitnya yang besar untuk makan, yaitu menggunakan capit untuk memasukkan makanan ke dalam mulutnya. Dengan capitnya yang besar, kepiting bakau mampu menggerogoti bangunan-bangunan kayu dan bambu yang ada di tambak. Sebagai *omnivorous scavenger*, kepiting bakau memakan segala jenis makanan di dalam air, namun cenderung *carnivorous* (pemakan hewan). Oleh karena itu, alternatif pakan yang bisa diberikan antara lain ikan rucah segar, ikan rucah kering tawar, kulit sapi/kambing/rusa/kerbau, keong sawah, bekicot, daging ular, belut, dan berbagai jenis kerang. Pengamatan terhadap kepiting bakau budi daya menunjukkan bahwa waktu makan kepiting tidak beraturan, namun lebih aktif pada malam hari. Kepiting bakau juga aktif makan pada saat air pasang atau bersamaan arus air baru. Sebaiknya pemberian pakan disesuaikan dengan kebiasaan tersebut.

Meskipun kepiting bakau adalah pemakan bangkai, namun kepiting bakau sensitif terhadap bahan cemaran terutama amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S). Oleh karenanya dalam budi daya harus diperhatikan pemberian pakan agar tidak berlebihan serta pergantian air. Kondisi air/dasar tambak sangat jelek dapat mematikan secara total bila kepiting bakau tidak mempunyai kesempatan untuk berlindung ke tempat yang lebih aman.

Jumlah pakan yang diberikan kepada kepiting bakau budi daya berkisar antara 3-10 % dari berat badan total, tergantung dari pengamatan. Pada saat kepiting bakau mulai bertelur penuh nafsu makan mulai berkurang sehingga jumlah pakan harus dikurangi. Pakan diberikan 2 kali sehari, yaitu pagi dan sore hari. Pakan yang telah ditangkap kepiting segera dihancurkan dan dimasukkan ke dalam mulut dan sebagian akan terlepas ke dalam air dalam bentuk partikel halus yang dapat mengakibatkan tingkat kesuburan air tambak meningkat. Oleh karena itu, diversifikasi melalui polikultur antara kepiting bakau dan ikan bandeng (*Chanos chanos*) dapat dilakukan untuk pemanfaatan lahan dan pakan serta pemeliharaan kualitas air (Hanafi, 1994; Soim, 1994).

Kepiting bakau mulai memijah pada umur 12 bulan atau ukuran karapasnya mencapai 120 mm dengan berat sekitar 150 g. Pemijahan kepiting bakau di alam berlangsung sepanjang tahun, tetapi puncak pemijahan pada setiap perairan berbeda. Di Teluk Bone, Sulawesi Selatan, pemijahan kepiting bakau berlangsung bulan Mei sampai bulan September. Di Australia, pemijahan berlangsung dari awal musim semi sampai awal musim gugur dengan puncak musim pada bulan November sampai Desember. Di Afrika Tenggara mulai musim semi sampai awal musim gugur. Di Thailand puncak pemijahan terjadi pada bulan Juli sampai Desember. Di Filipina dari bulan Mei sampai September, di India bulan Desember sampai Februari dan di Hawaii mulai Mei sampai Oktober (Nontji, 1987; Gunarto, 1990; Kasri, 1991; Hanafi, 1994).

Kepiting bakau dewasa akan beruaya (migrasi) ke laut lepas untuk melakukan pemijahan. Telur kepiting bakau yang telah dibuahi akan menetas menjadi zoea, megalops, kepiting muda, dan akhirnya menjadi kepiting dewasa. Selama masa pertumbuhan, kepiting bakau menjadi dewasa akan mengalami molting antara 17-20 kali tergantung kondisi lingkungan dan pakan yang dapat memengaruhi pertumbuhan.

Induk dan anak-anak kepiting akan kembali ke perairan pantai, muara sungai, atau perairan berhutan bakau untuk berlindung, mencari makan dan membesarkan diri.

Jenis kepiting yang dibudi dayakan sebagai kepiting cangkang lunak adalah kepiting bakau (*Scylla* spp.). Ada empat spesies kepiting bakau, yakni: kepiting bakau hijau (*S. serrata*) atau di dunia internasional dikenal dengan nama *giant mud crab* ukurannya dapat mencapai 2-3 kg/ekor, kepiting bakau ungu (*S. tranquebarica*) dikenal sebagai *purple mud crab*, kepiting bakau putih (*S. paramamosain*) dikenal sebagai *white mud crab* dan kepiting bakau merah (*S. olivacea*) yang dikenal sebagai *orange/red mud crab*. Di Indonesia, keempat jenis kepiting tersebut dibudi dayakan menjadi kepiting soka (Fujaya *et al.*, 2012), dari jenis *mud crab* (*S. serrata*) dibudi dayakan menjadi kepiting soka di India, Thailand, Banglades, Australia. Sedangkan jenis kepiting biru (*Callinectes sapidus*) di Amerika dan Meksiko (Gaude & Anderson, 2011).

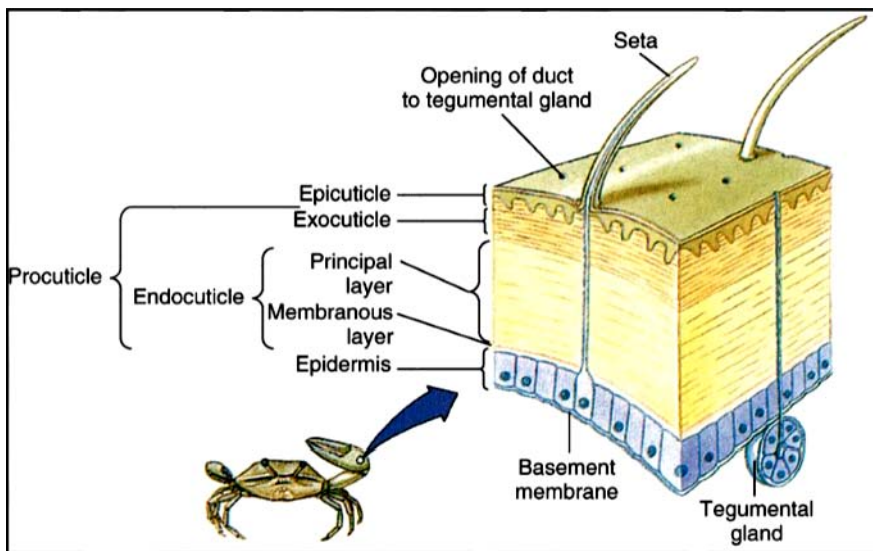
Prinsip budi daya kepiting soka adalah memelihara kepiting di tambak sampai menunggu molting. Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi kepiting lunak berkisar antara satu minggu hingga empat bulan, tergantung ukuran kepiting. Periode pemeliharaan yang lama, waktu molting yang tidak bersamaan, dinamika molting selama pemeliharaan merupakan masalah dalam produksi kepiting cangkang lunak (Quinitio & Lwin, 2009; Fujaya & Alam, 2012; Oesterling, 2012b). Periode pemeliharaan yang lama menyebabkan biaya pakan dan biaya operasional lainnya menjadi besar. Molting yang tidak bersamaan menyebabkan pengawasan harus dilakukan sangat ketat sehingga tenaga kerja yang dibutuhkan cukup banyak dengan waktu kerja yang panjang. Sedangkan fluktuasi molting yang terjadi selama pemeliharaan menyebabkan kontinuitas produksi menjadi terhambat.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat molting pada kepiting bakau antara lain: ablasi tangkai mata (Tamone *et al.*, 2005), penambahan hormon ekdisteroid seperti 20-hydroxyecdysone (Tanaka, 1995), penggunaan ekstrak bayam/vitomolt (Fujaya, 2011b; Aslamyeh & Fujaya, 2011), ekstrak murbei (Fujaya *et al.*, 2013a, Jompa *et al.*, 2013; Jompa & Suryanto, 2014), pemotongan capit dan kaki jalan (Widyastuti & Husni, 2007). Penggunaan vitomolt selain dapat mempercepat molting juga dapat menyebabkan molting lebih serentak.

2.2 Molting dan Pertumbuhan

Salah satu karakter hewan arthropoda, mulai dari serangga sampai krustase adalah pergantian kulit (eksoskeleton). Fenomena ini disebut ekdisis atau molting yang berfungsi untuk pertumbuhan, reproduksi dan metamorfosis (Spaziani *et al.*, 1989). Molting juga erat hubungannya dengan regenerasi bagian tubuh yang rusak atau hilang (Mykles, 2001), dan berbagai perubahan biokimia jaringan dan proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh (Phlippen *et al.*, 2000; Cheng *et al.*, 2002).

Pertumbuhan pada krustase terjadi melalui molting, oleh sebab itu pertumbuhan merupakan fungsi dari frekuensi molting dan peningkatan ukuran pada masing-masing molting (Wickins & Lee, 2002). Molting terjadi karena tubuh krustase dibungkus oleh cangkang keras (eksoskeleton). Cangkang atau kutikula tersusun oleh kitin (*nitrogenous polysaccharide chitin*) dan menjadi keras akibat deposisi kalsium. Kutikula krustase tersusun atas dua lapisan utama dari luar ke dalam masing-masing adalah epikutikula dan prokutikula. Epikutikula terdiri atas material protein dan lipid, sedangkan prokutikula terdiri atas tiga sub lapisan yakni eksokutikula, endokutikula, dan lapisan membranous (Gambar 2.1). Epikutikula dan eksokutikula disintesis dan dibentuk sebelum ekdisis sedangkan endokutikula dan lapisan membran disintesis dan dibentuk setelah ekdisis (Jurenka, 2013) .



Sumber:

Gambar 2.2 Susunan Kutikula atau Eksoskeleton Kepiting

Menurut Drach (1939), siklus molting pada krustase dibagi menjadi empat tahap utama, yaitu: intermolting, premolting, ekdisis, dan postmolting. Tahapan molting ini terjadi pada kepiting *Metapograpsus*

messor (Suganthi & Anilkumar, 1999), udang windu *Penaeus monodon* (Promwikorn *et al.*, 2004), dan juga pada insekta (Meyer, 2007). Periode intermolting adalah tahap terpanjang dari siklus molting, dimana terjadi regenerasi otot dan akumulasi cadangan energi seperti glikogen dan lipid. Pada periode premolting, terjadi pertumbuhan somatik otot, reabsorpsi eksoskeleton tua, dan pembentukan sebuah eksoskeleton baru untuk persiapan ekdisis (Skinner, 1985). Ekdisis, merupakan pelepasan eksoskeleton melalui penyerapan air yang cepat dari lingkungan, menyebabkan eksoskeleton lama pecah (Skinner, 1985; Chung *et al.*, 1999). Sedangkan tahap postmolting adalah proses pengerasan eksoskeleton baru (Loseke, 2003). Penyerapan air lebih lanjut terjadi untuk memfasilitasi perluasan eksoskeleton. Eksoskeleton baru masih lembut, selanjutnya akan terjadi pengerasan eksoskeleton melalui mineralisasi kutikula (Dillaman *et al.*, 2005). Eksoskeleton yang baru terbentuk berukuran lebih besar dan masih berwarna pucat dan lunak.

Sedangkan menurut Mykles (2001), proses molting pada kepiting terjadi tiga tahap yaitu: a) *proecdysis*, yang merupakan persiapan molting. Kaki-kaki yang hilang dibentuk kembali, otot kaki, capit diistirahatkan /tidak berfungsi, sebagian material eksoskeleton lama terurai dan kalsiumnya diserap kembali, sementara eksoskeleton baru dibentuk di sebelah dalam eksoskeleton lama; b) *Ecdysis*, eksoskeleton ditinggalkan sambil menyedot banyak air untuk memperbesar eksoskeleton baru; c) *metecdysis*, sintesis dan kalsifikasi telah sempurna, otot kaki capit berfungsi kembali.

Menurut Tamone *et al.* (2005) dan Fujaya *et al.* (2012), keempat tahap molting dapat ditentukan berdasarkan pengamatan *epipodit maxiliped* karena bagian ini transparan dan dengan mudah dapat diamati di bawah mikroskop. *Epipodit maxiliped* terletak di sekitar mulut kepiting. Pada tahap postmolting setae yang lembut tanpa *setae cone*, tahap intermolting ditandai dengan *setae cone* yang matang dan epidermis yang lebar, tahap premolting ditandai dengan terbentuknya area terang pada jaringan epidermis di dasar *setae cone*, area terang ini semakin lebar menjelang molting.

Molting merupakan tahap kritis dalam kehidupan krustase, sekitar 30% kematian terjadi pada saat ini, mulai dari akibat gagal molting, infeksi patogen, dan akibat kanibalisme. Sesaat setelah keluar dari cangkang lama, dengan kondisi kutikula yang masih lunak, kepiting nyaris tidak mempunyai perlindungan apapun terhadap musuhnya atau serangan hewan lain selama proses molting berlangsung. Proses molting berjalan sekitar 2,5–5 jam. Kepiting yang baru molting akan menyerap air dan prosesnya distimulasi oleh enzim. Pembesaran eksoskeleton baru sampai ukuran maksimal berlangsung selama 15 menit, namun pengambilan air terus berjalan sampai pengerasan eksoskeleton sempurna (sekitar 3 hari). Sementara itu, aktivitas makan dimulai pada hari kedua (28–32 jam). Kepiting molting 20–25 kali selama hidupnya (Gaude & Anderson, 2011).

Banyak organisme laut pesisir menunjukkan tingkah laku fisiologis disinkronkan dengan perubahan lingkungan. Menurut Nirmale *et al.* (2010), efek pasang surut, siklus bulan, cahaya dan hujan sangat berpengaruh terhadap tingkah laku dan ketersediaan kepiting bakau (*S. serrata*) di alam. Ditambahkan bahwa diperlukan kajian ilmiah, khususnya pengaruh siklus bulan terhadap kondisi molting pada kepiting bakau.

Cahaya meliputi intensitas cahaya dan durasi cahaya telah terbukti mempengaruhi molting pada beberapa krustase (Aiken *et al.*, 1983) seperti *Panulirus longipes* Edwards (1868), *Pachygrapsus marmoratus* Fabricius (1787), larva *Palaemonetes vulgaris* Say (1818), lobster *Procambarus* Stephens (1955), *Palaemonetes argentinus* (Diaz *et al.*, 2003), dan beberapa spesies lainnya (Hartnoll, 1982). Namun, peran cahaya dalam proses molting masih kontroversi karena cahaya tidak berpengaruh terhadap molting pada udang *Palaemonectes paucidens* (Kamiguchi, 1971).

Suhu memiliki efek terhadap molting pada banyak krustase. Molting lebih sering terjadi pada suhu yang lebih tinggi daripada di suhu yang lebih rendah. Pada udang galah (*P. paucidens*), durasi intermolting lebih pendek selama musim panas rata-rata 20,2 hari, dan lebih lama selama musim dingin yaitu 56,1 hari (Kamiguchi, 1971). Lobster (*Panulirus inflatus*) dan (*P. argus*), pertumbuhannya lebih cepat pada musim panas dari pada musim dingin (Davis, 1981).

Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh pada vitalitas organisme karena merupakan *masking factor* bagi organisme akuatik yang dapat memodifikasi peubah fisika dan kimia air menjadi satu kesatuan pengaruh yang berdampak terhadap osmoregulasi dan bioenergetik organisme akuatik (Ferraris *et al.*, 1986). Kepiting bakau termasuk organisme akuatik eurihalin (Chen & Chia, 1997). Namun menurut Karim (2008b), salinitas optimum pada kepiting bakau berkisar 25 ppt. Pada kondisi salinitas optimum maka tingkat kerja osmotik mencapai titik minimum sehingga pembelanjaan energi untuk osmoregulasi menjadi rendah dan energi untuk pertumbuhan meningkat.

Ukuran tubuh kepiting juga berpengaruh terhadap molting. Individu yang lebih kecil molting lebih sering daripada yang berukuran besar. Pada udang galah, tidak hanya ukuran tubuh tetapi kematangan seksual mempengaruhi durasi siklus intermolt. Udang yang belum matang seksual durasi intermolting 7-17 hari, sedangkan yang dewasa secara seksual durasinya sekitar 20 hari (Kamiguchi, 1971).

Pertumbuhan merupakan ekspresi dari penambahan volume, bobot basah, ataupun bobot kering terhadap suatu satuan waktu tertentu. Sedangkan pertumbuhan krustase adalah penambahan bobot dan panjang tubuh yang terjadi setelah pergantian kulit (Effendi, 1979; Hartnoll, 1982). Pertumbuhan tersebut sangat terkait dengan kondisi fisiologis yaitu proses metabolisme dan tingkat stres yang dialami oleh krustase. Pertumbuhan kepiting merupakan rangkaian dari proses molting. Selama masa pertumbuhan, kepiting akan mengalami pergantian kulit antara 17-20 kali tergantung kondisi lingkungan dan pakan yang tersedia. Setiap molting, tubuh kepiting akan bertambah besar sekitar $\frac{1}{3}$ kali ukuran semula dan panjang karapas meningkat 5-10 mm pada kepiting dewasa (Rangka, 2007).

2.3 Hormon Molting (Ekdisteroid)

Ekdisteroid adalah kelompok ketosteroid polihidroksilat yang ditemukan pada semua arthropoda dan berfungsi untuk mengatur pertumbuhan (Chang & Bruce, 1980). Ekdison disintesis pada organ Y (kelenjar ventral),

dilepaskan ke hemolimfa dan dikonversi menjadi 20-hydroxyecdysone (20-HE) aktif oleh jaringan perifer (Chang & O'Connor, 1977). Ekdison mengatur perubahan fisiologis yang berhubungan dengan molting. Sintesis dan pelepasan ekdisteroid berada di bawah kontrol hormon neuropeptida *Molt-Inhibiting Hormon* (MIH), yang dihasilkan oleh organ X melalui kompleks kelenjar sinus pada tangkai mata (Soumoff & O'Connor, 1982). Selain molting, hormon ekdisteroid juga bertanggung jawab terhadap perkembangan, pertumbuhan, dan reproduksi arthropoda (Spaziani *et al.*, 1989). Kolesterol adalah prekursor untuk sintesis ekdisteroid pada organ Y. Organ Y berupa massa yang kompak terletak pada sepalotoraks bagian anterior ruang insang (Lockwood, 1967; Skinner, 1985; Spaziani, 1990; Mykles, 2011).

Arthropoda tidak dapat mensintesis kolesterol, oleh karena itu sumber kolesterol adalah dari pakan (Spaziani *et al.*, 1989). Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa biasanya rendah selama intermolting, meningkat secara signifikan selama premolting dan menurun secara drastis setelah molting (Chang dan Bruce, 1980; Suganthi & Anikumar, 1999; Huberman, 2000; Chung, 2010). Ekdisteroid utama yang teridentifikasi dalam hemolimfa pada krustase dekapoda adalah ekdison, 20-hydroxyecdysone (20-HE), 3-dehydro-20-hydroxyecdysone (3D20E), dan Ponasterone (PA), tetapi senyawa khusus tersebut dan konsentrasinya bervariasi antara spesies, tahap perkembangan, tahap molting, dan musim (Chung, 2010).

Menurut Fujaya *et al.* (2009), level ekdisteroid hemolimfa rajungan (*P. pelagicus*) pada periode premolting berkisar $2062,5 \pm 7,5$ ng/ml hingga $2507,5 \pm 12,5$ ng/ml dibandingkan periode intermolting $1152,5 \pm 7,5$ ng/ml dan periode postmolting $1786,7 \pm 3,8$. Pola yang sama terjadi pada kepiting (*Metapograpsus messor*) meskipun dengan konsentrasi yang lebih kecil yakni $240,70 \pm 23,76$ per 100 g berat badan pada premolting dan hanya $126,10 \pm 23,76$ pada intermolting (Suganthi & Anilkumar, 1999). Pada *Dungeness crab* (*Cancer magister*) level ekdisteroid tertinggi pada premolting mencapai > 3000 ng/ml hemolimfa, 42 hari sebelum ekdisis dan terendah pada periode intermolting yakni hanya sekitar 500 ng/ml hemolimfa

(Tamone *et al.*, 2007). Thompton *et al.* (2009), melaporkan nilai yang lebih rendah pada kepiting yang sama, *C. magister* yakni $1886,5 \pm 186,2$ ng/ml pada 15 hari sebelum ekdisis dan terus turun menjadi < 9.0 ng/ml pada 5 hari sebelum ekdisis.

Selanjutnya pada kepiting bakau dilaporkan bahwa konsentrasi hormon molting pada periode premolting berkisar $2,005 \pm 1,0$ µg/ml hingga $2,821 \pm 0,006$ µg/ml, dibandingkan periode intermolting sebesar $1,552 \pm 0,007$ µg/ml dan turun drastis sesaat setelah molting (postmolting) yakni hanya $1,747 \pm 0,003$ µg/ml (Fujaya & Trijuno, 2007). Pada kepiting biru (*Callinectes sapidus*), titer ekdisteroid hemolimfa periode premolting (D3) yaitu = $377,0$ ng/ml, kemudian turun menjadi $120,0$ ng/ml di D4 (sebelum molting), tahap postmolting (A/B) yaitu = $4,4$ ng/ml, dan intermolting (C4) yaitu = $3,3$ ng/ml. Peningkatan konsentrasi hormon molting dalam hemolimfa merupakan sinyal bagi tubuh untuk memulai proses molting.

Pengaturan kadar hormon ekdisteroid hemolimfa dapat dipengaruhi melalui beberapa lintasan. Penelitian terhadap organ-Y dengan cara *in vitro* memperlihatkan bahwa ekstrak tangkai mata dapat memperlambat atau menghentikan pelepasan hormon ekdisteroid (Mattson & Spaziani, 1985). Berdasarkan sistem pengaturan kadar hormon ekdisteroid hemolimfa tersebut diatas dan hubungannya dengan MIH (Mattson & Spaziani, 1985), telah membuat sebuah model sistem pengaturan neuroendokrin, yaitu interaksi antara organ X dan organ Y. Faktor lingkungan termasuk didalamnya stres akan mengaktifkan neuron serotonergik tangkai mata yang merangsang kompleks sel-sel neurosekretori organ X untuk melepaskan MIH. MIH dalam hemolimfa berikatan dengan permukaan reseptor sel organ Y yang menyebabkan adenilat siklase (AC) aktif dan mengubah ATP menjadi cAMP (siklik AMP). Produksi hormon ekdisis dari kolesterol akan ditekan oleh cAMP. Pengaruh yang berlawanan ditimbulkan oleh kalsium (Ca) yang berikatan dengan kamodulin akan mengaktifkan enzim cAMP-fosfodiesterase membentuk 5 AMP, sehingga produksi ekdisis dapat ditingkatkan kembali.

Fitoekdisteroid adalah ekdisteroid yang berasal dari tanaman, memiliki struktur analog dengan hormon molting ekdison pada serangga (Bathoni *et al.*, 2008) dan beberapa avertebrata seperti krustase (Feldman, 2009). Beberapa jenis tanaman menghasilkan ekdisteroid dengan keragaman struktur yang luas, berfungsi sebagai pertahanan terhadap serangan serangga (Schmelz *et al.*, 2002) dan nematode (Soriano *et al.*, 2004). Ketika serangga memakan tanaman dengan bahan kimia ini mereka akan molting abnormal, menurunkan berat badan atau menderita kerusakan metabolik lainnya dan mati. Jenis tanaman yang terkenal menghasilkan fitoekdisteroid adalah bayam (Amaranthaceae) dan murbei (*Morus spp.*).

Menurut Fujaya *et al.* (2013), berdasarkan hasil pengamatan menggunakan kromatografi lapis tipis tanaman bayam dan murbei mempunyai nilai R_f (*Retardation factor*) yang sama yaitu $R_f = 0.25$, sedangkan 20-HE nilai $R_f = 0.67$. Selanjutnya berdasarkan nilai RT (*Retention Time*) ekstrak bayam dan murbei sama yaitu $RT = 1,69$. Hal ini membuktikan bahwa ada kesamaan senyawa yang terkandung di dalam fraksi bayam dan murbei. Akan tetapi senyawa tersebut (fraksi murbei dan bayam) berbeda dengan nilai RT hormon 20-HE yaitu 1,9. Dengan demikian tanaman bayam dan murbei mengandung ekdisteroid lebih rendah dibandingkan dengan ekdisteroid 20-HE. Ekstraksi ekdisteroid dari tanaman bayam diberi nama vitomolt saat ini telah digunakan pada budi daya kepiting cangkang lunak untuk menstimulir molting (Aslamyah & Fujaya, 2011; Fujaya, 2011a; Fujaya, 2011b; Fujaya & Alam, 2012), dan ekstraksi tanaman murbei dalam pakan sebagai hormon stimulant molting pada produksi kepiting cangkang lunak (Jompa *et al.*, 2013).

Menurut Bathoni *et al.* (2008), ekdisteroid memiliki sejumlah efek menguntungkan pada mamalia dan arthropoda. Ekdisteroid berfungsi sebagai hormon anabolik yang efektif, hepatoprotektif, imunoprotektif, antioksidan dan agen hipoglikemik. Selanjutnya dijelaskan bahwa aplikasi fitoekdisteroid adalah alternatif yang menjanjikan kerana berfungsi sebagai steroid anabolik-androgenik dan tidak mempunyai efek samping.

2.4 Siklus Bulan dan Pasang Surut

Hari bulan (siklus bulan) ialah usia bulan dihitung sejak bulan gelap hingga bulan gelap periode berikutnya. Usia bulan dibagi dalam empat kuadran. Kuadran pertama ialah usia bulan sejak gelap pertama sampai dengan bulan separuh pertama. Kuadran kedua adalah usia bulan yang dihitung dari separuh pertama sampai bulat penuh (purnama). Kuadran ketiga adalah usia bulan sejak bulan purnama hingga bulan separuh kedua. Kuadran terakhir (empat) adalah usia bulan dari separuh kedua sampai bulan gelap kembali. Usia tiap-tiap kuadran rata-rata 7 hari, sehingga dalam satu bulan biasanya 28–30 hari. Adapun fase-fase bulan tersebut dari kuadran pertama sampai kuadran keempat adalah: fase bulan gelap, $\frac{1}{4}$ I, separuh I, $\frac{3}{4}$ I, purnama, $\frac{3}{4}$ II, separuh II, $\frac{1}{4}$ II dan gelap kembali.

Fase bulan purnama adalah keadaan ketika bulan nampak bulat sempurna dari bumi. Pada saat itu, bulan terletak hampir segaris di antara matahari dan bumi sehingga seluruh permukaan bulan yang diterangi matahari terlihat jelas dari arah bumi. Kebalikannya adalah fase bulan mati (gelap), yaitu saat bulan terletak pada hampir segaris di antara matahari dan bumi, sehingga yang terlihat dari bumi adalah sisi belakang bulan yang gelap atau tidak nampak apa-apa. Diantara kedua waktu itu terdapat keadaan bulan separuh dan bulan sabit, yakni pada saat posisi bulan terhadap bumi membentuk sudut tertentu terhadap garis bumi-matahari. Pada saat itu, hanya sebagian permukaan bulan yang disinari matahari yang terlihat dari bumi.

Efek langsung dari siklus bulan pada lingkungan laut adalah pasang dan surut, intensitas cahaya bulan dan lama penyinaran bulan (Naylor, 2001). Pasang surut terjadi sebagai tanggapan terhadap tarikan gravitasi bulan terhadap bumi. Daya tarik gravitasi yang kuat di sisi bumi yang menghadap bulan menyebabkan tonjolan air. Di sisi berlawanan, tonjolan lain dibuat karena gaya sentrifugal yang disebabkan oleh pemintalan dari sistem bumi-bulan di barisenternya (Reese, 2005).

Ada dua macam pasang akibat siklus bulan, yakni pasang laut purnama *spring tide* dan pasang laut perbani *neap tide*. Pasang purnama adalah peristiwa terjadinya pasang tertinggi dan surut terendah. Pasang tertinggi terjadi pada tanggal 1 (berdasarkan kalender bulan) dan pada tanggal 14 (saat bulan purnama). Pada kedua tanggal tersebut posisi bumi-bulan-matahari berada pada satu garis sehingga kekuatan gaya tarik bulan dan matahari berkumpul menjadi satu menarik permukaan bumi. Permukaan bumi yang menghadap ke bulan mengalami pasang tertinggi. Pasang perbani adalah peristiwa terjadinya pasang dan surut terendah. Pasang kecil ini terjadi pada tanggal 7 dan 21 kalender bulan. Pada kedua tanggal tersebut posisi matahari-bulan-bumi membentuk sudut 90° . Gaya tarik bulan dan matahari berlawanan arah sehingga kekuatannya menjadi berkurang (saling melemahkan) dan terjadilah pasang terendah.

Perairan laut yang berbeda seperti perbedaan letak lintang dan bujur memberikan respons yang berbeda terhadap gaya pembangkit pasang surut. Ada tiga tipe pasang surut yang dikemukakan oleh Dronkers (1964), yakni: 1) pasang surut diurnal bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, biasanya terjadi di laut sekitar khatulistiwa; 2) pasang surut semi diurnal bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya; 3) pasang surut campuran, yaitu gabungan dari tipe 1 dan 2, apabila bulan melintasi khatulistiwa (deklinasi kecil), pasang surutnya bertipe semi diurnal, dan jika deklinasi bulan mendekati maksimum terbentuk pasang surut diurnal.

Selain pasang surut, siklus bulan berpengaruh terhadap intensitas dan lama penyinaran bulan. Pada malam hari, bumi menerima intensitas cahaya bulan (dalam microwattscm^{-2}) dari $1,83 \times 10^{-1}$ pada fase bulan purnama; $2,12 \times 10^{-3}$ pada fase bulan separuh; dan $1,8 \times 10^{-4}$ pada fase bulan $\frac{1}{4}$. Untuk awan berat, intensitas berkurang hingga 10 kali (McDowall, 1969). Sedangkan menurut Yuliani (2001), intensitas cahaya bulan pada fase bulan gelap ke bulan separuh I berkisar 0-1 lux, sedangkan fase bulan purnama bervariasi dari 1-4 lux.

Menurut Fujaya & Alam (2012), siklus bulan diduga mempengaruhi aktivitas molting kepiting. Jumlah kepiting yang molting sangat tinggi

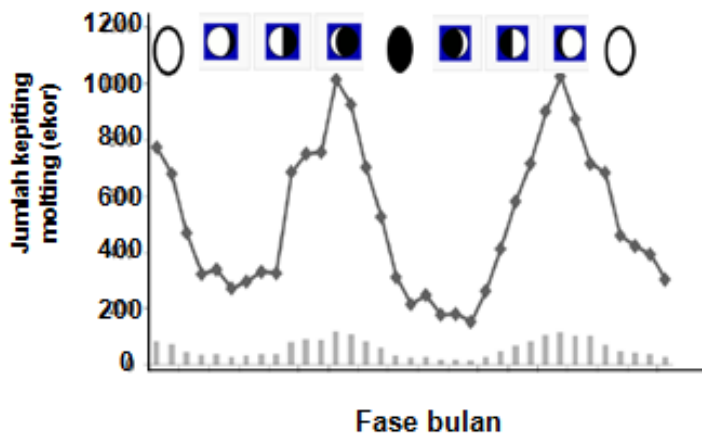
beberapa hari sebelum memasuki bulan gelap atau bulan purnama ketika terjadi pasang tinggi (Gambar 2.2). Namun belum diketahui secara pasti apakah siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan, perubahan pencahayaan atau pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya gravitasi bulan. Menurut Zimecki (2006), siklus bulan memiliki pengaruh terhadap perubahan hormonal pada filogenesis seperti insekta dan vertebrata tingkat rendah. Pelepasan neurohormon diduga dipicu oleh radiasi elektromagnetik dan atau tarikan gravitasi bulan.

Menurut Naylor (2001), kepiting pantai (*Carcinus maenas*) yang hidup di Samudera Atlantik dan Laut Baltik, puncak molting terjadi setelah bulan baru atau bulan purnama bersamaan dengan pasang tinggi di musim semi. Fase bulan berpengaruh terhadap waktu makan rajungan dan krustasea pada umumnya. Rajungan aktif makan pada bulan gelap sehingga rendemen, kadar protein, kadar abu tertinggi pada fase bulan gelap, sedangkan kadar air tertinggi pada fase bulan terang akibat aktivitas makan rajungan menurun secara drastis pada bulan purnama (Metusalach, 2007).

Sedangkan menurut Rangka (2007), pada umumnya kepiting aktif makan pada saat air pasang atau bersamaan arus air baru, sehingga pemberian pakan disesuaikan dengan kebiasaan tersebut. Biasanya petani penangkap melakukan pemasangan alat tangkap yang diberikan umpan beberapa saat sebelum datang air pasang. Intensitas cahaya bulan berpengaruh terhadap aktivitas dan pola penyebaran lobster. Intensitas cahaya bulan kecil, lobster dewasa bergerak bebas dan beraktivitas sampai kedalaman yang lebih dangkal, sedangkan jika intensitas cahaya bulan tinggi lobster bergerak ke arah yang lebih dalam atau membenamkan diri ke dalam substrat (Prasetyanti, 2001).

Selain pada kepiting, siklus bulan memiliki hubungan dengan tingkah laku pemijahan *spawning* pada karang lunak (*Sarcophyton crassocaule*). Gamet dilepas ke perairan pada saat atau menjelang bulan purnama dan atau menjelang fase bulan sabit baru, bahkan proses pemijahan juga terjadi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ (Harrison & Wallace 1990; Simpson, 2008). Demikian pula pada karang (*Acropora nobilis*) bereproduksi

pada fase bulan purnama dan bulan gelap, namun berlangsung lebih intensif pada saat bulan gelap (Rani, 2004). Pada kebanyakan spesies hewan laut, siklus bulan mungkin memicu waktu pematangan sperma dan telur (Norton, 1981).



Sumber:

Gambar 2.3 Fluktuasi Produksi Kepiting Cangkang Lunak di Tambak Komersil (Fujaya & Alam, 2012)

2.5 Kualitas Air

Dalam pengertian yang luas, kualitas air ditentukan oleh banyak variabel biologi, fisika dan kimia yang memengaruhi kesesuaian air untuk suatu penggunaan tertentu. Dalam budi daya perikanan, kualitas air biasanya diartikan sebagai kesesuaian air untuk pertumbuhan organism, dan biasanya ditentukan oleh hanya beberapa variabel (Boyd, 1982). Beberapa parameter kualitas air yang sangat penting bagi kelangsungan hidup dan molting pada kepiting adalah sebagai berikut:

Suhu

Suhu air merupakan faktor pembatas utama organisme perairan yang bersifat poikilothermik (Verhoef & Austin, 1999;. Hammond *et al*, 2005). Suhu air memengaruhi suhu tubuh dan aktivitas metabolik (Verhoef &

Austin, 1999), asupan makanan dan pertumbuhan (molting). Pertumbuhan akan meningkat dengan meningkatnya suhu air sampai suhu optimum tercapai (Ponce *et al*, 1997; Jobling, 2003). Menurut Fujaya *et al.* (2012), suhu optimum untuk pertumbuhan kepiting bakau (*Scylla* spp.) adalah 25 – 35°C.

Derajat Keasaman atau pH

Derajat keasaman atau *per hydronium ion* atau *power of hydrogen* (pH) merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H^+) yang terlarut dalam air. Digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu perairan (Odum, 1971). Nilai pH perairan dapat menjadi indikator adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan organisme akuatik. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Selain itu, nilai pH dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka pH semakin menurun (Boyd, 1990). Perubahan pH dapat berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap organisme akuatik. Pengaruh langsung antara lain adalah mengurangi produktivitas primer dan dapat menyebabkan kematian organisme. Sedangkan pengaruh secara tidak langsung adalah perubahan toksisitas zat kimia tertentu, contohnya semakin tinggi pH dan suhu air maka toksisitas amoniak meningkat.

Biasanya pH menurun dalam media budi daya seiring dengan berjalannya waktu, hal tersebut disebabkan karena produk CO_2 meningkat yang berasal dari hasil respirasi dan perombakan sisa pakan yang tidak dikonsumsi. Peningkatan CO_2 membuat air menjadi lebih asam dan pH semakin turun. Menurut Fujaya *et al.* (2012), pada beberapa sistem budi daya kepiting cangkang lunak seraca tertutup, untuk mencegah terjadinya penurunan pH maka ditambahkan material *buffer* seperti cangkang oyster. Cangkang oyster mengandung calcium carbonat yang akan larut dalam air sehingga dapat mencegah penurunan pH bahkan dapat meningkatkan pH air. Selanjutnya dijelaskan bahwa nilai pH pada media budi daya kepiting lunak sebaiknya dipertahankan antara pH 6,8–8,2.

Salinitas

Salinitas merupakan gambaran jumlah garam atau konsentrasi ion-ion terlarut dalam air. Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh penting dalam pertumbuhan organisme akuatik. Salinitas dipengaruhi oleh pasang surut, curah hujan, penguapan, presipitasi dan topografi suatu perairan. Kepiting termasuk organisme air yang toleran terhadap perubahan salinitas, sehingga digolongkan sebagai hewan eurihalin. Kisaran salinitas yang baik untuk budi daya kepiting soka adalah 5–30 ppt (Gaude & Anderson, 2011; Fujaya *et al.*, 2012). Namun salinitas optimalnya adalah 25 ppt (Karim, 2008a; Safrina, 2013).

Perubahan salinitas diluar kisaran optimal dapat menyebabkan stres osmotik. Stres osmotik dapat mengakibatkan respon fisiologis seperti peningkatan konsumsi oksigen terlarut dan ekskresi amoniak (Romono & Zeng, 2006). Konsumsi oksigen meningkat disebabkan oleh peningkatan aktivitas metabolisme untuk kebutuhan energi pada proses adaptasi lingkungan. Meningkatnya aktivitas metabolisme ditandai dengan peningkatan kadar amoniak di hemolimfa kepiting bakau (Safrina, 2013). Salinitas media mempengaruhi konsentrasi ion-ion seperti Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ dan SO_4^{2-} hemolimfa kepiting bakau. Konsentrasi ion-ion hemolimfa kepiting bakau makin besar dengan peningkatan salinitas. Kepiting (*C. sapidus*), mengkonsumsi oksigen lebih banyak pada salinitas rendah dari pada salinitas tinggi (Laird & Haefner, 1976).

Oksigen Terlarut

Air mempunyai kemampuan untuk menampung oksigen terlarut jika telah mencapai tingkat kejenuhan maka oksigen yang diproduksi akan dibuang ke udara. Kapasitas air dalam menampung oksigen ditentukan antara lain suhu dan salinitas. Semakin tinggi suhu semakin berkurang jumlah oksigen yang dapat dipertahankan tetap terlarut, demikian pula salinitas. Semakin tinggi salinitas air berarti semakin banyak bahan-bahan terlarut lain yang telah ada dalam air dan mengurangi ruang yang tersisa untuk oksigen terlarut, sehingga jumlah oksigen terlarut juga lebih rendah.

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen di dalam air yang tersedia untuk kepiting. Oksigen sangat penting untuk kelangsungan hidup kepiting. Konsentrasi oksigen terlarut yang baik yaitu $>5,0$ ppm. Kadar oksigen terlarut di bawah $5,0$ ppm berpengaruh terhadap budi daya kepiting, di bawah $3,0$ ppm molting beberapa kepiting menjadi lambat, dan di bawah $2,0$ ppm tidak akan ada yang molting (Oesterling, 2012b). Hal yang sama disarankan oleh Fujaya *et al.* (2012), bahwa level oksigen terlarut sebaiknya dipertahankan di atas 5 ppm untuk keberhasilan molting dan kelangsungan hidup kepiting. Daya racun amoniak akan menurun jika konsentrasi oksigen berada dalam jumlah yang cukup di dalam media budi daya.

Amoniak (NH_3)

Amoniak dan nitrit merupakan parameter polutan paling penting dalam sistem akuakultur karena bersifat toksik pada organisme air. Amoniak adalah bentuk nitrogen yang bisa sangat beracun bagi kehidupan organisme laut termasuk kepiting. Apabila kadar amoniak tinggi di dalam media pemeliharaan maka kepiting tidak dapat melepaskan amoniak ke dalam air sehingga akan terakumulasi dalam tubuhnya. Akumulasi amoniak yang tinggi dalam hemolimfa maka akan menyebabkan terjadinya "*aminogenesis*" sehingga terjadi peningkatan konsumsi oksigen, penurunan pertumbuhan, serta mortalitas yang tinggi (Fujaya *et al.*, 2012). Toksisitas amoniak secara langsung berkaitan dengan pH air. pH lebih tinggi dari 8.0 toksitas amoniak meningkat (Oesterling, 2012b). Konsentrasi amoniak sebaiknya di bawah $1,0$ ppm (Gaude & Anderson, 2011), sedangkan menurut Turano (2007), amoniak sebaiknya hanya berada pada kisaran $0,5$ – $1,0$ ppm.

Nitrit (NO_2)

Nitrit ialah salah satu produk yang dihasilkan oleh bakteri nitrosomonas. Nitrit menunjukkan jumlah zat nitrogen yang mengalami oksidasi hanya sebagian dan merupakan bentuk peralihan dalam proses perubahan zat organik. Nitrit bersifat toksik terhadap organisme karena mengoksidasi Fe^+ dalam hemoglobin yang menyebabkan rusaknya jaringan tubuh karena

kemampuan darah dalam mengikat oksigen menurun (Boyd, 1982). Penurunan pH akan meningkatkan toksisitas nitrit karena akan dikonversi menjadi asam nitrit. Pengaruh utama nitrit ialah mengubah transfer oksigen, oksidasi persenyawaan penting dan rusaknya jaringan organ respirasi.

Konsentrasi nitrit sebanyak 0,5 ppm bersifat toksik dan dapat menyebabkan kepiting mati lemas. Konsentrasi nitrit melebihi 3,0 ppm kematian yang signifikan dapat terjadi. Nitrit di dalam air sebaiknya berada pada kisaran 0,0–0,5 ppm (Gaude & Anderson, 2011).

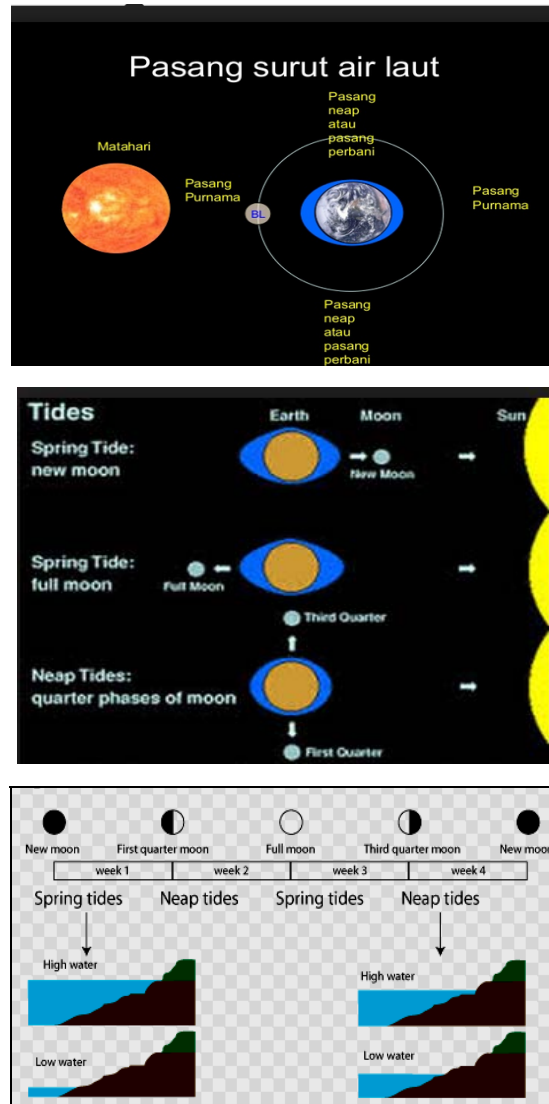
-oo0oo-

Bab 3

Pengaruh Siklus Bulan terhadap Dinamika Ekdisteroid Hemolimfa Kepiting Bakau (*S. olivacea* Herbst, 1796)

3.1 Pendahuluan

Budi daya kepiting cangkang lunak di tambak mengalami fluktuasi produksi terkait siklus bulan. Produksi kepiting cangkang lunak mengalami penurunan secara konsisten setiap fase puncak bulan purnama dan bulan gelap yakni ketika pasang laut meningkat. Sebaliknya, molting meningkat selama pasang rendah yaitu pada fase bulan sebagian (Fujaya & Alam, 2012). Siklus bulan berpengaruh terhadap gaya gravitasi bulan, intensitas cahaya bulan dan pasang surut. Pasang surut berpengaruh terhadap kualitas air media pemeliharaan di tambak. Pasang tertinggi dan surut terendah atau dikenal dengan nama pasang purnama atau *spring tide*, terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam satu garis lurus sehingga kekuatan gaya gravitasi bulan sangat kuat yaitu terjadi pada fase bulan gelap dan purnama. Sebaliknya pasang terendah dan surut terendah *neap tide* terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus sehingga kekuatan gaya gravitasi bulan lemah yaitu pada fase bulan separuh I dan separuh II (Gambar 3.1).



Sumber:

Gambar 3.1 Terjadinya Pasang dan Surut Tertinggi Disebut Pasang Purnama Spring Tide; Pasang dan Surut Terendah Disebut Pasang Perbani Neap Tide

Molting pada kepiting merupakan salah satu proses fisiologis yang kompleks, secara langsung dikontrol oleh hormon molting yaitu ecdisteroid yang diproduksi pada organ Y (kelenjar ventral). Apabila

kosentrasi ekdisteroid tinggi dalam hemolimfa maka akan merangsang terjadinya molting. Menurut Lockwood (1967), ada dua faktor yang berpengaruh terhadap molting, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Salah satu faktor eksternal yang diduga berpengaruh terhadap molting adalah siklus bulan (Quinitio dan Lwin, 2009; Nirmale *et al.*, 2012; Fujaya dan Alam, 2012). Belum diketahui secara pasti apakah siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan, intensitas cahaya bulan atau pasang surut yang berpengaruh terhadap dinamika ekdisteroid hemolimfa keping. Faktor eksternal akan mempengaruhi fungsi fisiologis tubuh melalui sistem saraf dan hormonal. Menurut Zimecki (2006), siklus bulan memiliki pengaruh terhadap perubahan hormonal pada insekta dan vertebrata tingkat rendah. Pelepasan neurohormon diduga dipicu oleh radiasi elektromagnetik dan atau tarikan gravitasi dari bulan. Berikut ini akan dipaparkan bagaimana pengaruh siklus bulan terhadap dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa.

3.2 Prosedur Pengamatan

Keping bakau (*S. olivacea* Herbst, 1796), sebanyak 120 ekor berukuran lebar karapas 720–800 mm dan bobot 90–100 g dimasukkan ke dalam keranjang plastik *crab box* ukuran 25x20x20 cm, masing-masing 1 ekor/keranjang. Untuk menguji siklus bulan berpengaruh secara langsung atau tidak langsung terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa maka keping uji dipelihara pada habitat yang berbeda (Tabel 3.1).

1. Pemeliharaan di saluran tambak

Pemeliharaan keping pada habitat ini adalah untuk menguji pengaruh langsung dan tidak langsung siklus bulan terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Pemeliharaan keping pada permukaan dan dasar saluran tambak dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah ada pengaruh perbedaan tekanan air dengan kedalaman yang berbeda. Keping bakau sebanyak 30 ekor yang telah diseleksi ukuran, bobot dan tahapan molting dimasukkan dalam keranjang plastik. Setiap keranjang plastik tersebut diikat pada pipa paralon dan diatur secara berbaris, terdiri dari 10 ekor/baris. Keping dipelihara di saluran tambak dengan cara terapung.

Tabel 3.1 Pengaruh Langsung dan Tidak Langsung Siklus Bulan pada Habitat Pemeliharaan

Pengaruh Siklus Bulan		Habitat Pemeliharaan		
		Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar)	Tambak	Bak Percobaan
Langsung	Gaya gravitasi	ya	ya	ya
	Intensitas cahaya bulan	ya	ya	tidak
	Pasang surut	ya	tidak	tidak
Tidak langsung	Kualitas air	ya	ya	tidak

2. Pemeliharaan di saluran tambak (dasar)

Pada pemeliharaan kepiting di saluran tambak (dasar), metodenya sama dengan pada pemeliharaan kepiting di saluran tambak (permukaan), tetapi pipa paralon diberi pemberat sehingga kepiting dalam keranjang plastik tenggelam di dasar saluran tambak.

3. Pemeliharaan di tambak

Kepiting yang dipelihara di tambak prosedurnya sama dengan pemeliharaan di saluran tambak. Kepiting dalam keranjang plastik diikat pada pipa paralon, selanjutnya dipelihara di tambak dengan metode terapung. Pergantian air mengikuti irama pasang surut. Ketinggian air pada saat surut sekitar 60 cm dan saat pasang mencapai 80 cm dengan rata-rata ketinggian air 70 cm.

4. Pemeliharaan di bak percobaan

Kepiting bakau sebanyak 30 ekor yang disimpang dalam keranjang plastik diletakkan secara berbaris di dalam bak percobaan dengan metode terapung, ukuran bak percobaan panjangxlebaxtinggi yaitu 2×1×1 m. Bak ditutup dengan plastik hitam untuk mencegah masuknya cahaya bulan selama pemeliharaan. Pergantian air dilakukan sebanyak satu kali sehari sebanyak 50 %, dan setiap minggu sebesar 100 %. Ketinggian air rata-rata 70 cm, untuk suplai oksigen maka bak dilengkapi dengan aerasi.



(1) penangkap kepiting di Siwa Kabupaten Wajo. Kepiting diangkat secara kering ke lokasi penelitian menggunakan keranjang setelah terlebih dahulu diikat satu persatu. Setelah tiba di lokasi penelitian, kepiting diseleksi tingkat kebugarannya dan tahapan molting dengan melihat ciri dari kaki renangnya, ukuran berat dan panjang karapasnya. Selanjutnya, kepiting dilepaskan ikatannya dan



(2) penangkap kepiting di Siwa Kabupaten Wajo. Kepiting diangkat secara kering ke lokasi penelitian menggunakan keranjang setelah terlebih dahulu diikat satu persatu. Setelah tiba di lokasi penelitian, kepiting diseleksi tingkat kebugarannya dan tahapan molting dengan melihat ciri dari kaki renangnya, ukuran berat dan panjang karapasnya. Selanjutnya, kepiting dilepaskan ikatannya dan



(3) penangkap kepiting di Siwa Kabupaten Wajo. Kepiting diangkat secara kering ke lokasi penelitian menggunakan keranjang setelah terlebih dahulu diikat satu persatu. Setelah tiba di lokasi penelitian, kepiting diseleksi tingkat kebugarannya dan tahapan molting dengan melihat ciri dari kaki renangnya, ukuran berat dan panjang karapasnya. Selanjutnya, kepiting dilepaskan ikatannya dan



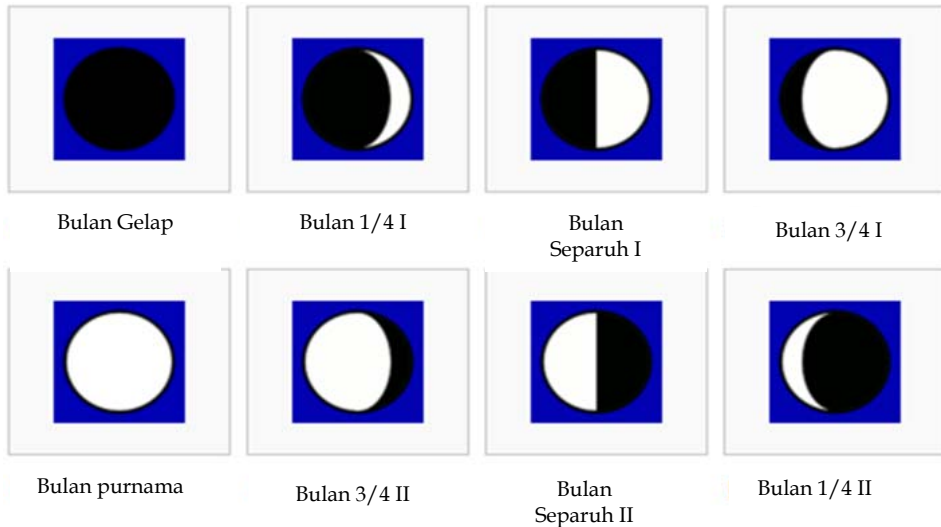
(4) penangkap kepiting di Siwa Kabupaten Wajo. Kepiting diangkat secara kering ke lokasi penelitian menggunakan keranjang setelah terlebih dahulu diikat satu persatu. Setelah tiba di lokasi penelitian, kepiting diseleksi tingkat kebugarannya dan tahapan molting dengan melihat ciri dari kaki renangnya, ukuran berat dan panjang karapasnya. Selanjutnya, kepiting dilepaskan ikatannya dan

Sumber:

Gambar 3.2 Pemeliharaan Kepiting Bakau di Saluran Tambak (Permukaan)(1); Saluran Tambak (Dasar)(2); Tambak (3); Bak Percobaan (4).

Jadi keempat habitat pemeliharaan kepiting tersebut adalah A = saluran tambak (permukaan), B = saluran tambak (dasar), C = tambak dan D = bak percobaan (Gambar 3.2). Selama pemeliharaan, kepiting diberi pakan ikan rucah dosis 10% dari berat badan, dan diberikan satu kali sehari yaitu pada sore hari menjelang malam (Fujaya *et al.*, 2012).

Pengambilan hemolimfa kepiting dilakukan selama delapan kali berdasarkan 8 fase bulan (dua kali siklus bulan) selama penelitian, yakni fase : 1) bulan gelap (*new moon*) , 2) bulan $\frac{1}{4}$ I, 3) bulan $\frac{1}{2}$ atau separuh I (*first quarter*), 4) bulan $\frac{3}{4}$ I, 5) purnama (*full moon*), 6) bulan $\frac{3}{4}$ II, 7) bulan $\frac{1}{2}$ atau separuh terakhir (*last quarter*), 8) bulan $\frac{1}{4}$ II (Gambar 3.3).



Sumber:.....

Gambar 3.3 Fase-fase Bulan untuk Pengambilan Hemolimfa Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Jumlah sampel kepiting masing-masing 3 ekor setiap fase bulan pada empat habitat pemeliharaan. Hemolimfa kepiting diambil dari pangkal kaki jalan kelima dengan menggunakan syringe 1-ml dengan jarum suntik berukuran 27-gauge. Hemolimfa sebanyak 1 ml disimpan dalam eppendoft dan dicampur dengan antikuagulan dengan perbandingan 1:1 (Fujaya dan Trijuno, 2007), selanjutnya sampel disimpan di lemari pendingin freezer dengan suhu -20°C , selanjutnya sampel siap untuk diekstraksi. Prosedur ekstraksi hemolimfa: 1) 1ml hemolimfa ditambahkan 3 ml dietil eter, 2) Kocok menggunakan vortex selama 30 detik lalu didiamkan selama 2 menit, 3) Lapisan bagian atas merupakan fase ether yang mengandung steroid, 4) Residu yang tertinggal diekstraksi kembali sebanyak 3 kali

kemudian dikumpulkan dan dikisatkan hingga kering pada suhu 40°C (Fujaya dan Trijuno, 2007).

Prosedur pengukuran kandungan ekdisteroid adalah: 1) Residu sampel yang telah kering hasil ekstraksi dilarutkan dengan metanol pro *Ultra Fast Liquid Chromatography* (UFLC), kemudian dimasukkan dalam vial autosampler UFLC, 2) Sampel dianalisis dengan UFLC dengan kondisi alat sebagai berikut a) kolom: Shim Pack ODS C18 250x4,6 mm, b) sistem: fase terbalik, c) fase gerak: metanol-air (80:20v/v), d) laju alir: 1 ml/menit, e) suhu kolom: 40°C, f) detektor: photodiode array (UV), 246 nm, g) volume injeksi: 10 µl. Kuantifikasi ekdisteroid menggunakan seri standar 20-HE (Sigma®).

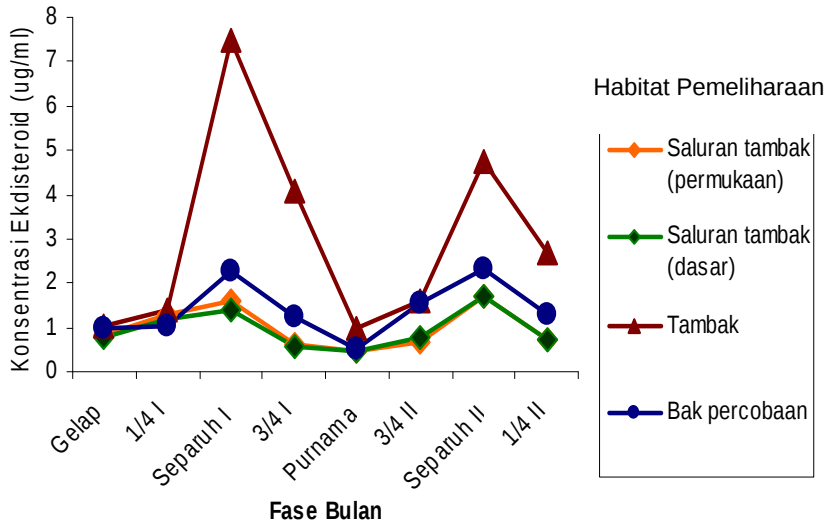
Data konsentrasi ekdisteroid hemolimfa diamati selama delapan fase bulan pada empat habitat pemeliharaan. Data konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tersebut di analisis ragam dan uji lanjut Duncan menurut Steel dan Torrie (1993). Proses perhitunganya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer program Excel 2003 dan SPSS 16.0. sedangkan parameter lingkungan dianalisis secara deskripsi kuantitatif digunakan untuk menjelaskan kelayakan kualitas lingkungan (habitat) pemeliharaan bagi kehidupan kepiting bakau selama penelitian. Parameter lingkungan yang diukur meliputi: ketinggian pasang surut, intensitas cahaya bulan, suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, amoniak (NH₃), nitrit (NO₂). Intensitas cahaya bulan diukur dengan menggunakan luxmeter, salinitas dengan refraktometer, pH dengan kertas lakmus, suhu dan oksigen terlarut dengan DO meter, amoniak dan nitrit dengan spektrofotometer.

3.3 Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa Berdasarkan Siklus Bulan

Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau mengalami fluktuasi berdasarkan siklus bulan. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada fase bulan separuh I dan separuh II, sebaliknya konsentrasi terendah ditemukan pada fase bulan gelap dan purnama. Demikian pula berdasarkan habitat

pemeliharaan, habitat tambak memperlihatkan konsentrasi tertinggi dibandingkan habitat saluran tambak dan bak percobaan (Gambar 3.4).



Sumber:.....

Gambar 3.4 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Berdasarkan Fase Bulan

Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa cenderung membentuk pola yang sama pada keempat habitat pemeliharaan. Konsentrasi ekdisteroid rendah pada fase bulan gelap mulai meningkat pada bulan $\frac{1}{4}$ I, mencapai maksimum pada bulan separuh I, kemudian turun pada bulan $\frac{3}{4}$ I dan terendah pada bulan purnama. Selanjutnya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa mulai meningkat kembali pada bulan $\frac{3}{4}$ II, mencapai maksimum pada bulan separuh II dan mulai menurun pada bulan $\frac{1}{4}$ II.

Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tertinggi terjadi pada fase bulan separuh I dan separuh II. Gaya gravitasi bulan pada fase bulan tersebut sangat lemah karena posisi bulan, bumi dan matahari membentuk sudut 90° sehingga kekuatan gravitasi bulan dan matahari berlawanan arah sehingga saling melemahkan. Sebaliknya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa terendah terjadi pada fase bulan gelap dan purnama. Pada saat bulan gelap dan purnama gaya gravitasi bulan sangat kuat karena posisi

bumi kurang lebih berada dalam satu garis lurus dengan bulan dan matahari, sehingga gaya gravitasi bulan diperkuat oleh gaya gravitasi matahari terhadap bumi. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa berbanding terbalik dengan gaya gravitasi bulan, semakin kuat gaya gravitasi bulan maka semakin rendah konsentrasi ekdisteroid hemolimfa keping.

Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa keping bakau memperlihatkan dinamika selama pemeliharaan pada delapan fase bulan atau selama dua siklus bulan. Pengamatan mulai dilakukan pada fase bulan gelap, bulan $\frac{1}{4}$ I, bulan separuh I, bulan $\frac{3}{4}$ I, bulan purnama, bulan $\frac{3}{4}$ II, bulan separuh II, dan terakhir pada bulan $\frac{1}{4}$ II. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pada siklus bulan pertama menunjukkan konsentrasi ekdisteroid rendah pada bulan gelap, mulai meningkat pada bulan $\frac{3}{4}$ I, mencapai konsentrasi maksimum pada bulan separuh I, selanjutnya konsentrasi menurun tajam pada bulan $\frac{3}{4}$ I, dan konsentrasi terendah pada bulan purnama. Selanjutnya pada siklus bulan kedua, pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa keping sama dengan siklus pertama. Konsentrasi rendah pada fase bulan purnama, mulai meningkat pada bulan $\frac{3}{4}$ II, mencapai konsentrasi maksimum pada bulan separuh II, menurun tajam pada bulan $\frac{1}{4}$ II dan kembali konsentrasi ekdisteroid rendah pada bulan gelap.

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa konsentrasi ekdisteroid hemolimfa keping bakau rendah pada fase bulan gelap dan purnama. Rendahnya konsentrasi ekdisteroid tersebut diduga dipengaruhi oleh kekuatan gaya gravitasi bulan. Sebaliknya konsentrasi ekdisteroid tinggi ditemukan pada fase bulan separuh I pada siklus bulan pertama dan fase bulan separuh II pada siklus bulan kedua. Konsentrasi ekdisteroid tinggi terjadi ketika gaya gravitasi bulan sangat lemah. Dengan demikian hubungan antara konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dengan fase bulan adalah berbanding terbalik. Hal tersebut membuktikan bahwa konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dipengaruhi oleh siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan.

Gaya gravitasi bulan diduga menjadi isyarat pada keping untuk mengatur produksi ekdisteroidnya. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Zimecki (2006), bahwa siklus bulan memiliki pengaruh terhadap

perubahan hormonal pada invertebrata tingkat rendah. Pelepasan neurohormon diduga dipicu oleh radiasi elektromagnetik dan atau tarikan gaya gravitasi dari bulan. Hal yang sama dikemukakan oleh Takemura *et al.* (2004) bahwa siklus bulan berpengaruh terhadap pertumbuhan, aktivitas makan, migrasi, tingkahlaku beberapa ikan karang. Siklus bulan mempengaruhi sekresi Gonadotropin Hormone (GtH) oleh hipofisa pada ikan baronang (*iganidae*). Isyarat siklus bulan diduga dapat dikenali oleh bagian-bagian hipofisis-hipotalamus ikan baronang.

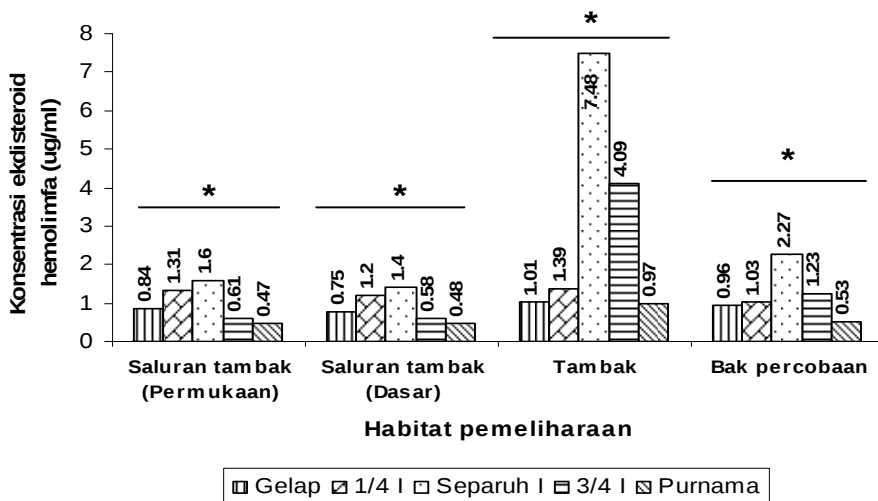
Hasil ini diperkuat dengan melihat pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting yang dipelihara pada habitat saluran tambak (permukaan dan dasar), tambak dan bak percobaan menunjukkan pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa yang sama. Kepiting yang dipelihara di bak percobaan tidak dipengaruhi oleh pasang surut dan cahaya bulan. Jadi diduga kuat bahwa pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau dipengaruhi oleh siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan dibandingkan pasang surut dan intensitas cahaya bulan. Dugaan ini diperkuat oleh hasil penelitian Reaka (1976), bahwa ada tiga jenis krustase yang berasal dari wilayah yang berbeda dipelihara di lokasi yang sama (kondisi laboratorium). Ketiga jenis krustase tersebut yaitu (*Gonodactylus zcae*) dari teluk California, molting terjadi selama pasang perbani atau transisi dari pasang purnama ke pasang perbani; krustase (*G. falcatus*) dari Hawaii, molting selama pasang purnama atau transisi dari pasang perbani ke pasang purnama; krustase (*Haptosquilla glyptocercus*) dari Eniwetok, molting selama pasang perbani. Ketiga jenis krustase tersebut molting terjadi pada peristiwa pasang surut walaupun dipelihara pada kondisi laboratorium, sehingga dikemukakan bahwa molting dikontrol oleh fase bulan dari pada pasang surut.

Namun hasil penelitian Zeng *et al.* (1999) pada kepiting (*Carcinus maenans*) yang dipelihara pada kondisi konstan (laboratorium) menunjukkan bahwa pola molting pada kepiting dipengaruhi oleh fenomena pasang surut, jumlah kepiting yang molting meningkat pada saat amplitudo pasang surut meningkat *spring tide*, sebaliknya jumlah

menurun ketika amplitudo pasang surut menurun *neap tide*. Selain molting, pelepasan telur (pemijahan) dan pelepasan larva *S. quadratum* mengikuti irama siklus bulan, puncak pelepasan (89%) terjadi pada ± 3 hari di bulan purnama atau bulan baru.

3.3.2 Konsentrasi Ekdisteroid Berdasarkan Habitat Pemeliharaan

Pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa cenderung sama pada dua siklus bulan, maka analisis pengaruh habitat pemeliharaan terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dilakukan pada satu siklus bulan (lima fase bulan). Kelima fase bulan tersebut yaitu fase bulan gelap, bulan $\frac{1}{4}$ I, bulan separuh I, bulan $\frac{3}{4}$ I dan bulan purnama. Hasil analisis menunjukkan bahwa habitat pemeliharaan kepiting secara signifikan ($p < 0.05$) berpengaruh terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pada masing-masing habitat pemeliharaan menunjukkan perbedaan. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa cenderung lebih tinggi setiap fase bulan pada habitat pemeliharaan di tambak dibanding habitat pemeliharaan di saluran tambak (permukaan dan dasar) maupun pada bak percobaan (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Berdasarkan Habitat Pemeliharaan. Tanda * Berbeda Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan untuk Perbandingan Antara Fase Bulan pada Setiap Habitat Pemeliharaan Kepiting

Habitat pemeliharaan kepiting bakau pada saluran tambak (permukaan dan dasar), tambak dan bak percobaan merupakan representasi dari pengaruh siklus bulan (Tabel 3.1). Pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting sama pada keempat habitat pemeliharaan. Namun pada pemeliharaan di tambak menunjukkan konsentrasi ekdisteroid lebih tinggi dibandingkan habitat saluran tambak (permukaan dan dasar) dan bak percobaan (Gambar 3.5). Kondisi kualitas air yang berbeda pada masing-masing habitat diduga menjadi penyebab perbedaan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tersebut.

Siklus bulan berpengaruh terhadap pasang surut, mekanisme pasang surut berpengaruh langsung terhadap kepiting yang dipelihara di saluran tambak (permukaan dan dasar). Sebagai hewan yang hidup di wilayah pasang surut, maka kepiting mempunyai kemampuan mentolerir perubahan salinitas dan suhu. Kepiting bakau memungkinkan untuk bertahan hidup di air tawar dan kondisi *hypersaline* untuk waktu yang lama. Sementara kemampuan untuk bernapas udara memungkinkan efektif bertahan pada saat air surut dan meninggalkan air yang memiliki tingkat oksigen yang rendah. Dalam menanggapi perubahan faktor lingkungan tersebut, kepiting memodifikasi metabolisme mereka dengan cara pengaturan pernapasan dan ekskresi dalam upaya untuk mempertahankan homeostasis (Shelley dan Lovatelli, 2011).

Pada penelitian ini kepiting disimpan dalam keranjang plastik *crab box* sehingga tidak mampu bergerak bebas untuk menghindari diri dari perubahan lingkungan yang ekstrim pada saat surut. Kepiting yang dipelihara di saluran tambak (permukaan dan dasar) pada saat surut ketinggian air sangat rendah (± 10 cm), kondisi tersebut menyebabkan suhu dan salinitas tinggi. Akibat pengaruh lingkungan yang ekstrim tersebut diduga menyebabkan peningkatan pengeluaran energi untuk mempertahankan homeostasis. Di sisi lain, produksi ekdisteroid juga membutuhkan cadangan nutrisi dan energi yang memadai.

Faktor lingkungan seperti salinitas, suhu dan musim memainkan peran penting dalam mengatur fisiologi krustase, termasuk perilaku

molting (Mazurová *et al.*, 2008). Kepiting yang dipelihara secara tiba-tiba pada salinitas yang lebih rendah, maka persentase *Methil Farnesoate* (MF) dalam hemolimfa meningkat menjadi hampir 100% (Nagaraju & Borst, 2008). Selanjutnya menurut Lovett *et al.* (2001), kepiting hijau yang hidup pada penurunan salinitas 5 ppt, tingkat MF di hemolimfa meningkat hingga 5-10 kali lebih besar daripada kepiting yang hidup pada kondisi isoosmotik. Apabila terjadi penurunan salinitas, diikuti dengan naiknya suhu dan oksigen yang rendah (0,25 ppm) secara signifikan terjadi peningkatan MF di hemolimfa kepiting *Carsinus maenas* (Lovett *et al.*, 1997). Fenomena ini diduga terjadi pada kepiting bakau yang dipelihara di saluran tambak (permukaan dan dasar). Perubahan suhu, salinitas dan oksigen menyebabkan peningkatan hormon tertentu yang diduga menjadi penghambat produksi ekdisteroid hemolimfa.

Demikian pula kepiting yang dipelihara di bak percobaan, konsentrasi amoniak dan nitrit tinggi sehingga diduga menjadi penyebab rendahnya ekdisteroid hemolimfa. Amoniak adalah produk ekskresi utama hewan air. Kepiting mengeluarkan 60-70% nitrogen sebagai amoniak melalui insang dan sisanya terdiri dari asam amoniak, urea dan asam urat (Chen & Kou, 1996). Jika kadar amoniak dalam air meningkat maka ekskresi amoniak berkurang, akibatnya tingkat amoniak dalam darah dan jaringan meningkat. Hal tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan rendah bahkan kematian (Cavalli *et al.* 2000). Hemolimfa krustase bertindak tidak hanya sebagai media transportasi nutrisi, gas dan bahan kimia, tetapi juga menjadi sumber air, cadangan organik dan anorganik yang dapat digunakan untuk pertumbuhan, reproduksi, dan memainkan peran penting dalam homeostasis (Passano, 1960; Parapurath, 1999).

Fluktuasi suhu yang tinggi dan berada di luar kisaran optimal pada habitat saluran tambak, amoniak dan nitrit pada habitat bak percobaan diduga menjadi penyebab rendahnya konsentrasi ekdisteroid kepiting. Faktor tersebut diduga memicu terjadinya stres. Apabila terjadi stres pada organisme krustase termasuk kepiting maka akan mengaktifkan neuron serotonergik tangkai mata yang merangsang kompleks sel-sel

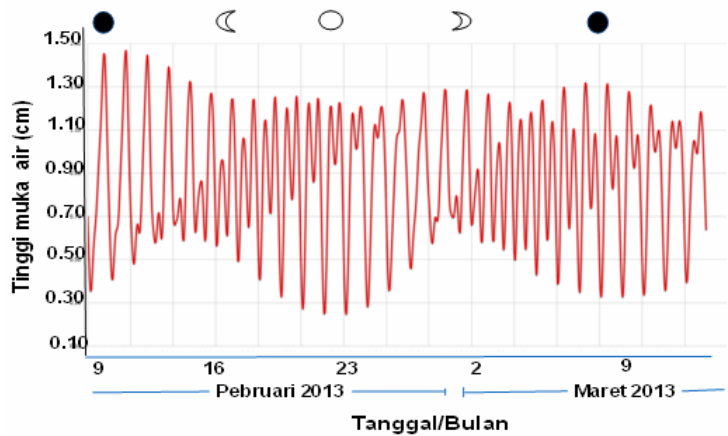
neurosekretori organ-X atau kelenjar sinus (*Sinus Gland/SG*) untuk melepaskan *Molt Inhibiting Hormone* (MIH). MIH dalam hemolimfa berikatan dengan permukaan reseptor sel organ-Y yang menyebabkan adenilat siklase (AC) aktif dan mengubah ATP menjadi cAMP (siklik AMP). Produksi hormon ecdison dari kolestrol akan ditekan oleh cAMP sehingga ecdisteroid hemolimfa akan menurun (Mattson dan Spaziani, 1985).

Menurut Syama (2009) interaksi antara faktor eksternal dan internal menyebabkan produksi hormonal kepiting berbeda pada habitat tertentu. Produksi hormonal kepiting dapat berbeda sebagai respons terhadap pengaruh lingkungan tertentu. Seperti pada kepiting *Paratelphusa hydrdromous* melakukan modifikasi musim berkembangbiak sebagai respons terhadap kendala lingkungan (Hines, 1982; Anilkumar & Adiyodi, 1983).

3.3.3 Kondisi Lingkungan pada Saat Pemeliharaan

Parameter lingkungan yang diukur adalah kondisi pasang surut Perairan Kabupaten Barru (Gambar 3.6), intensitas cahaya bulan dan ketinggian pasang surut pada habitat saluran tambak (permukaan dan dasar), dan tambak (Tabel 3.2), sedangkan parameter kualitas air yaitu: suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit pada masing-masing habitat pemeliharaan (Tabel 3.3). Hasil pengukuran kualitas air tersebut meliputi nilai kisaran, rata-rata harian dan nilai optimal kualitas air bagi kehidupan kepiting bakau berdasarkan hasil kajian literatur.

Pengaruh gaya gravitasi bulan yang kuat pada fase bulan gelap dan bulan purnama terlihat pada perbedaan ketinggian muka air pada saat pasang dan pada saat surut (amplitudo). Amplitudo tertinggi terjadi ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat dan sebaliknya amplitudo terendah terjadi ketika gaya gravitasi bulan paling lemah yaitu fase bulan separuh I dan separuh II (Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Perbedaan Ketinggian Muka Air pada Saat Pasang dan Surut Berdasarkan Fase Bulan Gelap, Bulan Separuh dan Bulan Purnama. Kondisi Pasang Surut di Perairan Kabupaten Barru

Tabel 3.2 Intensitas Cahaya Bulan, Ketinggian Air Saat Pasang dan Surut Berdasarkan Habitat Pemeliharaan Kepiting pada Berbagai Fase Bulan

Fase Bulan	Saluran tambak (permukaan dan dasar) dan Tambak	Saluran tambak (permukaan & dasar)		Tambak	
	Intensitas cahaya bulan (lux)	Ketinggian air pasang (cm)	Ketinggian air surut (cm)	Ketinggian air pasang (cm)	Ketinggian air surut (cm)
Gelap	0±0,0	120±3,0	12±1,5	70±3,0	50±3,0
¼ I	0,25±0,05	100±1,5	17±2,0	60±1,5	50±1,5
Separuh I	1,8±0,10	101±2,1	19±4,0	61±2,1	51±2,1
¾ I	2,5±0,26	99±1,0	17±2,1	59±1,0	49±1,0
Purnama	2,6±0,10	124±5,3	12±2,5	71±1,2	52±2,5
¾ II	2,3±0,10	99±1,0	16±1,7	61±1,2	51±1,1
Separuh II	1,1±0,15	100±1,0	16±2,3	59±1,0	49±1,0
¼ II	0,4±0,10	100±0,6	16±3,2	60±0,6	50±0,6

Parameter kualitas air menunjukkan bahwa habitat pemeliharaan yang berbeda nampak pula perbedaan nilai kisaran dan rata-ran harian setiap parameter. Perbedaan kisaran parameter kualitas air tersebut menjadi informasi mengapa konsentrasi ecdisteroid hemolimfa kepiting bakau mengalami variasi antara habitat pemeliharaan. Pada habitat saluran

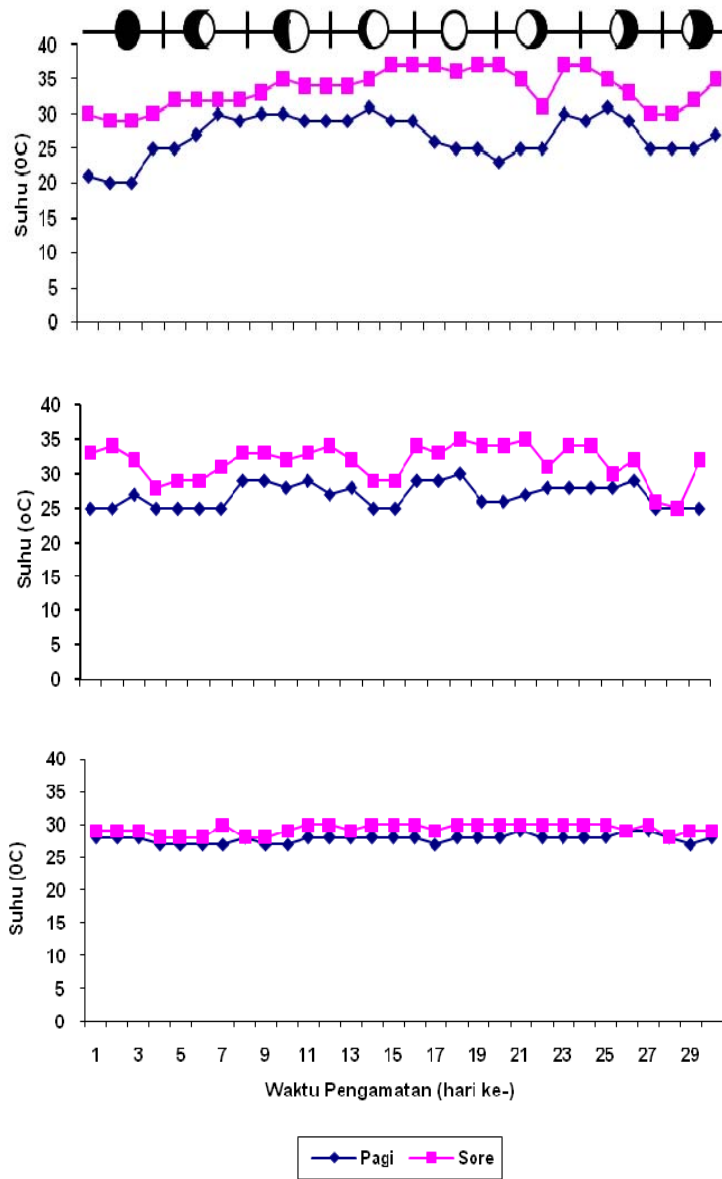
tambak, (permukaan an dasar), suhu dan salinitas merupakan parameter yang fluktuasinya lebih besar dibandingkan pada habitat tambak (Gambar 3.7 dan 3.8). Habitat saluran tambak (permukaa dan dasar) dipengaruhi oleh pasang surut secara langsung sehingga fluktuasi ketinggian air sangat besar (Tabel 3.2). Hal tersebut menyebabkan terjadinya perubahan suhu yang ekstrim, sedangkan fluktuasi salinitas disebabkan karena pengaruh hujan dan penguapan yang tinggi.

Pada pemeliharaan di bak percobaan, parameter amoniak dan nitrit yang mengalami fluktuasi yang ekstrim dan berada diluar kisaran optimal (Gambar 3.10 dan 3.11). Tingginya konsentrasi amoniak dan nitrit pada bak percobaan disebabkan karena sisa pakan yang tidak terkonsumsi dan dari feses kepiting. Pakan yang tidak terkonsumsi akan mengalami proses penguraian dan menghasilkan amoniak dan nitrit. Pemberian pakan ikan rucah basah sangat mudah mengalami pembusukan ketika tidak terkonsumsi oleh kepiting. Kondisi tersebut merupakan penyebab kualitas air khususnya amoniak dan nitrit konsentrasnya tinggi pada media pemeliharaan.

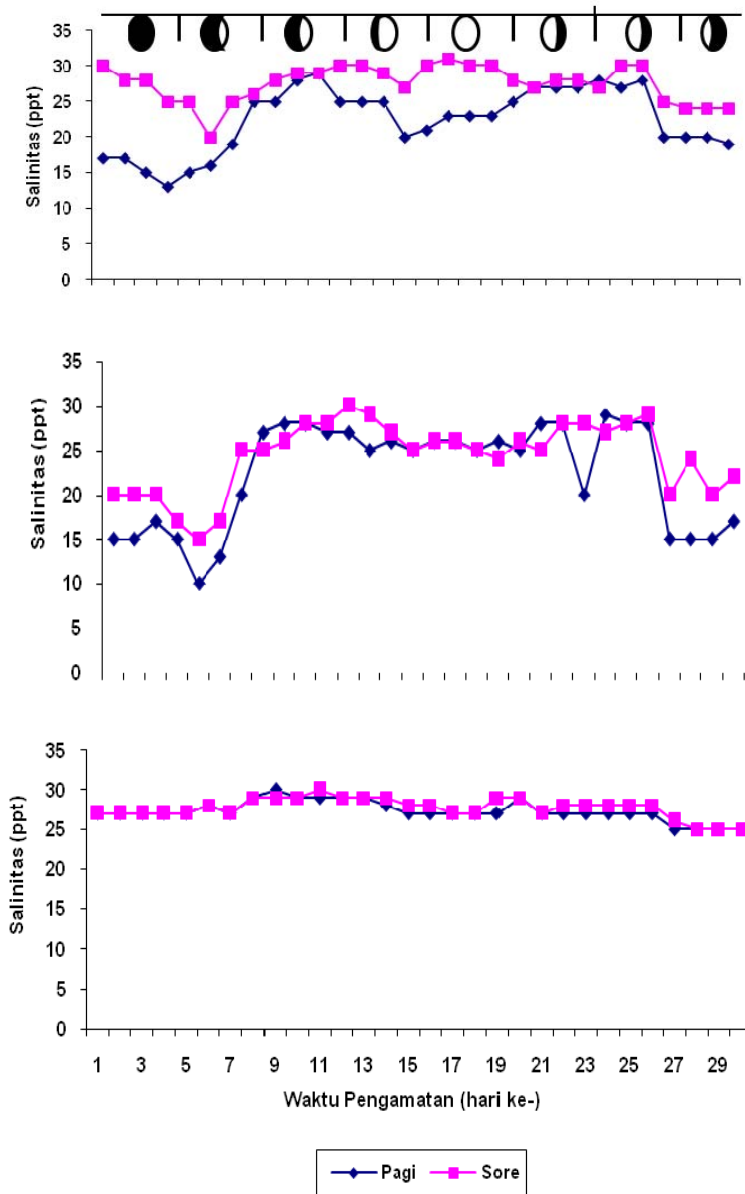
Tabel 3.3 Nilai Kisaran, Rataan Harian, Nilai Optimal Kualitas Air Masing-masing Habitat Pemeliharaan Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Parameter Kualitas Air	Habitat Pemeliharaan			Nilai Optimal
	Saluran tambak (permukaan dan dasar)	Tambak	Bak Percobaan	
Suhu (°C)	20-37 (29,22±3,88)	25-35 (29,07±2,47)	27-30 (28,77±0,69)	25-35°C ¹
pH	7-8	7-8	7-8	6,8-8,2 ²
Salinitas (ppt)	5-30 (23,65±5,77)	10-30 (23,32±4,98)	25-29 (27,49±1,31)	25 ppt ³
Oksigen terlarut (ppm)	3,0-9,0 (6,19±1,0)	2,5-8,0 (5,74±0,92)	4,5-10,0 (6,45±0,92)	>5 ppm ⁴
Amoniak (ppm)	0,01-0,050 (0,0284±0,014)	0,05-0,11 (0,075±0,022)	0,09-0,21 (0,147±0,041)	<0,1 ⁵
Nitrit (ppm)	0,01-0,259 (0,076±0,064)	0,34-1,23 (0,575±0,284)	0,39-1,54 (0,851±0,349)	00-1,0 ⁶

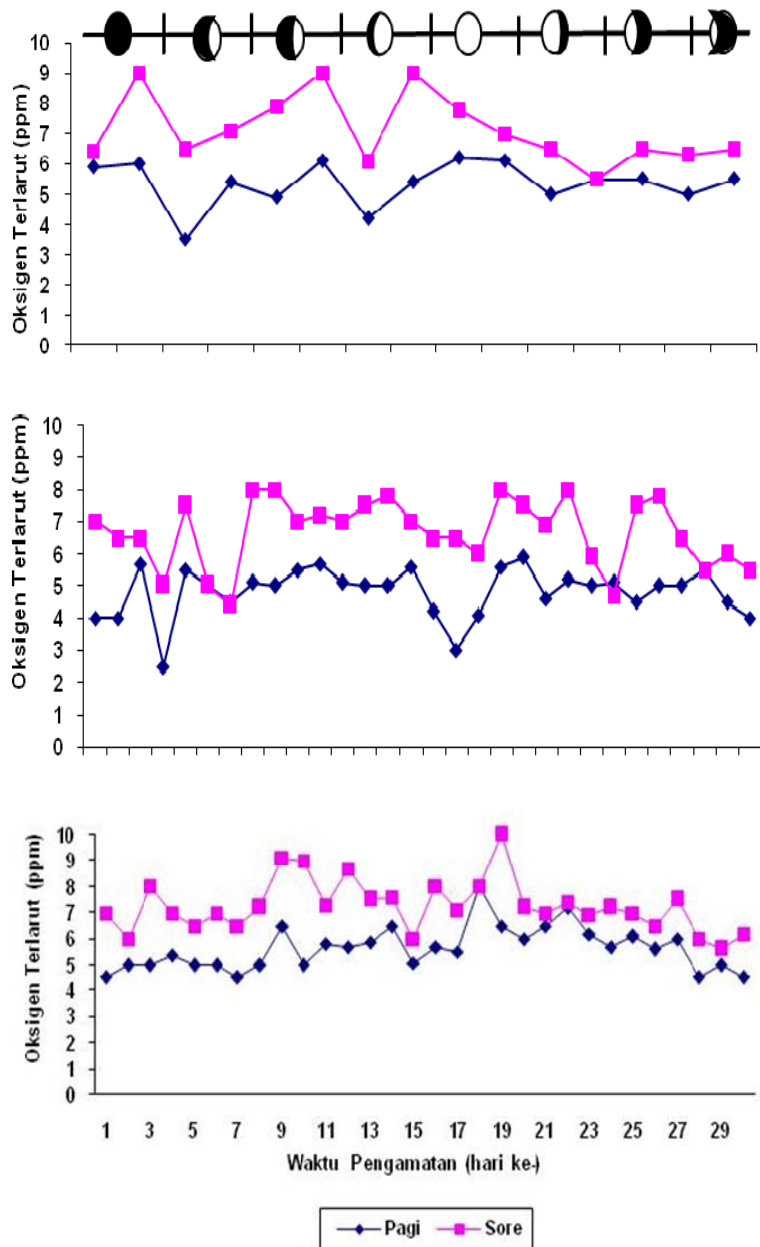
Ket : ^{1,2,3,5} Fujaya *et al* (2012), ³ Karim (2008a), ^{4,6} Wedemeyer dan Mcleay (1981), ^{5,6} Gaude dan Anderson (2011), ⁶Turano (2007).



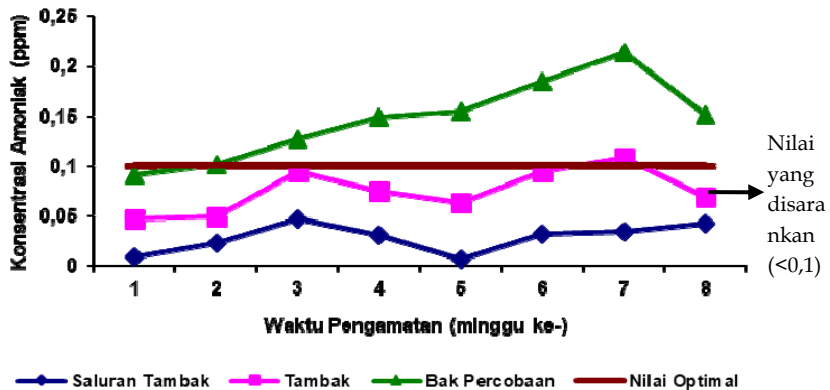
Gambar 3.7 Sebaran Suhu ($^{\circ}\text{C}$) pada Pagi dan Sore Hari Selama Penelitian (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan



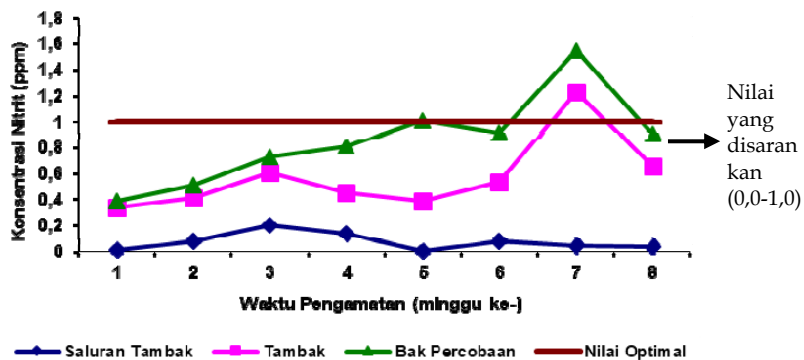
Gambar 3.8 Sebaran Salinitas (ppt) pada Pagi dan Sore Hari Selama Penelitian
 (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan



Gambar 3.9 Sebaran Oksigen Terlarut (ppm) pada Pagi dan sore Hari Selama Penelitian (a) Habitat Saluran Tambak (Permukaan dan Dasar), (b) Habitat Tambak, (c) Bak Percobaan

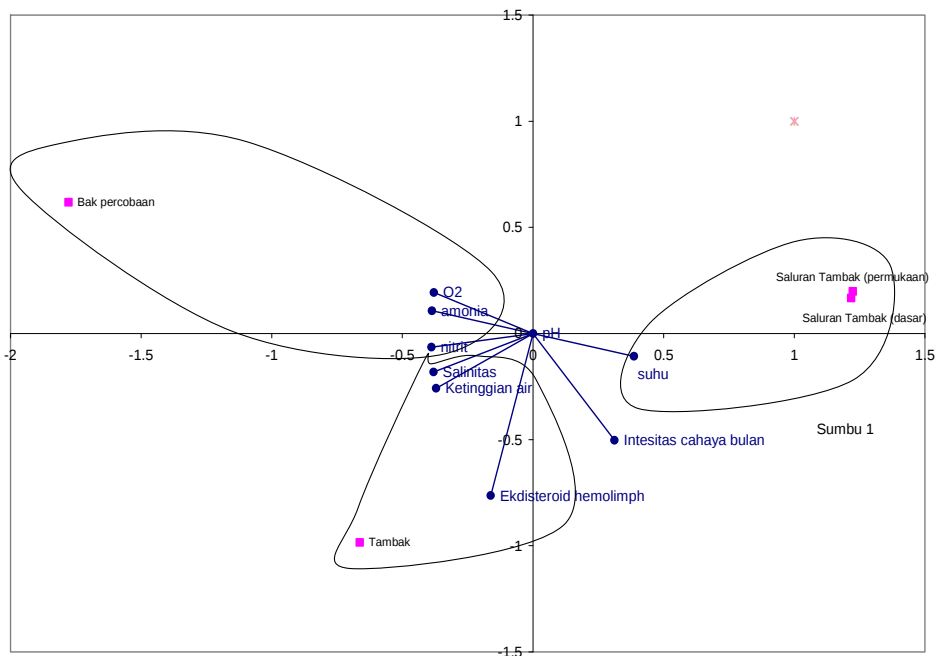


Gambar 3.10 Sebaran Amoniak (ppm) Selama Penelitian



Gambar 3.11 Sebaran Nitrit (ppm) Selama Penelitian

Untuk melihat sejauh mana parameter kualitas air tersebut diatas menjadi faktor penguat dalam menentukan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau maka dilakukan analisis komponen utama berdasarkan matriks korelasi antara faktor kualitas air (sebagai peubah: kolom) dan konsetrasi ekdisteroid (sebagai individu statistik: baris) yang terpusat pada komponen utama (sumbu utama) (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Keterkaitan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa dan Parameter Kualitas Air

Hasil analisis komponen utama menunjukkan bahwa sebaran pengamatan membentuk tiga kelompok besar, yaitu (1) kelompok ekdisteroid tinggi pada habitat tambak (kuadran 3), dicirikan oleh ketinggian air yang konstan sehingga fluktuasi suhu dan salinitas tidak terlalu besar; (2) kelompok ekdisteroid sedang pada habitat bak percobaan (kuadran 2 dan 3), dicirikan oleh oksigen yang lebih tinggi, tetapi amoniak dan nitrit juga tinggi, tidak terjadi fluktuasi suhu dan salinitas yang tinggi; (3) kelompok ekdisteroid rendah pada habitat saluran tambak (kuadran 1 dan 4), dicirikan oleh fluktuasi suhu yang tinggi karena pengaruh pasang dan surut. Kualitas informasi yang disajikan menjelaskan 99.9 % keterkaitan antara konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dengan parameter kualitas air.

3.3.4 Keterkaitan antara Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa dengan Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air menjadi faktor eksternal yang sangat menentukan produksi hormon molting (ekdisteroid) krustase. Hal tersebut dipertegas oleh beberapa peneliti yaitu Fingerman (1987); Mazurová *et al.* (2008); Spanings *et al.* (2000), bahwa parameter kualitas air seperti salinitas, suhu dan musim memainkan peran penting dalam mengatur fisiologi krustase, termasuk reproduksi, perilaku, molting, morfogenesis dan aktivitas makan.

Suhu merupakan faktor fisika yang penting, setiap perubahan suhu cenderung untuk mempengaruhi banyak proses kimiawi yang terjadi secara bersamaan pada jaringan sehingga mempengaruhi biota secara keseluruhan. Suhu yang melewati ambang batas toleransi biota akan berpengaruh negatif secara langsung bagi proses metabolisme dan secara tidak langsung akan mempengaruhi kualitas air. Interaksi antara salinitas dan suhu yang tinggi menyebabkan kelarutan bahan-bahan toksik meningkat. Suhu berpengaruh terhadap kinerja fisiologis, hormon dan enzim yang disekresikan oleh organisme air. Untuk mencerna pakan menjadi energi dibutuhkan banyak enzim. Enzim akan bekerja optimal apabila suhu optimumnya tercapai. Kebutuhan suhu optimum enzim berbeda untuk tiap organisme.

Salinitas merupakan salah satu faktor eksternal abiotik yang berpengaruh cukup penting terhadap kehidupan biota perairan termasuk kepiting. Salinitas media akan berpengaruh terhadap pengaturan ion-ion guna mempertahankan lingkungan internalnya. Kondisi salinitas yang berada pada kisaran optimal kepiting pada media tambak menyebabkan tingkat kerja osmotiknya lebih kecil, sehingga pembelanjaan energi untuk osmoregulasi juga lebih rendah sehingga energi untuk aktivitas fisiologis yang lain termasuk sintesis ekdisteroid terpenuhi. Sebaliknya pada pemeliharaan kepiting di saluran tambak (permukaan dan dasar) selain suhu, salinitas mengalami fluktuasi di luar kondisi optimalnya sehingga kerja osmotik ekstra untuk mempertahankan osmotik internalnya. Hal tersebut menyebabkan pembelanjaan energi untuk osmoregulasi lebih tinggi sehingga mengurangi porsi untuk aktivitas yang lain (Karim, 2007).

Glukosa hemolimfa berperan sebagai salah satu sumber energi metabolik untuk keperluan osmoregulasi. Pengaturan glukosa merupakan mekanisme fisiologis penting yang dipengaruhi oleh variasi lingkungan.

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang rendah adalah salah satu ancaman lingkungan paling penting pada ekosistem pesisir dewasa ini. Frekuensi, durasi, dan luasnya hipoksia ($DO > 2.0$ ppm) telah meningkat di seluruh dunia lebih dari beberapa dekade terakhir (Wu, 2002). Kepiting biru (*Calinectes sapidus*) adalah salah satu hewan pesisir yang menunjukkan berbagai respon perilaku dan fisiologis terhadap kondisi hipoksia (Taylor & Eggleston, 2000). Kepiting biru yang hidup pada wilayah hipoksia, memiliki struktur hemosianin dengan afinitas tinggi untuk mengikat O_2 dan perilaku kurang aktif, dibandingkan kepiting yang sama pada kondisi oksigen cukup. Bahkan menurut deFur *et al.* (1990), kondisi hipoksia menyebabkan peningkatan konsentrasi hemosianin (Hcy) pada kepiting biru (*C. sapidus*). Selanjutnya menurut Wedemeyer (1996), dampak negatif dari kekurangan oksigen adalah stres, anoreksia, hipoksia pada jaringan, ketidaksadaran, mudah terserang penyakit dan parasit bahkan dapat menyebabkan kematian secara mendadak dan massal.

Amoniak dan nitrit merupakan parameter yang menentukan rendahnya ekdisteroid hemolimfa kepiting pada pemeliharaan di bak percobaan. Amoniak adalah suatu bentuk dari nitrogen. Tidak semua bentuk amoniak bersifat toksik pada kepiting. Ada dua bentuk amoniak adalah yang tidak terionisasi (NH_3) dan terionisasi (NH_4^+). NH_3 dalam bentuk tidak terionisasi, adalah toksik terhadap kepiting pada konsentrasi rendah. Sumber utama amoniak pada bak percobaan berasal dari feces dan sisa pakan. Sisa pakan akan terakumulasi dan mengalami perombakan oleh bakteri.

Amoniak memiliki kelarutan yang tinggi dan mudah menyebar di membran sel (Emerson *et al.*, 1975). Apabila konsentrasi amoniak dalam air meningkat, maka ekskresi amoniak akan berkurang sehingga tingkat amoniak dalam darah dan jaringan lainnya meningkat (Colt dan

Armstrong, 1981). Akibatnya adalah stabilitas membran dan reaksi enzim-katalis menurun, meningkatnya pH hemolimfa, transportasi oksigen menurun, laju konsumsi oksigen meningkat (Chen *et al.*, 1991), kepiting kehilangan keseimbangan, kejang bahkan dapat menyebabkan kematian (Maltby, 1995).

Kondisi kualitas air yang fluktuatif dan berada pada kisaran di luar kondisi optimal bagi kehidupan kepiting akan menyebabkan biaya fisiologis yang besar untuk mempertahankan kondisi homeostasis. Hal ini berakibat pada pengurangan energi untuk aktivitas fisiologis yang lain termasuk sintesis ekdisteroid. Kepiting membutuhkan kisaran kualitas air yang sempit untuk kegiatan pertumbuhan dan reproduksi, dibandingkan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Faktor kualitas air tersebut menjadi isyarat tambahan (faktor penguat) terhadap sintesis ekdisteroid yang lebih tinggi.

3.4 Kesimpulan

Dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dipengaruhi oleh siklus bulan. Siklus bulan secara langsung melalui gaya gravitasi bulan diduga kuat sebagai isyarat kunci *ultimate factor* terhadap pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Konsentrasi ekdisteroid meningkat pada saat gaya gravitasi bulan paling lemah dan sebaliknya konsentrasi ekdisteroid menurun pada saat gaya gravitasi bulan sangat kuat.

Parameter kualitas air menjadi isyarat tambahan (faktor penguat) terhadap sintesis ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau. Perubahan parameter kualitas air yang ekstrim seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit di atas batas optimal pada habitat pemeliharaan menjadi isyarat rendahnya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau.

Bab 4

Pengaruh Hormon Molting 20-Hydroxyecdysone (20-H₂O) Terhadap Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa dan Aktivitas Molting Kepiting Bakau (*Squilla* Herbst, 1796)

4.1 Pendahuluan

Hasil penelitian tentang pengaruh siklus bulan terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau memperlihatkan bahwa siklus bulan secara langsung melalui gaya gravitasi bulan berpengaruh terhadap pola dinamika ekdisteroid hemolimfa. Konsentrasi ekdisteroid tertinggi terjadi pada saat gaya gravitasi bulan sangat lemah yaitu pada fase bulan separuh I dan separuh II, dan konsentrasi ekdisteroid terendah pada saat gaya gravitasi bulan sangat kuat yaitu fase bulan gelap dan purnama. Dinamika ekdisteroid hemolimfa tersebut diduga menjadi penyebab terjadinya fluktuasi molting kepiting. Fluktuasi molting pada budidaya kepiting cangkang lunak menyebabkan terjadinya diskontinuitas produksi.

Molting pada kepiting dikontrol oleh hormon molting (ekdisteroid). Ekdisteroid disintesis pada organ Y dalam bentuk ecdison dilepaskan ke hemolimfa dan dikonversi menjadi 20-H₂O aktif oleh jaringan perifer (Chang & O'Connor, 1977). Kolesterol adalah prekursor utama untuk biosintesis hormon molting pada organ Y (Imayavaramban *et al.*, 2007). Kolesterol tidak dapat disintesis oleh kepiting sehingga harus disuplai dari makanan (Spaziani *et al.*, 1989).

Untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa ketika rendah pada saat gaya gravitasi bulan sangat kuat maka dilakukan upaya penambahan hormon molting eksogen 20-HE. Peningkatan ekdisteroid hemolimfa diharapkan pula dapat meningkatkan aktivitas molting kepiting. Menurut Carlisle (1957), penambahan hormon molting eksogen telah terbukti mengurangi durasi intermolting pada kepiting pantai (*Carcinus maenas*) melalui injeksi secara berulang ekstrak organ Y belalang chitocerca.

Efektivitas hormon molting eksogen untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau sangat terkait dengan dosis hormon yang diberikan. Hormon adalah sinyal kimia, biasanya diproduksi dalam jumlah yang sangat sedikit tetapi dapat menyebabkan perubahan besar dalam sel target. Efeknya dapat menstimulir atau menghambat (Meyer, 2007). Oleh karena itu pemberian yang tidak tepat dosis dapat menyebabkan efek menghambat atau dapat menimbulkan kondisi abnormal.

Pada bab ini dijelaskan bagaimana pengaruh penambahan hormon molting eksogen 20-HE terhadap : (1) peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa, (2) aktivitas molting meliputi persentase molting, kecepatan waktu molting, pertumbuhan dan kelangsungan hidup kepiting bakau. Hasil kajian ini akan membuktikan hipotesis bahwa penambahan hormon molting eksogen 20-HE akan meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau ketika rendah pada fase bulan tertentu, serta (3) dosis hormon molting eksogen 20-HE yang optimal.

4.2 Prosedur Pengamatan

Kepiting yang sudah diadaptasi pada lingkungan pengamatan diberikan hormon 20- hydroxyecdysone (20-HE) (SIGMA®). Sebelum diberikan terlebih dahulu hormon 20-HE dilarutkan dalam etanol 70% untuk larutan stok (5 mg/ml). Konsentrasi 20-HE yang digunakan untuk injeksi dihitung berdasarkan pada konsentrasi ekdisteroid tertinggi dikurangi dengan

konsentrasi ecdisteroid terendah dikali dengan perkiraan volume hemolimfa menurut Gleeson dan Zubkof (1977), yaitu tanpa pemberian hormon (perlakuan A atau kontrol), 15%/ml (menjadi 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$, perlakuan B), 20 %/bb (menjadi 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$, perlakuan C), 25 %/bb (menjadi 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$, perlakuan D). Volume darah menjadi pertimbangan untuk mengetahui volume injeksi yang tepat, karena informasi volume hemolimfa kepiting bakau (*S. olivacea*) belum ada. Berat kepiting uji ± 50 g/ekor. Larutan 20-HE diinjeksikan pada pangkal kaki renang (pereopoda ke-5) menggunakan siringe volume 1 ml dengan jarum suntik ukuran 27-gauge (Gambar 4.1).



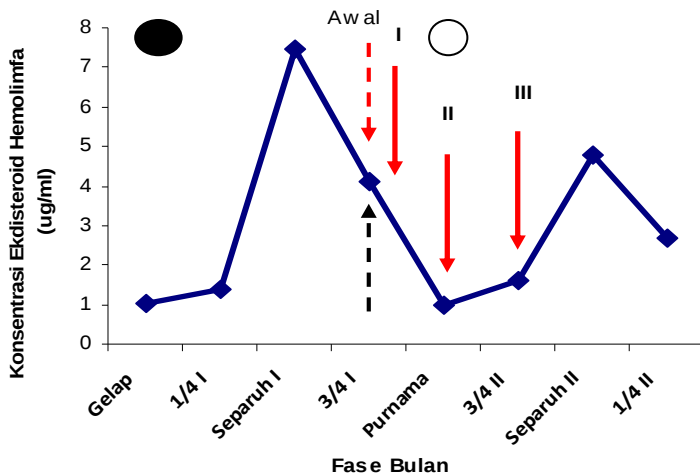
Sumber:.....

Gambar 4.1 Metode Injeksi Hormon Molting 20-HE pada Pangkal Kaki Renang (Pereopoda ke-5)

Waktu injeksi dan pengamatan ecdisteroid hemolimfa sebelum dan pasca injeksi hormon molting eksogen 20-HE pada kepiting bakau disajikan pada gambar 4.2.

Pengambilan dan pengamatan hemolimfa, pengambilan sampel ecdisteroid hemolimfa pasca injeksi dilakukan sebanyak tiga kali berdasarkan siklus bulan menurut penanggalan bulan Qomariah. Adapun waktu pengamatan tersebut adalah : (1) pengamatan I yaitu pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I, (2) pengamatan II yaitu fase bulan purnama, (3) pengamatan III

yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ II. Sedangkan prosedur pengambilan hemolimfa sebagai berikut : hemolimfa kepiting diambil dari pangkal kaki jalan kelima dengan menggunakan syringe 1-ml dengan jarum suntik berukuran 27-gauge. Hemolimfa sebanyak 1 ml disimpan dalam eppendoft dan dicampur dengan zat antikuagulan dengan perbandingan 1:1 (Fujaya dan Trijuno, 2007), selanjutnya sampel disimpan di lemari pendingin (freezer) dengan suhu -20°C , selanjutnya sampel siap untuk diekstraksi.



Gambar 4.2 Waktu Injeksi Hormon Molting Eksogen 20-HE dan Pengamatan Ekdisteroid Hemolimfa Pasca Injeksi. Waktu Injeksi (Panah Putus-putus Warna Hitam) Dilakukan pada Bulan $\frac{3}{4}$ I, waktu Pengamatan Ekdisteroid Hemolimfa (Panah Warna Merah) Pasca Injeksi. Pengamatan ekdisteroid Hemolimfa Pasca Dilakukan Sebanyak 3 Kali Yaitu Pengamatan I (Bulan $\frac{3}{4}$ I), Pengamatan II (Bulan Purnama), Pengamatan III (Bulan $\frac{3}{4}$ II)

Prosedur ekstraksi hemolimfa (Fujaya dan Trijuno, 2007) adalah: 1) 100 μl hemolimfa ditambahkan 3 ml dietil eter; 2) kocok menggunakan vortex selama 30 detik dan dibiarkan selama 2 menit. Lapisan bagian atas merupakan fase ether yang mengandung steroid; 3) residu yang tertinggal diekstraksi kembali sebanyak 3 kali kemudian dikumpulkan dan dikisatkan hingga kering pada suhu 40°C ; 4) sampel siap untuk uji konsentrasi ekdisteroid dengan UFLC.

Pada pengamatan ini menggunakan 4 dosis hormon molting yaitu:

- a. Dosis hormon molting 20-HE 0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ (kontrol)
- b. Dosis hormon molting 20-HE 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$
- c. Dosis hormon molting 20-HE 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$
- d. Dosis hormon molting 20-HE 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$.

Parameter yang diamati adalah:

1. Konsentrasi ecdisteroid hemolimfa pasca injeksi hormon molting 20-HE dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu : (1) pengamatan I yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ I; (2) pengamatan II yaitu fase bulan purnama; dan (3) pengamatan III yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ II.
2. Persentase Molting yaitu Jumlah keping molting dihitung berdasarkan jumlah keping yang molting dibagi jumlah keping yang dipelihara dikali 100 persen.
3. Lama Waktu Molting yaitu waktu atau durasi yang dibutuhkan setelah injeksi hormon molting eksogen 20-HE sampai terjadinya molting (ekdisis) pada keping bakau.
4. Pertumbuhan terdiri dari pertumbuhan bobot dan lebar karapas. Pertumbuhan bobot/lebar karapas mutlak dihitung dengan menggunakan bobot/lebar karapas akhir penelitian dikurangi dengan bobot/lebar karapas awal. Pertumbuhan bobot/lebar karapas relatif dihitung dengan menggunakan bobot/lebar karapas akhir penelitian dikurangi dengan bobot/lebar karapas akhir penelitian kemudian hasilnya dibagi dengan bobot/lebar karapas awal penelitian dikali 100 persen. Pertumbuhan Biomassa dihitung dengan menggunakan selisih antara bobot awal dan bobot akhir keping.
5. Tingkat Kelangsungan Hidup yaitu jumlah keping yang hidup pada akhir penelitian dibagi dengan jumlah keping awal penelitian dikali dengan 100 persen.
6. Kualitas air yang diukur adalah suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit. Suhu dan oksigen terlarut diukur dengan alat DO meter, pH dengan kertas pH, salinitas dengan refraktometer, amoniak dan nitrit dianalisis dengan alat spektrofotometer.

Perbandingan antara konsentrasi ekdisteroid hemolimfa sebelum injeksi (awal) dan pasca injeksi dilakukan dengan uji *t-student* (Sokal & Rohlf, 1969). Sedangkan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau meliputi: persentase molting, lama waktu molting, kecepatan pertumbuhan bobot dan panjang karapas mutlak dan relatif, pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup dianalisis ragam dan uji lanjut Duncan menurut Steel & Torrie (1993). Untuk mengetahui dosis optimal yang dapat menstimulir peningkatan produksi kepiting maka dilakukan analisis regresi polinomial. Parameter kualitas air dianalisis secara deskripsi kuantitatif digunakan untuk menjelaskan kelayakan kualitas media pemeliharaan bagi kehidupan kepiting bakau selama penelitian.

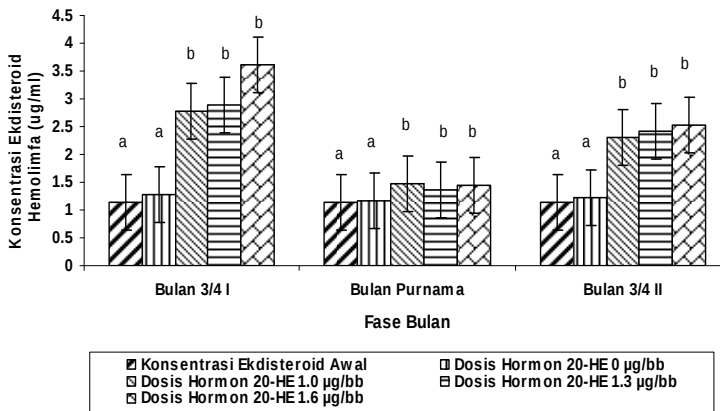
4.3 Hasil dan Pembahasan

4.3.1 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa Pasca Injeksi Hormon Molting Eksogen 20-HE

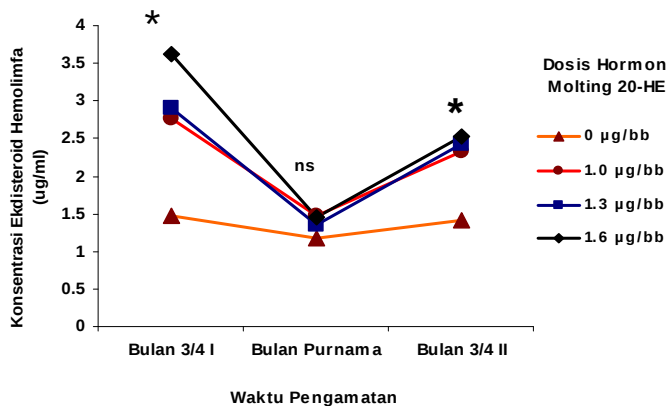
Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi hormon molting eksogen 20-HE. Hasil uji *t-student* menunjukkan bahwa rata-ran konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal ($1,15 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{bb}$) tidak berbeda ($p > 0,05$) dengan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dosis $0 \mu\text{g}/\text{bb}$ (tanpa pemberian hormon) pengamatan fase bulan $\frac{3}{4}$ I, bulan purnama maupun bulan $\frac{3}{4}$ II. Namun rata-ran konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal ($1,15 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{bb}$) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan rata-ran konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi dosis 1,0; 1,3; dan dosis $1,6 \mu\text{g}/\text{bb}$ pada ketiga fase bulan pengamatan (Gambar 4.3).

Semakin tinggi dosis hormon molting 20 HE yang diinjeksikan maka ada kecenderungan semakin meningkat pula konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Namun, pada perlakuan dosis $0 \mu\text{g}/\text{bb}$ atau tanpa penambahan hormon molting eksogen memperlihatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tidak mengalami peningkatan. Pasca injeksi, konsentrasi ekdisteroid hemolimfa berbeda berdasarkan fase bulan pengamatan. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa paling tinggi pada pengamatan I yaitu

fase bulan $\frac{3}{4}$ I, menurun pada pengamatan II fase bulan purnama dan meningkat kembali pada pengamatan III pada fase bulan $\frac{3}{4}$ II (Gambar 4.4). Dinamika peningkatan ecdisteroid tersebut diduga terkait dengan fase bulan dan waktu paruh hormon ecdisteroid.



Gambar 4.3 Perbandingan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Awal (Sebelum Injeksi) dan Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Huruf yang Berbeda di Atas Gambar Menunjukkan Perbedaan ($\alpha < 0,05$) Berdasarkan uji t-student



Gambar 4.4 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa ($\mu\text{g/ml}$) Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Berdasarkan Waktu Pengamatan Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Tanda * Berbeda Nyata ($\alpha < 0.05$), ^{ns} Tidak Berbeda Nyata ($\alpha > 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Respons kepiting bakau pasca injeksi hormon molting eksogen 20-HE terlihat pada peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Semakin tinggi dosis hormon molting eksogen 20-HE yang di injeksikan semakin tinggi konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi. Hal yang sama juga teramati pada udang galah yang diberikan ekstrak teripang (mengandung senyawa steroid jenis testosteron) metode perendaman berpengaruh terhadap kadar testosteron hemolimfa. Semakin tinggi dosis maka kadar testosteron hemolimfa juga semakin meningkat (Riani *et al.*, 2010).

Peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tertinggi yaitu pada pengamatan I yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ I, menyusul pengamatan III fase bulan $\frac{3}{4}$ II, dan terendah pada pengamatan II yaitu fase bulan purnama pasca injeksi. Dinamika peningkatan ekdisteroid tersebut diduga terkait dengan fase bulan dan waktu paruh biologis hormon ekdisteroid. Berdasarkan fase bulan, penambahan hormon molting eksogen 20-HE hanya mampu meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa ketika gaya gravitasi bulan lemah yaitu bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II. Namun peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa sangat rendah ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat yaitu pada bulan purnama. Dengan demikian efektivitas penambahan hormon molting eksogen dipengaruhi oleh fase bulan.

Jika dibandingkan peningkatan ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II, konsentrasi ekdisteroid fase bulan $\frac{3}{4}$ I lebih tinggi daripada bulan $\frac{3}{4}$ II. Perubahan konsentrasi ekdisteroid lebih tinggi pada pengamatan I yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ I pasca injeksi, diduga terkait dengan mekanisme kerja hormon metode injeksi. Hormon molting 20-HE akan menambah konsentrasi ekdisteroid endogen hemolimfa, sehingga konsentrasi ekdisteroid meningkat.

Sedangkan pada fase bulan purnama, penambahan hormon molting eksogen tidak berpengaruh terhadap peningkatan ekdisteroid hemolimfa. Ini diduga karena pada fase bulan tersebut sintesis hormon endogen sangat rendah karena terhambat pengaruh signal gravitasi bulan yang kuat, dan bahkan ekdisteroid eksogenpun secara cepat mengalami proses difusi pada organ pencernaan dan hepatopankreas. Menurut Fulierton (1980), ekdisteroid merupakan steroid yang mudah mengalami metabolisme

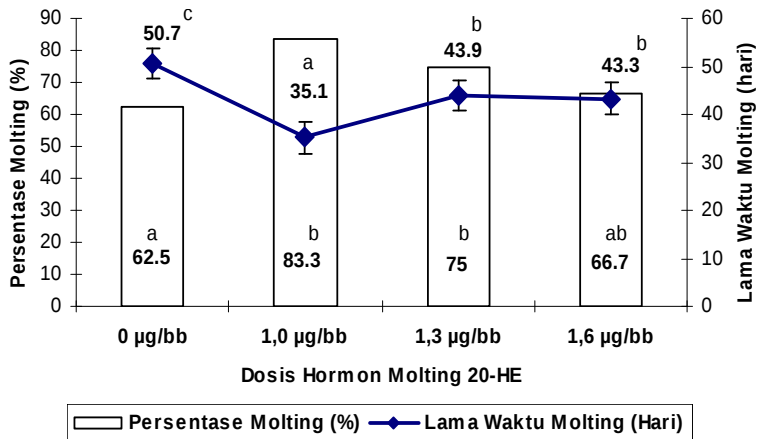
secara cepat dalam saluran cerna. Hal tersebut menyebabkan hormon yang masuk melalui saluran cerna sebagian terakumulasi dalam hepatopankreas untuk selanjutnya mengalami metabolisme dan sebagian diabsorpsi oleh usus sebelum dibawa menuju ke organ target.

Sedangkan pada fase bulan $\frac{3}{4}$ II konsentrasi ecdisteroid meningkat kembali diduga karena sintesis ecdisteroid pada organ Y mulai aktif kembali karena pengaruh gaya gravitasi bulan sudah mulai berkurang. Selain itu, pada fase bulan sebelumnya yaitu bulan purnama terjadi pasang tinggi dimana aktivitas makan kepiting sangat tinggi. Aktivitas makan yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penumpukan energi metabolisme sehingga pertumbuhan meningkat. Kondisi tersebut diduga direspon oleh kepiting untuk memproduksi ecdisteroid kembali untuk persiapan molting berikutnya.

4.3.2 Persentase Molting dan Lama Waktu Molting

Persentase molting dan lama waktu molting kepiting bakau pasca injeksi hormon molting 20-HE disajikan pada Gambar 4.5. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis hormon molting eksogen 20-HE secara signifikan ($p < 0.05$) berpengaruh terhadap persentase molting dan lama waktu molting. Persentase molting dan lama waktu molting dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ tidak berbeda dengan dosis 1,3 dan 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$ namun berbeda pada dosis 0 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Selanjutnya pada peubah lama waktu molting dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih cepat dan berbeda dengan dosis 0; 1,3 dan 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$.

Persentase molting tertinggi dan lama waktu molting tercepat diperlihatkan pada perlakuan injeksi hormon molting 20-HE dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 83,3% dan waktu molting yaitu 35,1 hari, menyusul dosis 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 75% dan lama waktu molting 43,9 hari, dosis 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 66,7% dan waktu molting 43,3 hari. Persentase molting terendah dan waktu molting terlama ditunjukkan pada kepiting bakau tanpa pemberian hormon molting (dosis 0 $\mu\text{g}/\text{bb}$) masing-masing sebesar 62,5% dan 50,7 hari (Gambar 4.4).



Gambar 4.5 Rataan Persentase Molting dan Lama Waktu Molting Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Penambahan hormon molting eksogen 20-HE menunjukkan peningkatan ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau. Namun peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa yang tinggi tidak seiring dengan peningkatan aktivitas molting kepiting bakau. Persentase molting tertinggi dan lama waktu molting tercepat ditunjukkan pada dosis yang lebih rendah yaitu 1,0 µg/bb dibandingkan dosis 1,6 dan 1,3 µg/bb. Hal tersebut menunjukkan bahwa dosis hormon molting eksogen yang dibutuhkan kepiting ditentukan oleh dosis yang tepat. Semakin tinggi dosis yang diberikan diduga memberi efek umpan balik yang menghambat *feed back inhibiting* terhadap kerja ekdisteroid untuk merangsang molting. Konsentrasi hormon molting eksogen yang tinggi dari kebutuhan optimal dapat berefek kepada molting yang abnormal. Hal tersebut telah dilaporkan oleh McConaughy (1979) pada kepiting kuning (*Cancer anthonyi*) pada konsentrasi hormon 20-HE lebih tinggi dari 400 mg; McConaughy & Costlow (1980), pada larva kepiting (*Rhithropanopeus harrisi*) pada konsentrasi hormon 20-HE lebih tinggi 5 µg/bb.

Untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa selain melalui injeksi hormon molting juga dapat dilakukan melalui diet

kolesterol. Ekdisteroogenesis pada organ Y sangat ditentukan oleh prekursor yaitu kolesterol. Kolesterol merupakan salah satu kelas lipid yang tidak dapat disintesis *de novo* oleh krustase, sehingga kolesterol diasumsikan menjadi diet lipid esensial (Kanazawa *et al.* 1988). Kolesterol juga dibutuhkan untuk proses gonadogenesis, pematangan dan reproduksi (Wouters *et al.*, 2001). Suplementasi kolesterol dosis 0.5% mempengaruhi perkembangan ovarium lebih optimal dibandingkan dosis 1.0% kolesterol (Pattiasina *et al.*, 2010).

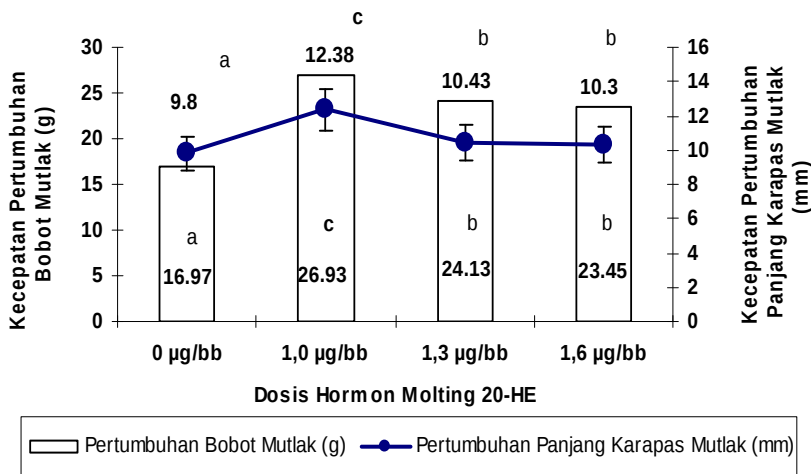
Persentase molting tertinggi dan waktu molting tercepat yang diperlihatkan kepiting bakau pada perlakuan injeksi hormon molting 20-HE dengan konsentrasi 1,0 µg/bb, diduga merupakan konsentrasi hormon molting eksogen yang tepat untuk meningkatkan konsentrasi hormon molting endogen yang dihasilkan oleh organ Y. Sedangkan perlakuan konsentrasi hormon molting >1,0 µg/bb menghasilkan persentase molting lebih rendah dan waktu molting yang lambat diduga karena konsentrasi tersebut lebih tinggi dari kebutuhan optimal untuk merangsang molting lebih cepat. Menurut Gilgan & Zinck, (1975 dalam Aiken, 1980), respon lobster (*Homarus americanus*) terhadap pemberian ekdisteroid dipengaruhi oleh dosis dan musim. Hasil yang terbaik pada perlakuan awal musim semi hanya dengan dosis 0,5 µg/g bb dan pada akhir musim gugur dengan dosis 1,5 µg/g bb.

Pada hewan tingkat tinggi kelenjar hipotalamus dan kelenjar hipofisa dapat mengontrol kadar hormon yang beredar apakah terlalu tinggi atau rendah. Kelenjar ini akan melepaskan hormon jika kadar hormon-hormon lain terlalu tinggi atau terlalu rendah. Hormon hipofisa masuk ke dalam aliran darah untuk merangsang aktivitas kelenjar target. Jika kadar hormon kelenjar target dalam darah mencukupi, maka hipotalamus dan hipofisa mengetahui bahwa tidak diperlukan perangsangan lagi dan mereka berhenti melepaskan hormon. Sistem umpan balik ini mengatur semua kelenjar yang berada dibawah kendali hipofisa. Belum diketahui secara pasti apakah mekanisme seperti ini juga sama pada krustase seperti kepiting. Namun kuat dugaan bahwa konsentrasi ekdisteroid yang tinggi menimbulkan umpan balik negatif, yang mengakibatkan terjadinya respon

penghambatan molting. Menurut Fujaya *et al.* (2013b), beberapa organisme melakukan respon umpan balik negatif melalui berbagai cara, yakni pengurangan reseptor atau melakukan inaktivasi pada hormon yang ada. Krustese memiliki mekanisme unik dalam mengatur keseimbangan level hormonalnya termasuk level ekdisteroid yang mengontrol molting. Kelebihan konsentrasi hormon dalam hemolimfanya dapat diekskresi melalui urine atau feces.

4.3.3 Kecepatan Pertumbuhan Mutlak dan Pertumbuhan Relatif

Pertumbuhan dapat diartikan sebagai peningkatan ukuran tubuh baik panjang maupun bobot dalam kurun waktu tertentu. Pada kepiting, pertumbuhan dan perkembangan terjadi melalui molting. Molting merupakan salah satu proses fisiologis yang dikendalikan oleh hormon molting atau ekdisteroid. Ekdisteroid disintesis oleh organ Y dilepaskan ke hemolimfa dan diubah menjadi 20-HE aktif.

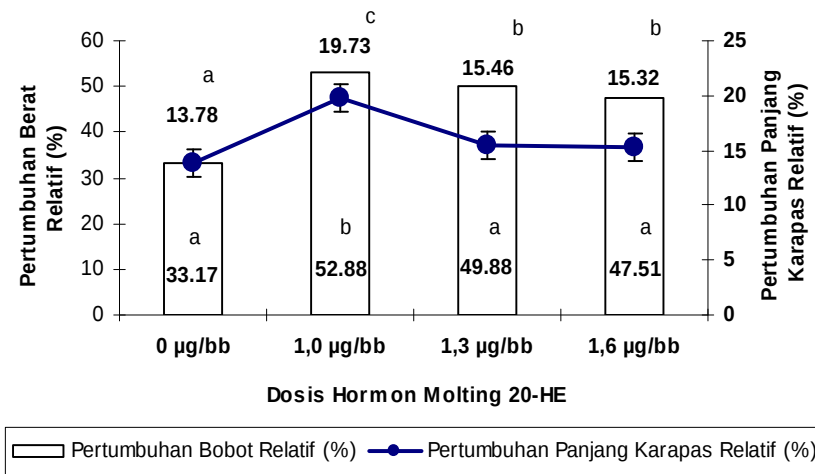


Gambar 4.6 Rataan Kecepatan Pertumbuhan Bobot dan lebar Karapas Mutlak Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Penambahan hormon molting eksogen 20-HE dengan dosis yang berbeda menunjukkan perbedaan terhadap kecepatan pertumbuhan bobot

dan lebar karapas mutlak dan relatif kepiting bakau. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis hormon molting 20-HE secara signifikan ($p < 0.01$) berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan bobot dan lebar karapas mutlak. Pertambahan bobot dan lebar karapas mutlak setelah molting pada kepiting bakau (*S. olivacea*) dengan injeksi hormon molting 20-HE dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi dan berbeda dengan perlakuan dosis 1,6 dan 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$ serta 0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ (Gambar 4.5).

Rataan pertumbuhan bobot dan lebar karapas relatif perlakuan dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 52,879% dan 19,728% lebih tinggi dan berbeda dengan perlakuan dosis 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 49,879% dan 15,483%, dan dosis 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 47,513% dan 15,136%, serta dosis 0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 33,169% dan 13,780% (Gambar 4.6).



Gambar 4.7 Rataan Pertumbuhan Bobot dan Lebar Karapas Relatif Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Pertumbuhan merupakan salah satu komponen penting dalam budidaya. Pertumbuhan pada kepiting merupakan proses perubahan panjang dan bobot yang terjadi secara berkala pada setiap rangkaian proses pergantian kulit atau molting. Pertumbuhan bobot kepiting bakau setelah molting berkisar antara 16,67-26,93g atau 33,169-52,879%, sedangkan

pertambahan lebar karapas berkisar 9,8-12,38 mm atau 13,780-19,728%. Pertumbuhan bobot dan lebar karapas kepiting tertinggi yaitu pada perlakuan injeksi hormon molting 20-HE dosis 1,0 µg/bb dan terendah pada perlakuan tanpa pemberian hormon.

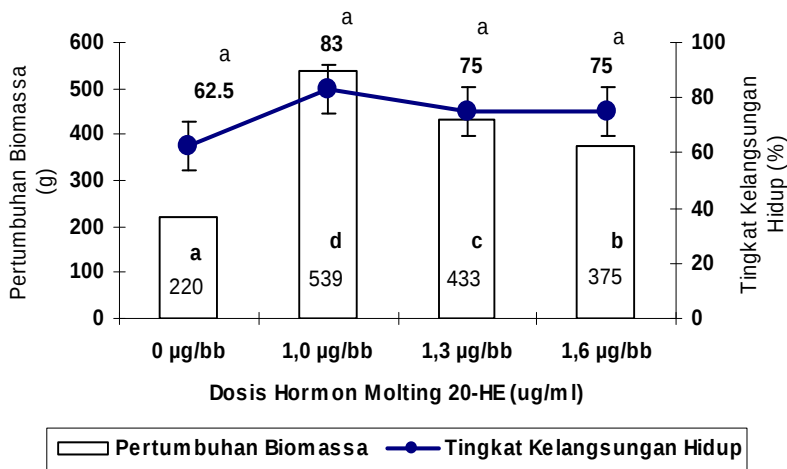
Reproduksi dan molting decapoda adalah peristiwa yang bersifat musiman dan dikontrol hormon (Nagarayu, 2011; Subramoniam, 2011). Kedua mekanisme fisiologis tersebut diduga dirangsang oleh ecdisteroid. Menurut Tsukimura dan Kamemoto (1991); Okumura dan Aida (2000), terjadi sinkronisasi antara pertumbuhan dan perkembangan vitellogenesis pada udang palaemonid seperti udang air tawar (*Macrobrachium idella* dan *M. rosenbergii*). Hal ini menunjukkan bahwa ecdisteroid selain berperan dalam molting juga berperan untuk menstimulir vitellogenesis. Namun tidak demikian pada kepiting (*Carcinus maenas*) (Styrishave, 2008), lobster Amerika (*Homarus americanus*) (Tiu *et al.*, 2009), kepiting (*Uca triangularis*) (Sudha *et al.*, 2012), sehingga keterlibatan ecdisteroid dalam reproduksi krustase masih diperdebatkan (Subramoniam, 2000; Hopkins, 2009). Menurut Gunamalai *et al.* (2004), ecdisteroid selain berperan sebagai hormon molting, juga berperan sebagai pengatur fungsi fisiologis lain seperti pertumbuhan, metamorfosis dan reproduksi. Sebagai hormon molting, ecdisteroid berperan meningkatkan pembentukan protein melalui peningkatan sintesis mRNA (Klein, 2004).

Jika dibandingkan antara pertumbuhan bobot dan panjang karapas, pertumbuhan bobot lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan panjang karapas kepiting bakau. Hal tersebut diduga karena ukuran kepiting yang masih kecil dan belum dewasa menyebabkan energi pertumbuhan somatik lebih tinggi karena alokasi energi belum terbagi ke perkembangan gonad.

4.3.4 Pertumbuhan Biomassa dan Tingkat Kelangsungan Hidup

Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau (*S. olivacea*) perlakuan dosis hormon molting 20-HE disajikan pada Gambar 4.7. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis hormon molting 20-HE secara signifikan ($p < 0.05$) berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan

biomassa tetapi tidak signifikan ($p>0.05$) berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup. Pertumbuhan biomassa dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi dan berbeda dengan perlakuan dosis 1,6 dan 1,3 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Perlakuan tanpa pemberian hormon molting 20-HE memperlihatkan pertumbuhan biomassa terendah. Seiring dengan pertumbuhan biomassa, tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau menunjukkan perlakuan dosis hormon molting 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi yaitu 83% namun tidak berbeda dengan perlakuan yang lain (Gambar 4.8).



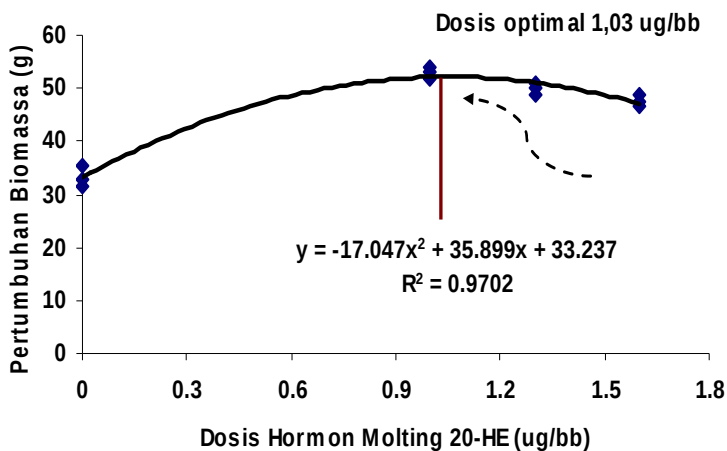
Gambar 4.8 Rataan Pertumbuhan Biomassa dan tingkat Kelangsungan Hidup Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Hormon Molting 20-HE. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan ($\alpha<0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Pertumbuhan biomassa kepiting bakau meningkat tajam dari 220.000 g (tanpa penambahan hormon molting) menjadi 539.000 g dengan penambahan hormon molting dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan hormon molting eksogen dengan dosis yang tepat menjadi pemicu untuk molting lebih cepat dan tumbuh lebih tinggi. Hal yang sama pada data tingkat kelangsungan hidup dimana pada dosis 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ diperoleh sebesar 83% lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Penambahan hormon molting 20-HE dengan dosis yang tepat meningkatkan kelangsungan hidup kepiting, seperti yang diamati pada

larva kepiting kuning (*Cancer anthonyi*) (McConaughy, 1979), kepiting (*Rhithropanopeus harrisii*) (McConaughy & Costlow, 1980), larva rajungan (*P. Pelagicus*) (Azra *et al.*, 2012). Selanjutnya dijelaskan bahwa dosis hormon 20-HE yang tinggi selain menurunkan tingkat kelangsungan hidup juga menyebabkan molting yang abnormal.

Kebutuhan akan hormon 20-HE dapat berbeda antara spesies dan tahap perkembangan kepiting. Semakin tinggi tahap perkembangan menuju kepiting dewasa kebutuhan hormon 20-HE juga semakin meningkat (Dvoretzky dan Dvoretzky, 2010; Azra *et al.*, 2012).

Untuk mengetahui dosis hormon molting 20-HE yang optimal yang dapat menstimulasi pertumbuhan biomassa tertinggi kepiting bakau maka dilakukan analisis regresi. Hasil analisis regresi hubungan antara dosis vitomolt dengan pertumbuhan biomassa diperoleh pola kuadratik dengan persamaan $Y = -17,047x^2 + 35,889x + 33,237$. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diprediksi bahwa dosis hormon molting 20-HE yang optimal adalah 1,03 $\mu\text{g}/\text{bb}$ (Gambar 4.9).



Gambar 4.9 Persamaan Regresi Dosis Optimal Hormon Molting 20-HE yang Dapat Menstimulasi Pertumbuhan Biomassa Tertinggi Kepiting Bakau (*S. olivacea*), tanda Panah Menunjukkan Dosis Optimal

4.3.5 Kualitas Air

Nilai kisaran, rata-rata harian dan nilai optimal parameter kualitas air selama penelitian disajikan pada Tabel 4.1. Parameter kualitas air yang diamati merupakan parameter yang diduga sangat berpengaruh terhadap konsentrasi ecdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau.

Tabel 4.1 Nilai Kisaran, Rataan Harian dan Nilai Optimal Parameter Kualitas Air Media Pemeliharaan Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Parameter	Nilai Kisaran	Rataan Harian	Nilai Optimal
Suhu (°C)	20–35.7	31.04±2.535	25–35°C ¹
pH	7– 8.5	7.35±0.431	6.8–8.2 ²
Salinitas (ppt)	15– 35	29.25±3.390	25 ppt ³
Oksigen terlarut (ppm)	2.1–6.43	4.82±1.338	>5 ppm ⁴
Amoniak (ppm)	0.00–1.38	0.98±0.15.	<0,1 ⁵ , <0.25 ⁶
Nitrit (ppm)	0.1–1.227	0.400±0.103	0,0–0,5 ⁷ ; 0.5–1.0 ⁷

Ket : ^{1,2,4,5} Fujaya dkk (2012), ³ Karim (2008a), ^{5,6} Wedemeyer dan Mcleay (1981), ^{4,7} Gaude & Danerson (2011), ⁸ Turano (2007), ¹ Shelley dan Lovatelli

Berbagai faktor kualitas air seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit diketahui berpengaruh terhadap molting, pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup kepiting (Brown & Bert, 1993; Geun *et al.*, 2005; Neil *et al.*, 2005; Samuel & Soundarapandian, 2010).

Suhu air merupakan faktor pembatas utama organisme perairan yang bersifat poikilotermik (Verhoef & Austin, 1999; Hammond *et al.*, 2005). Suhu air mempengaruhi suhu tubuh dan aktivitas metabolik (Verhoef & Austin, 1999), asupan makanan dan pertumbuhan. Pertumbuhan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu air sampai tingkat optimum tercapai, peningkatan yang lebih tinggi akan menyebabkan aktivitas menurun (Jobling, 2003). Perubahan musim menyebabkan terjadinya perubahan suhu media pemeliharaan. Kisaran suhu yang terukur selama penelitian yaitu 20–35,7°C dengan rata-rata suhu harian 31,04±2,535°C. Kepiting membutuhkan kisaran suhu optimum untuk tumbuh sekitar 25–35°C (Fujaya, *et al.*, 2012), berarti fluktuasi suhu selama penelitian berada

diluar suhu optimum. Kondisi tersebut diduga menjadi faktor pembatas untuk aktivitas pertumbuhan yang optimal.

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengontrol kehidupan kepiting. Semakin tinggi suhu pada batas tertentu menyebabkan proses metabolisme dan dekomposisi semakin meningkat. Peningkatan tersebut diiringi pula dengan peningkatan konsumsi oksigen. Namun pada saat yang bersamaan peningkatan suhu menyebabkan kelarutan oksigen menurun, sehingga diduga tidak mampu memenuhi kebutuhan kepiting dan organisme lain untuk melakukan metabolisme dan respirasi.

Dalam budidaya, fluktuasi pH air dapat disebabkan karena pasokan pakan buatan, densitas dan populasi plankton (Rollo *et al.*, 2006). Hasil pengukuran pH selama penelitian yaitu berkisar 7-8,5 dan rata-rata harian $7,35 \pm 0,43$. pH relatif stabil dan berada pada kisaran yang optimal untuk menunjang pertumbuhan kepiting. Kisaran pH pada media budidaya kepiting cangkang lunak disarankan untuk dipertahankan antara 6,8-8,2 (Fujaya *et al.*, 2012).

Salinitas merupakan parameter lingkungan utama yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kepiting (Karim, 2008a dan 2008b). Fluktuasi salinitas yang ekstrim (7-34 ppt) menyebabkan pertumbuhan yang rendah pada kepiting (*M. messor*) (Sudha dan Anilkumar, 1996). Pada kondisi salinitas yang optimal kepiting akan tumbuh dan molting lebih cepat. Sebaliknya jika terjadi fluktuasi salinitas yang ekstrim akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Perubahan salinitas terjadi karena curah hujan, penguapan dan pasang diurnal. Salinitas yang terukur selama penelitian berada pada kisaran 15-35 ppt dengan rata-rata harian $29,25 \pm 3,390$ ppt. Salinitas media pemeliharaan diduga merupakan faktor kritis pada budidaya kepiting, karena perubahannya terjadi secara mendadak dan kisarannyapun sangat tinggi (>5 ppt). Menurut Gaude & Anderson (2011), salinitas yang baik untuk budidaya kepiting lunak adalah 5-30 ppt, hindari perubahan salinitas lebih besar dari 5 ppt pada areal budidaya. Sedangkan menurut Fujaya *et al.*

(2012), salinitas optimal pada budidaya kepiting bakau di tambak berkisar antara 15-30 ppt. Hasil penelitian Karim (2008a dan 2008b) salinitas optimum untuk pertumbuhan kepiting bakau (*S. olivacea*) adalah 25 ppt.

Oksigen terlarut dalam air merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan kelangsungan hidup kepiting. Konsentrasi oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu dan salinitas. Kelarutan oksigen dalam air menurun karena peningkatan suhu dan salinitas. Oksigen terlarut yang terukur selama penelitian berada pada kisaran 2,1-6,4 ppm dengan rata-rata harian $4,82 \pm 1,338$ ppm. Kelarutan oksigen sangat rendah pada pagi hari dan konsentrasinya akan meningkat siang sampai sore hari. Konsentrasi oksigen yang rendah mungkin penyebab molting kepiting menjadi lambat karena kelarutan oksigen berada dibawah level optimal. Menurut Oesterling (2012b), konsentrasi oksigen yang baik untuk budidaya kepiting cangkang lunak yaitu $>5,0$ ppm, kadar oksigen $<5,0$ ppm berpengaruh terhadap budidaya kepiting, dibawah 3,0 ppm molting pada kepiting menjadi lambat, dan dibawah 2,0 ppm tidak ada kepiting yang molting. Hal yang sama disarankan oleh Fujaya *et al.* (2012) bahwa konsentrasi oksigen terlarut sebaiknya dipertahankan diatas 5 ppm untuk keberhasilan molting dan kelangsungan hidup kepiting.

Respons fisiologis krustase termasuk kepiting pada kondisi oksigen terlarut yang rendah adalah meningkatkan ventilasi pada insang (Bell, 2009), mempertahankan tekanan oksigen (PO_2) hemolimfa (McMahon, 2001), menurunkan laju denyut jantung (deFur & Mangum, 1979), meningkatkan konsentrasi hemosianin (Hcy) (Brouwer *et al.*, 2004). Oleh karena itu pada kondisi oksigen rendah dibanding kisaran kebutuhan optimal menyebabkan kepiting menjadi stres. Wedemeyer & Mcleay (1981) serta Adams (1990) mengemukakan bahwa stres menggambarkan kondisi terganggunya homeostasis hingga berada di luar batas normalnya serta proses-proses pemulihan untuk memperbaikinya. Dalam kondisi stres terjadi realokasi energi metabolik dari aktivitas investasi seperti pertumbuhan, molting menjadi aktivitas untuk memperbaiki homeostasis (Wendelaar, 1997). Akibatnya pemanfaatan energi pakan untuk pertumbuhan dan molting dapat terganggu.

Amoniak adalah bentuk nitrogen yang bisa sangat beracun bagi kehidupan organisme termasuk kepiting. Amoniak ada dua bentuk yang terionisasi (NH_4^+) dan tidak terionisasi (NH_3). Kepiting bakau (*S. serrata*) mempunyai toleransi yang tinggi terhadap amoniak dibanding krustase lain seperti udang galah (*M. rosenbergii*) (Cavalli *et al.* 2000) dan udang windu (*P. monodon*) (Chin & Chen, 1987). Namun, tingginya konsentrasi amoniak akan mengurangi persentase molting dan pertumbuhan kepiting bakau (Neil *et.al.*, 2005).

Konsentrasi amoniak yang terukur pada penelitian adalah 0,69-1,38 ppm dengan rata-rata harian $0,98 \pm 0,15$ ppm. Konsentrasi amoniak tersebut berada pada kisaran diatas ambang batas optimal pada budidaya kepiting bakau. Menurut Turano (2007), amoniak sebaiknya hanya berada pada kisaran 0,5-1,0 ppm, sedangkan menurut Gaude & Anderson (2012), konsentrasi amoniak pada budidaya kepiting lunak sebaiknya dibawah 1,0 ppm. Toksisitas amoniak pada krustace dan organisme air lainnya terutama dikaitkan dengan bentuk terikat, karena memengaruhi pertumbuhan, fungsi sistem saraf pusat, keseimbangan ion, metabolisme energi dan kelangsungan hidup (Wicks *et al.*, 2002).

Nitrit adalah salah satu polutan yang paling penting dalam sistem budidaya. Konsentrasi nitrit yang terukur selama penelitian berada pada kisaran 0,1-1,227 ppm dengan rata-rata harian $0,400 \pm 0,103$ ppm. Konsentrasi nitrit pada media penelitian tergolong tinggi karena menurut Gaude & Anderson (2011), konsentrasi nitrit pada media budidaya kepiting sebaiknya berada pada kisaran 0,0-0,5 ppm. Konsentrasi nitrit yang tinggi pada media penelitian diduga karena rendahnya oksigen terlarut, sehingga proses nitrifikasi menjadi terhambat.

Nitrifikasi adalah proses oksidasi amoniak menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri tertentu. Proses ini berlangsung dalam dua tahap, tahap pertama adalah proses oksidasi amoniak menjadi nitrit oleh bakteri nitrosomonas dan tahap kedua adalah proses oksidasi nitrit menjadi nitrat yang dilaksanakan oleh bakteri Nitrobakter. Kedua proses tersebut berlangsung secara aerob, sehingga jika kelarutan oksigen rendah maka proses nitrifikasi tahap kedua akan terhambat. Hal yang sama

dikemukakan oleh Chen & Chen (1992) dan Alcaraz *et al.* (1997) bahwa nitrit terbentuk dari amoniak melalui proses nitrifikasi dan dapat terakumulasi dalam perairan sebagai akibat ketidakseimbangan proses nitrifikasi oleh aktifitas bakteri. Nitrit menyebabkan penurunan toleransi termal, terutama terkait dengan pembentukan metamoglobin sehingga darah mempunyai kapasitas rendah untuk mengangkut oksigen ke jaringan. Nitrit pada krustase menginduksi pembentukan metahemosianin, hipoksia pada jaringan, menghambat respirasi dan penurunan toleransi termal. Dengan demikian amoniak dan nitrit merupakan masalah potensial pada budidaya kepiting cangkang lunak karena bersifat racun terhadap kepiting.

4.4 Kesimpulan

Penambahan hormon molting eksogen 20-HE meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa ketika gaya gravitasi bulan lemah yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II, tetapi ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat yaitu pada fase bulan purnama peningkatan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa sangat rendah.

Semakin tinggi dosis hormon molting 20-HE yang diinjeksikan maka konsentrasi ekdisteroid hemolimfa semakin meningkat, namun dosis hormon molting eksogen 20-HE 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ merupakan dosis yang terbaik (dosis optimal = 1,03 $\mu\text{g}/\text{bb}$) untuk merangsang aktivitas molting yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dosis 1,3 dan 1,6 $\mu\text{g}/\text{bb}$ serta perlakuan tanpa pemberian hormon.

Bab 5

Pengaruh Hormon Molting Fitoekdisteroid (Vitomolt) Terhadap Peningkatan Ekdisteroid Hemolimfa Dan Aktivitas Molting Kepiting Bakau (S. Olivecea Herbst, 1796)

5.1 Pendahuluan

Penggunaan teknologi dalam industri budidaya kepiting cangkang lunak sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi. Teknologi untuk mempercepat molting dengan metode penambahan hormon molting eksogen khususnya hormon molting 20-HE terbukti selain mampu meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa juga meningkatkan aktivitas molting kepiting bakau.

Hormon molting 20-HE merupakan hormon murni hasil ekstraksi ekdisteroid krustase. Hormon molting 20-HE tersebut menjadi hormon standar untuk mengukur apakah suatu bahan mengandung struktur dan komposisi yang sama sehingga dapat dijadikan sebagai sumber hormon steroid. Penggunaan hormon 20-HE sangat tidak ekonomis dan ketersediannya sangat terbatas untuk digunakan pada skala besar dan kontinu. Oleh sebab itu diperlukan sumber ekdisteroid lain dengan komposisi yang sama tetapi lebih ekonomis.

Ekdisteroid adalah hormon molting pada krustase, memengaruhi banyak sel diseluruh tubuh, tetapi fungsi utamanya adalah merangsang serangkaian peristiwa fisiologis yang dikenal dengan istilah molting (Meyer, 2006). Ekdisteroid tidak hanya ditemukan pada hewan serangga dan krustase tetapi juga ditemukan pada beberapa jenis tanaman dan

dikenal dengan istilah fitoekdisteroid. Fitoekdisteroid memiliki struktur kimia yang analog dengan hormon pertumbuhan insekta dan beberapa invertebrata lain seperti krustase (Feldman, 2009). Fungsi ekdisteroid pada tanaman berbeda dengan pada hewan. Pada tanaman ekdisteroid berfungsi sebagai agen perlindungan (racun) terhadap serangga herbivora (Schmelz *et al.*, 2002) dan nematoda (Soriano *et al.*, 2004). Jenis tanaman yang dikenal mengandung ekdisteroid yaitu Murbai (*Morus spp*) dan bayam (*Amaranthus spp*). Tanaman murbai telah lama digunakan sebagai pakan pada budidaya ulat sutra (Nguku *et al.*, 2007) dan sebagai stimulan molting pada pemeliharaan larva rajungan (Fujaya *et al.*, 2013a), budidaya kepiting cangkang lunak (Jompa *et al.*, 2014). Sedangkan tanaman bayam telah digunakan untuk menstimulasi molting pada budidaya kepiting cangkang lunak (Aslamyah dan Fujaya, 2010; Fujaya, 2011a dan 2011b; Fujaya *et al.*, 2013a dan 2013b). Ekdisteroid yang terdapat pada tanaman Moraceae dan Amaranthaceae analog dengan ekdisteroid yang terdapat pada kepiting (*Callinectes sapidus*) sehingga Ecdybase menamainya Inokosterone (= Callinecdysone A) (Fujaya *et al.*, 2013b).

Fitoekdisteroid dari tanaman bayam dan murbai ketersediannya banyak karena dibudidayakan oleh masyarakat sebagai sayuran, tanaman obat dan makanan ulat sutera. Untuk mengisolasi hormon molting yang terdapat pada bayam dan murbai dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Menurut Fujaya *et al.* (2012), satu kilogram bayam kering akan diperoleh 5-6 gram ekstrak bayam yang siap diaplikasikan pada kepiting. Ekstrak bayam yang digunakan sebagai stimulan molting kepiting diberi nama vitomolt. Penggunaan vitomolt sebagai stimulant molting pada kepiting lebih ekonomis dibandingkan dengan hormon molting 20-HE. Hormon molting 20-HE dengan dosis 1,0 µg/bb merupakan dosis yang terbaik untuk meningkatkan aktivitas molting kepiting bakau. Dosis tersebut menjadi acuan untuk menentukan dosis vitomolt yang akan dicobakan pada penelitian ini.

Pada bab ini dijelaskan bagaimana pengaruh fitoekdisteroid (vitomolt) terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting terdiri dari persentase kepiting yang molting; lama waktu molting;

kecepatan pertumbuhan bobot dan panjang karapas mutlak dan relatif; pertumbuhan biomassa; tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau.

5.2 Prosedur Pengamatan

Kepiting uji yang telah diseleksi dimasukkan ke dalam keranjang plastik *crab box* ukuran 25×20×20 cm masing-masing 1 ekor. Kepiting dipelihara di tambak dengan cara diapungkan di atas permukaan air sebagaimana prosedur budidaya kepiting lunak (Gambar 5.1). Proses adaptasi terhadap lingkungannya dilakukan selama 3 hari. Selama pemeliharaan kepiting diberi pakan ikan rucah dengan dosis 10% perberat badan. Pemberian pakan dilakukan sebanyak satu kali sehari yaitu pada sore hari menjelang malam (Fujaya *et al.*, 2012).



Sumber.....

Gambar 5.1 Pemeliharaan Kepiting Bakau di Tambak

Kemasan vitomolt terlebih dahulu dilarutkan dalam air steril sesuai perlakuan yaitu perlakuan (A) vitomolt setara dengan hormon molting 20-HE konsentrasi 0,4 µg/bb; (B) vitomolt setara dengan hormon molting 20-HE konsentrasi 0,7 µg/bb; (C) vitomolt setara dengan hormon molting 20-HE konsentrasi 1,0 µg/bb; (D) vitomolt setara dengan hormon molting 20-HE konsentrasi 1,3 µg/bb; dan (E) vitomolt setara dengan hormon molting 20-HE konsentrasi 1,6 µg/bb.

Penentuan dosis vitomolt dilakukan berdasarkan dosis hormon 20-HE yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Vitomolt adalah sumber ekdisteroid dari tumbuhan, kandungan ekdisteroidnya lebih rendah dibandingkan hormon molting 20-HE sehingga penggunaan dosisnya lebih tinggi. Berdasarkan kandungan ekdisteroid yang terdapat pada vitomolt maka 1 µg/bb hormon molting 20-HE setara dengan 42 µg/bb vitomolt.

Injeksi vitomolt (konsentrasi sesuai perlakuan) pada kepiting dilakukan pada pangkal kaki renang (pereopoda ke-5) menggunakan siringe volume 1 ml dengan jarum suntik ukuran 27-gauge. Kepiting yang sudah diinjeksi vitomolt selanjutnya dipelihara kembali di tambak. Untuk mengetahui pengaruh vitomolt terhadap konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi maka dilakukan pengambilan sampel hemolimfa kepiting. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali berdasarkan siklus bulan menurut penanggalan bulan Qomariah. Pengamatan tersebut adalah : (1) pengamatan I yaitu pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I, (2) pengamatan II yaitu fase bulan purnama, (3) pengamatan III yaitu fase bulan $\frac{3}{4}$ II (Gambar 4.1). Setiap pengamatan ekdisteroid hemolimfa, jumlah sampel kepiting adalah 3 ekor dan diambil secara acak. Prosedur ekstraksi hemolimfa sama dengan penelitian tahap I dan II. Pengukuran konsentrasi ekdisteroid hemolimfa menggunakan UFLC, kuantifikasi ekdisteroid menggunakan seri standar 20-HE (Sigma®).

Sedangkan parameter kualitas air seperti suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut diukur setiap hari pada pagi hari (pukul 07.00-08.00) dan sore hari (pukul 17.00-18.00) menggunakan refraktometer dan DO meter. Parameter amoniak dan nitrit diukur setiap minggu menggunakan spektrofotometer.

Penggunaan vitomolt untuk merangsang molting pada kepiting pada pengamatan ini menggunakan 5 dosis yaitu: A) vitomolt dosis 17 µg/bb; B) vitomolt dosis 29 µg/bb; C) vitomolt dosis 42 µg/bb; D) vitomolt dosis 54 µg/bb; dan E) vitomolt dosis 67 µg/bb. Parameter yang diamati adalah: (1) Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa, pengambilan sampel ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi dilakukan sebanyak tiga kali berdasarkan siklus bulan; (2) aktivitas molting kepiting bakau, parameter yang diukur adalah (a) persentase kepiting yang molting; (b) lama waktu molting; (c) kecepatan

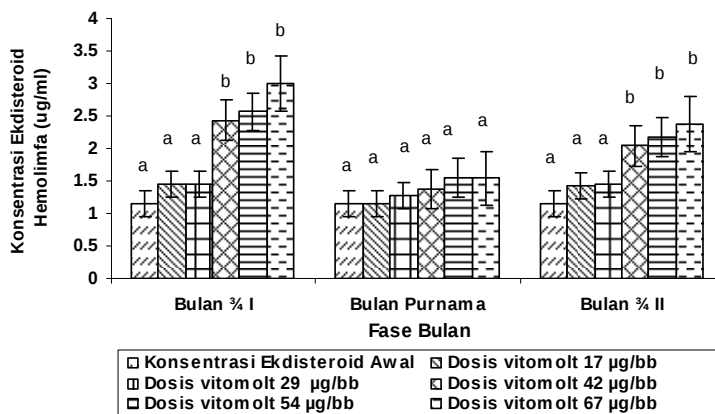
pertumbuhan bobot dan panjang karapas mutlak dan relatif; (d) pertumbuhan biomassa; (e) tingkat kelangsungan hidup. Parameter non biologi yang diamati adalah (3) kualitas air.

Perbandingan antara konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal dan pasca injeksi dilakukan dengan uji *t-student* (Sokal dan Rohlf, 1969). Sedangkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau meliputi: persentase molting, lama waktu molting, kecepatan pertumbuhan bobot dan panjang karapas mutlak dan relatif, pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup dianalisis ragam dan uji lanjut Duncan menurut Steel dan Torrie (1993). Untuk mengetahui dosis optimal yang dapat menstimulir peningkatan produksi kepiting maka dilakukan analisis regresi polinomial. Proses perhitungannya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer program Excel 2003 dan SPSS 16.0. Parameter kualitas air dianalisis secara deskripsi kuantitatif digunakan untuk menjelaskan kelayakan kualitas media pemeliharaan bagi kehidupan kepiting bakau selama penelitian.

5.3 Hasil Pengamatan

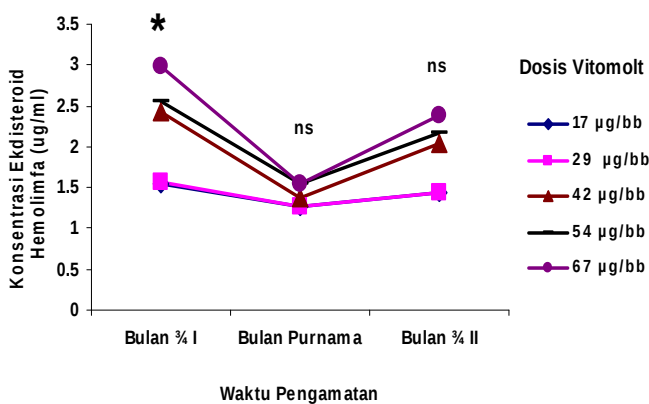
5.3.1 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa Pasca Injeksi Vitomolt

Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa meningkat pasca injeksi vitomolt dibandingkan sebelum injeksi. Hasil uji *t-student* menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal ($1,15 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{bb}$) tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi vitomolt dosis 17 dan $29 \mu\text{g}/\text{bb}$ pada pengamatan fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II. Namun rata-rata konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal ($1,15 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{bb}$) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan rata-rata konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi vitomolt dosis 42, 54 dan $67 \mu\text{g}/\text{bb}$ pada pengamatan fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II. Rataan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa awal tidak berbeda dengan ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi dosis vitomolt 17, 29, 42, 54 dan $67 \mu\text{g}/\text{bb}$ pada pengamatan fase bulan purnama (Gambar 5.2).



Gambar 5.2 Perbandingan Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa (µg/ml) Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Awal (Sebelum Injeksi) dan Pasca Injeksi Vitomolt. Huruf yang Berbeda di Atas Gambar Menunjukkan Perbedaan yang Nyata Berdasarkan Analisis *t*-student

Semakin tinggi dosis vitomolt yang diinjeksikan maka akan menyebabkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa meningkat. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I, menurun pada fase bulan purnama, namun kembali meningkat pada fase bulan $\frac{3}{4}$ II (Gambar 5.3).



Gambar 5.3 Konsentrasi Ekdisteroid Hemolimfa (µg/ml) Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Berdasarkan Waktu Pengamatan Pasca Injeksi Vitomolt. Tanda * Berbeda Nyata ($\alpha < 0.05$), *ns* Tidak Berbeda Nyata ($\alpha > 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

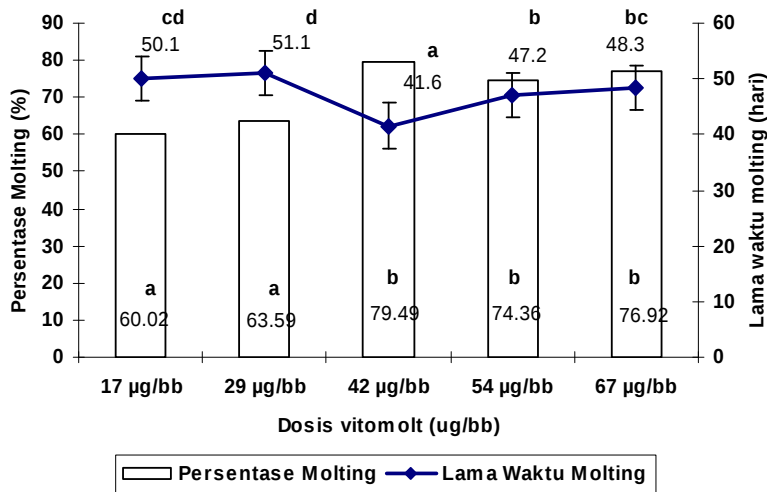
Dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi vitomolt sama dengan dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi hormon molting 20-HE (Bab 4). Perbedaan dosis vitomolt yang diinjeksikan secara signifikan ($p>0,05$) berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi hemolimfa fase bulan $\frac{3}{4}$ I, namun tidak signifikan ($p<0,05$) terhadap peningkatan konsentrasi ekdisteroid pada fase bulan purnama dan fase bulan $\frac{3}{4}$ II pasca injeksi vitomolt. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa dosis 17 dan 29 $\mu\text{g}/\text{bb}$ berbeda dengan dosis 42, 54 dan 67 $\mu\text{g}/\text{bb}$ pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I. Gaya gravitasi bulan diduga menjadi faktor kunci terhadap sintesis ekdisteroid hemolimfa pada organ Y dan upaya penambahan hormon molting eksogen.

Vitomolt mengandung fitoekdisteroid merupakan hasil ekstraksi tanaman bayam (*Amaranthacea tircolor*) ditemukan oleh Fujaya *et al.* (2007). Vitomolt telah digunakan pada budidaya kepiting cangkang lunak untuk menstimulir molting. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa vitomolt sebagai stimulan molting efektif diberikan melalui injeksi (Fujaya *et al.*, 2007, 2009; Wahyuningsih, 2008, Fujaya, 2011b), maupun melalui pakan (Susanti, 2009; Aslamyah dan Fujaya. 2010, Fujaya, 2011b), Niklani, 2013). Hal yang sama pada penelitian ini, pemberian vitomolt metode injeksi meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau. Namun respon peningkatan tersebut dipengaruhi oleh siklus bulan. Pemberian vitomolt pada fase bulan purnama tidak berpengaruh terhadap peningkatan ekdisteroid hemolimfa. Tampaknya bahwa isyarat gaya gravitasi bulan menentukan sintesis ekdisteroid dan upaya penambahan ekdisteroid eksogen. Fenomena tersebut juga ditemukan pada perlakuan penambahan hormon molting eksogen 20-HE.

5.3.2 Persentase Molting dan Lama Waktu Molting

Persentase molting dan lama waktu molting kepiting bakau selama penelitian bervariasi pasca injeksi vitomolt. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan dosis vitomolt memberikan respons yang signifikan ($p<0,05$) terhadap persentase molting dan lama waktu molting. Persentase molting tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis vitomolt 42

$\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 79.48% dan tidak berbeda dengan dosis 17 dan 29 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Demikian pula pada peubah lama waktu molting, dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ diperoleh waktu molting tersingkat yaitu 41,6 hari dan berbeda dengan dosis vitomolt yang lain (Gambar 5.4).

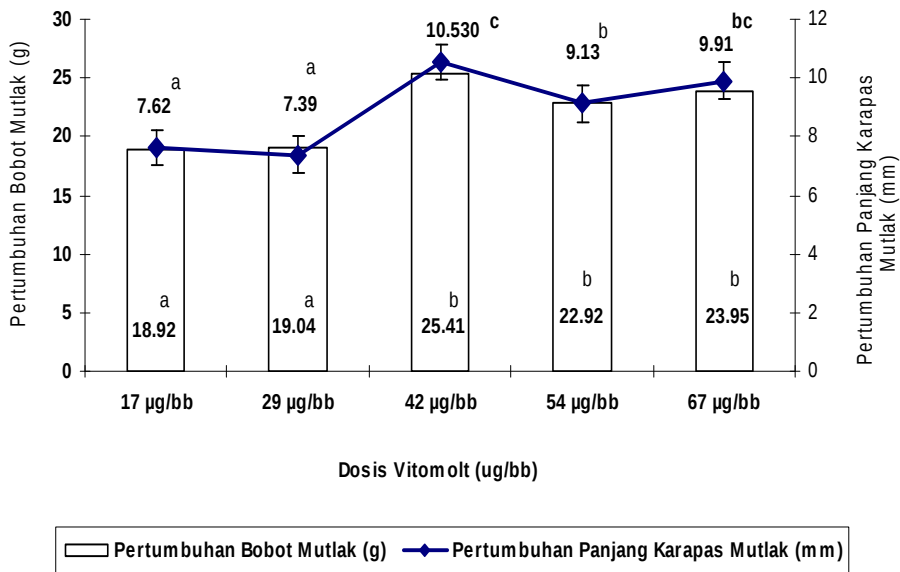


Gambar 5.4 Rataan Persentase Molting dan Lama Waktu Molting Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Vitomolt. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Kepiting bakau yang diinjeksi vitomolt dengan dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ setara dengan konsentrasi hormon molting 20-HE 1,0 $\mu\text{g}/\text{bb}$ menghasilkan persentase molting tertinggi dan waktu molting tercepat dibandingkan perlakuan lain. Namun perlakuan injeksi vitomolt persentase moltingnya $\pm 3,82\%$ lebih rendah (hormon 20-HE = 83,33% vs vitomolt 79,48%), dan lama waktu molting 6,5 hari lebih lama (hormon 20-HE = 41,6 hari vs vitomolt 35,1 hari) dibanding perlakuan hormon 20-HE. Hormon molting 20-HE adalah hormon murni hasil ekstraksi ekdisteroid krustase, sedangkan vitomolt merupakan ekdisteroid hasil ekstraksi tumbuhan diduga karena sumber ekdisteroid yang berbeda sehingga reaksi yang dihasilkan juga berbeda.

5.3.3 Kecepatan Pertumbuhan Mutlak dan Relatif

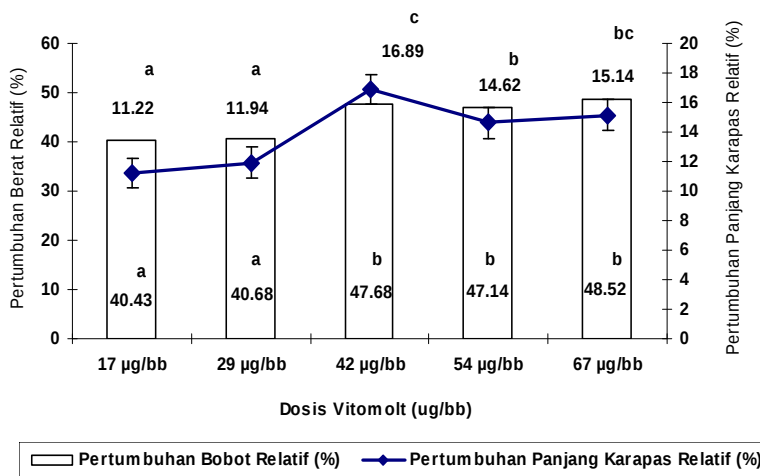
Kecepatan pertumbuhan bobot mutlak dan panjang karapas mutlak pasca injeksi vitomolt kepiting bakau (*S. olivacea*). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis vitomolt secara signifikan ($p < 0.01$) berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan bobot mutlak dan pertumbuhan relatif, dan panjang lebar mutlak dan relatif. Rataan kecepatan pertumbuhan bobot mutlak dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan dosis 54 dan 67 $\mu\text{g}/\text{bb}$, berbeda dengan dosis 27 dan 29 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Rataan kecepatan pertumbuhan lebar karapas mutlak dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi tetapi tidak berbeda dengan dosis 67 $\mu\text{g}/\text{bb}$, berbeda dengan dosis 17, 29 dan 54 $\mu\text{g}/\text{bb}$ (Gambar 5.5).



Gambar 5.5 Rataan Kecepatan Pertumbuhan Bobot Mutlak dan Panjang Karapas Mutlak Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Vitomolt. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Demikian halnya dengan pertumbuhan bobot relatif kepiting bakau dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi tetapi tidak berbeda dengan dosis 54 dan 67

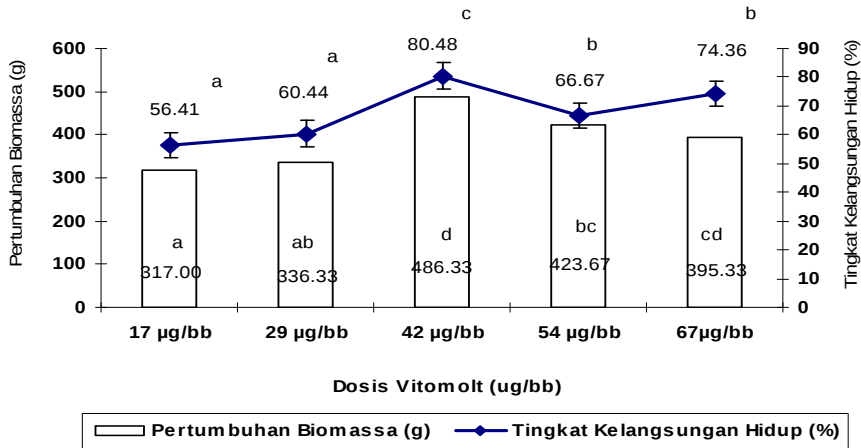
$\mu\text{g}/\text{bb}$, berbeda dengan dosis 17 dan 29 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Selanjutnya pertumbuhan lebar karapas relatif dosis 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi tetapi tidak berbeda dengan dosis 67 $\mu\text{g}/\text{bb}$, namun berbeda dengan dosis 17, 29, dan 54 $\mu\text{g}/\text{bb}$ (Gambar 5.6).



Gambar 5.6 Pertumbuhan Bobot dan Lebar Karapas Relatif Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Vitomolt. Huruf yang Berbeda di atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

5.3.4 Pertumbuhan Biomassa dan Tingkat Kelangsungan Hidup

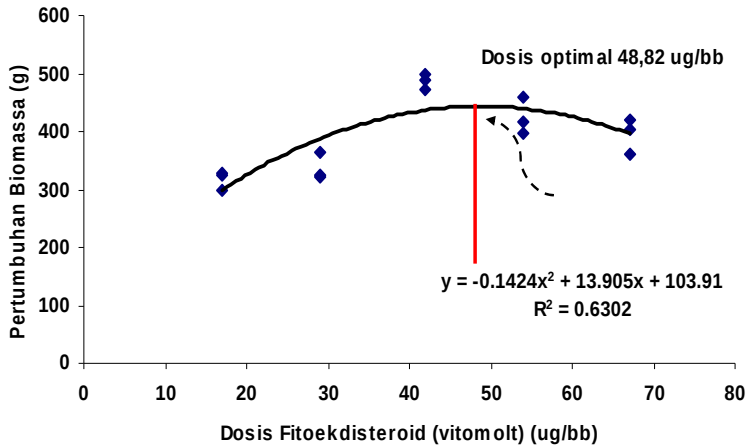
Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau (*S. olivacea*) pasca injeksi vitomolt. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan dosis vitomolt secara signifikan ($p < 0.05$) berpengaruh terhadap pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau (Lampiran 5.12). Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup tertinggi yaitu pada perlakuan dosis vitomolt 42 $\mu\text{g}/\text{bb}$ masing-masing sebesar 486,33 g dan 80,48%, berbeda dengan dosis 67 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 395,33 g dan 74,36% dan dosis 54 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 423,67 g dan 66,67%. Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup terendah yaitu pada dosis 17 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 317,00 g dan 56,41% tidak berbeda dengan dosis 29 $\mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 336,33 g dan 60,44% (Gambar 5.7).



Gambar 5.7 Rataan Pertumbuhan Biomassa dan Tingkat Kelangsungan Hidup Kepiting Bakau (*S. olivacea*) Pasca Injeksi Vitomolt. Huruf yang Berbeda di Atas Nilai Menunjukkan Perbedaan yang Nyata ($\alpha < 0.05$) Berdasarkan Uji Duncan

Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup kepiting bakau menunjukkan perlakuan injeksi vitomolt dosis 42 µg/bb setara dengan hormon molting dosis 1,0 µg/bb lebih tinggi dibanding perlakuan yang lain. Fenomena yang sama diperlihatkan pada peubah lainnya, seperti persentase molting dan lama waktu molting, kecepatan pertumbuhan mutlak dan relatif. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan kepiting bakau terhadap hormon molting 20-HE dan vitomolt tidak ditentukan oleh konsentrasi yang tinggi tetapi ditentukan oleh konsentrasi (dosis) yang tepat.

Untuk mengetahui dosis vitomolt yang optimal terhadap aktivitas molting kepiting bakau maka dilakukan analisis regresi. Hasil regresi hubungan antara dosis vitomolt dengan pertumbuhan biomassa diperoleh pola kuadratik dengan persamaan $Y = -0,142x^2 + 13,905x + 103,91$. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diprediksi bahwa dosis optimal vitomolt adalah 48.82 µg/bb (Gambar 5.8).



Gambar 5.8 Persamaan Regresi Dosis Optimal Fitoekdisteroid (vitomolt) yang Dapat Menstimulasi Pertumbuhan Biomassa Tertinggi pada Kepiting Bakau (*S. olivacea*). Tanda Panah Menunjukkan Dosis Optimal

Molting merupakan proses fisiologis yang dikontrol oleh hormon molting (Thompton, 2005; Kuballa dan Elizur, 2007). Penambahan hormon molting (vitomolt) merangsang molting lebih cepat. Menurut Fujaya *et al.* (2012), substansi yang serupa dengan hormon molting yang terdapat pada ekstrak bayam (vitomolt) secara sinergi bersama komponen-komponen lainnya mampu meningkatkan aktivitas sintesis protein dan karbohidrat sel sehingga efektif memacu molting dan pertumbuhan. Namun demikian respon tersebut sangat ditentukan oleh dosis vitomolt yang tepat.

Berdasarkan hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa dosis vitomolt 42 µg/bb selain meningkatkan persentase molting, waktu molting lebih cepat juga menghasilkan pertumbuhan yang tinggi. Pertumbuhan kepiting merupakan suatu proses perpaduan antara molting dan peningkatan biomassa somatik. Pertumbuhan somatik sangat ditentukan oleh tingkat konsumsi pakan. Pada krustase, pertumbuhan dan perkembangan ditandai dengan periode molting dan penggantian eksoskeleton sebagai respons terpadu dengan kondisi lingkungan (Passano, 1960). Molting krustase dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti suhu, salinitas dan bahan pencemar dan faktor internal termasuk status

gizi dan ablasi tangkai mata (Fingerman *et al.*, 1998). Pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup krustase sangat terkait dengan siklus molting (Hartnoll, 1982).

Pemberian vitomolt dosis $>42 \mu\text{g}/\text{bb}$ diduga menyebabkan produksi reseptor hormon menjadi terhambat dan kemampuan reseptor sel sasaran dalam mengikat hormon menurun (Dorrington, 1979). Reseptor adalah suatu perangkat biologi dalam tubuh yang bertugas mengenali kode yang dibawa oleh suatu hormon. Apabila kinerja reseptor menurun maka pembentukan produk baru seperti protein akan terhambat. Akibatnya, pertumbuhan dan molting akan terhambat.

Sedangkan vitomolt dosis $<42 \mu\text{g}/\text{bb}$ tidak efektif merangsang aktivitas molting lebih optimal diduga karena konsentrasi ekdisteroid yang rendah belum mampu berperan meningkatkan pembentukan protein. Karena menurut Donaldson *et al.* (1979), aksi metabolik steroid yang paling menonjol adalah digiatkannya metabolisme protein. Sintesis protein merupakan proses pertumbuhan paling mendasar, tanpa adanya produksi protein secara besar-besaran maka pertumbuhan tidak akan terjadi (Jobling *et al.*, 2001). Namun demikian, sel tubuh memiliki batas tertentu dalam menimbun protein, kalau batas tersebut telah dicapai, setiap penambahan asam amino dalam tubuh akan dideaminasi dan digunakan sebagai energi atau disimpan dalam sel-sel adipose sebagai lemak.

Selain meningkatkan pertumbuhan mutlak dan relatif, penggunaan vitomolt juga meningkatkan pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup kepiting. Pertumbuhan biomassa merupakan selisih antara biomassa akhir dengan biomassa awal. Pertumbuhan biomassa dan tingkat kelangsungan hidup tertinggi didapatkan pada dosis vitomolt $42 \mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar 486.333 g dan 80.48%. Jika dibandingkan dengan perlakuan vitomolt $17 \mu\text{g}/\text{bb}$ hanya sebesar 317.000 g dan 56,4%.

5.3.5 Kualitas Air

Kualitas air yang dirukur selama penelitian yaitu suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit disajikan pada Tabel 5.1. Dari tabel

parameter kualitas air menunjukkan bahwa suhu, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit kecuali pH mengalami fluktuasi yang ekstrim dan berada diluar batas optimal untuk kehidupan kepiting bakau.

Tabel 5.1 Nilai Kisaran, Rataan Harian dan nilai Optimal Parameter Kualitas Media Pemeliharaan Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Parameter	Nilai Kisaran	Rataan Harian	Nilai Optimal
Suhu (0C)	20–35.7	31.04±2.535	25–35 ^{0C} ¹
pH	7– 8.5	7.35±0.43	6.8–8.2 ²
Salinitas (ppt)	15– 35	29.25±3.390	25 ppt ³
Oksigen terlarut (ppm)	2.1–6.43	4.82±1.338	>5 ppm ⁴
Amoniak (ppm)	0.00–1.38	0.98±0.15.	<0,1 ⁵ ; <0.25 ⁶
Nitrit (ppm)	0.1–1.227	0.400±0.103	0.0–0.5 ⁷ ; 0.5–1.0 ⁸

Ket : ^{1,2,4,5} Fujaya *et al.* (2012), ³ Karim (2008a), ^{5,6} Wedemeyer dan Mcleay (1981), ^{4,7} Gaude dan Anderson (2011), ⁸Turano (2007), ¹Shelley dan Lovatelli (2011)

Kondisi kualitas air selama penelitian berada pada kisaran yang dapat ditolerir, namun fluktuasinya diluar nilai optimal untuk budidaya kepiting bakau. Kondisi tersebut diduga berpengaruh terhadap konsentrasi ecdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting. Pertumbuhan membutuhkan kondisi kisaran kualitas air yang sempit dibandingkan untuk melangsungkan kehidupannya. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya realokasi energi metabolik dari aktivitas pertumbuhan menjadi aktivitas untuk adaptasi lingkungan. Chung dan Webster (2005) mengemukakan bahwa akibat pengaruh lingkungan yang fluktuatif dan berada pada kisaran yang tidak optimal seperti suhu, dapat menyebabkan peningkatan *Hormon Hyperglycemic Crustacea* (CHH) pada kepiting laut, (*Carcinus maenas*). Hormon ini berperan dalam metabolisme karbohidrat. Peningkatan level CHH menyebabkan peningkatan kadar glukosa pada hemolimfa. Glukosa darah merupakan sumber bahan bakar utama dan substrat esensial untuk metabolisme sel.

5.4 Kesimpulan

Penambahan fitoekdisterid (vitomolt) meningkatkan konsentrasi ekdisterod hemolimfa. Konsentrasi ekdisteroid tertinggi yaitu pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan $\frac{3}{4}$ II ketika gaya gravitasi bulan lemah, namun ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat penambahan vitomolt tidak berhasil meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa.

Semakin tinggi dosis vitomolt yang diinjeksikan semakin tinggi konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pasca injeksi. Vitomolt dosis 48,82 $\mu\text{g}/\text{bb}$ merupakan dosis yang optimal karena mampu meningkatkan aktivitas molting kepiting bakau.

-oo0oo-

Bab 6

Gaya Gravitasi Bulan, Hormon Molting, dan Molting pada Kepiting Bakau

Pola dinamika konsentrasi ecdisteroid hemolimfa dipengaruhi oleh siklus bulan melalui gaya gravitasi bulan. Konsentrasi ecdisteroid tinggi pada fase bulan separuh I dan separuh II ketika gaya gravitasi bulan sangat lemah. Sebaliknya konsentrasi ecdisteroid rendah ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat yaitu fase bulan gelap dan purnama. Pola dinamika konsentrasi ecdisteroid hemolimfa kepiting bakau tersebut ditemukan pada habitat pemeliharaan di saluran tambak (permukaan dan dasar), tambak maupun bak percobaan. Pengaruh siklus bulan berbeda pada setiap habitat pemeliharaan. Meskipun kepiting bakau dipelihara pada habitat yang berbeda tetapi mempunyai pola dinamika ecdisteroid yang sama, sehingga diduga kuat bahwa dinamika konsentrasi ecdisteroid hemolimfa kepiting bakau dipicu oleh gaya gravitasi bulan.

Gaya gravitasi bulan yang kuat diduga sebagai faktor pemicu atau stimulus yang diterima oleh sistem saraf melalui organ sensori kepiting dan menjadi sebuah signal atau perintah pada sistem hormonal yang akan mengaktifkan neuron serotogenik tangkai mata yang merangsang kompleks sel-sel neurosekretori organ X untuk melepaskan hormon yang menghambat molting atau MIH (*Molt Inhibiting Hormone*). MIH dalam hemolimfa berikatan dengan permukaan reseptor sel organ Y yang menyebabkan adenilat siklase aktif dan mengubah *Adenosin Triphosphat*

(ATP) menjadi *Cyclic Adenosin Monophosphat* (cAMP). cAMP menghambat produksi hormon ekdison pada organ Y. Rendahnya sintesis ekdison pada organ Y menyebabkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa menjadi rendah. Sintesis dan pelepasan ekdisteroid berada di bawah kontrol MIH. Apabila konsentrasi MIH tinggi dalam hemolimfa maka sebaliknya konsentrasi MH (ekdisteroid) akan rendah (Soumoff & O'Connor, 1982; Mattson & Spaziani, 1985). Dengan demikian hasil penelitian ini mendukung hipotesis Zimecki (2006) yang menyatakan bahwa siklus bulan memiliki pengaruh terhadap perubahan hormonal pada invertebrata tingkat rendah. Pelepasan neurohormon diduga dipicu oleh radiasi elektromagnetik dan atau tarikan gravitasi bulan. Demikian pula Reaka (1976) yang menyatakan bahwa molting pada kepiting dikontrol oleh fase bulan dari pasang surut.

Apabila pola konsentrasi ekdisteroid hemolimfa hasil penelitian ini dihubungkan dengan produksi kepiting cangkang lunak di tambak seperti dilaporkan oleh Fujaya & Alam (2012), bahwa molting pada kepiting bakau umumnya terjadi sebelum atau sesudah bulan purnama dan bulan gelap. Pada kedua fase bulan tersebut terjadi pasang tertinggi *spring tide*, dimana kepiting aktif makan tetapi molting sangat sedikit, sebaliknya pada kondisi surut kepiting malas makan tetapi jumlah molting meningkat. Molting pada kepiting terjadi ketika konsentrasi ekdisteroid menurun secara drastis setelah mencapai konsentrasi maksimum (Chang & Bruce, 1980; Suganthi & Anikumar 1999; Huberman, 2000; Chung, 2010). Dengan demikian berdasarkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau hasil penelitian ini maka diduga molting terjadi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan fase bulan purnama adalah tahap pasca molting (postmolting). Hasil ini diperkuat oleh data produksi kepiting cangkang lunak di tambak dimana puncak produksi terjadi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I sebelum fase bulan purnama (Fujaya & Alam, 2012). Demikian pula Oesterling (2012) yang menyatakan bahwa jumlah kepiting yang molting mengalami peningkatan beberapa hari sebelum bulan purnama dan bulan gelap. Dengan demikian dinamika ekdisteroid hemolimfa diduga menjadi penyebab terjadinya dinamika molting kepiting.

Selain gaya gravitasi, pengaruh langsung siklus bulan pada perairan laut adalah peristiwa pasang surut. Pasang surut merupakan fenomena pergerakan naik dan turunnya permukaan air laut secara berkala. Ada dua macam pasang akibat siklus bulan, yakni pasang purnama *spring tide* dan pasang perbani *neap tide*. Pada budidaya kepiting di tambak mekanisme pergantian air dilakukan mengikuti periode pasang surut. Pergantian air akan terjadi secara maksimal ketika pasang tertinggi atau pasang purnama. Pasang tertinggi ini terjadi pada tanggal 1 dan 14 (berdasarkan kalender bulan). Sedangkan pasang perbani adalah pasang kecil yang terjadi pada tanggal 7 dan 21 kalender bulan. Aktivitas budidaya kepiting di tambak sangat tergantung kepada peristiwa pasang surut. Karena dengan pasang surut terjadi mekanisme pemasukan air baru pada saat pasang dan pengeluaran air yang sudah terpakai ketika surut pada aktivitas budidaya. Dengan demikian pasang surut berpengaruh langsung terhadap kualitas air. Keterkaitan antara kualitas air seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, amoniak dan nitrit dengan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting bakau sangat tinggi yaitu keterkaitannya mencapai 99.9% berdasarkan hasil uji PCA.

Terjadinya fluktuasi kualitas air yang ekstrim seperti suhu pada habitat saluran tambak (permukaan dan dasar), amoniak dan nitrit pada pemeliharaan di bak percobaan menjadi faktor yang menyebabkan rendahnya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa pada kedua habitat tersebut. Dibandingkan dengan pemeliharaan di tambak fluktuasi kualitas airnya relatif rendah. Kondisi kualitas air yang fluktuatif dan berada diluar kisaran optimal menyebabkan perubahan fungsi fisiologis normal (stres). Pada kondisi tersebut kepiting membutuhkan energi yang tinggi untuk merespon lingkungannya dan mempertahankan kondisi homeostatis. Pada krustase seperti kepiting apabila tubuh memerlukan energi yang tinggi maka cadangan energi yang tersimpan dalam bentuk glikogen pada hati diurai kembali melalui proses glikolisis dan lipolisis. Hasil proses glikolisis dan lipolisis dalam bentuk asam amino diedarkan dalam darah. Menurut Tayibu (2012), mobilisasi protein dalam bentuk asam amino dalam

hemolimfa merupakan salah satu strategi homeostasis dan kompensasi yang dikembangkan oleh juvenil udang windu dalam merespon lingkungannya dan keluar dari kondisi stres.

Selain perubahan fisiologi yang ditimbulkan apabila terjadi stres, respon lain adalah terjadinya gangguan nafsu makan. Hal tersebut dapat berakibat serius terhadap kehidupan kepiting karena disatu pihak kebutuhan energi cukup tinggi untuk pulih dari kondisi stres dipihak lain pasokan energi dari luar berkurang. Dengan demikian rendahnya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa kepiting pada habitat saluran tambak dan bak percobaan karena kepiting kekurangan energi yang cukup untuk sintesis ekdisteroid. Ekdisteroid disintesis oleh organ Y, prekursor utamanya adalah kolesterol. Kepiting tidak mampu mensintesis kolesterol sehingga harus disuplai dari makanan (Kanazawa *et al.*, 1988). Apabila asupan makanan berkurang berarti kolesterol yang tersedia untuk prekursor ekdisteroid juga rendah.

Molting pada kepiting sangat penting untuk pertumbuhan, merupakan proses yang kompleks, dipengaruhi oleh berbagai isyarat lingkungan, dan dikontrol oleh hormon molting (ekdisteroid). Berdasarkan pada dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa menunjukkan bahwa konsentrasi ekdisteroid mulai menurun pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan terendah pada bulan purnama. Untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tersebut, maka dilakukan upaya penambahan hormon molting eksogen yaitu 20-HE dan fitoekdisteroid (vitomolt) metode injeksi. Penambahan dilakukan pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I ketika konsentrasi ekdisteroid mulai menurun.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa respon kepiting bakau terhadap penambahan hormon molting eksogen menyebabkan meningkatnya konsentrasi ekdisteroid pada hemolimfa. Peningkatan tersebut secara signifikan terjadi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I dan fase bulan $\frac{3}{4}$ II, sebaliknya pada fase bulan purnama peningkatan konsentrasi ekdisteroid sangat rendah. Perubahan konsentrasi ekdisteroid yang lebih tinggi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I merupakan hasil respons dari penambahan hormon molting

eksogen secara injeksi yang langsung masuk ke saluran darah dan secara bersama-sama dengan ekdisteroid hasil sintesis organ Y untuk selanjutnya diangkut ke organ sasaran.

Konsentrasi ekdisteroid rendah pasca injeksi pada fase bulan purnama diduga karena gaya gravitasi bulan merupakan isyarat kunci *ultimate factor* terhadap sintesis ekdisteroid. Jadi selain sintesis ekdisteroid pada organ Y menurun akibat pengaruh gravitasi bulan, juga diduga ekdisteroid eksogenpun dengan cepat mengalami proses difusi pada organ pencernaan. Menurut Fulierton (1980), ekdisteroid merupakan steroid yang mudah mengalami metabolisme secara cepat dalam saluran cerna. Hal tersebut menyebabkan hormon yang masuk melalui saluran cerna sebagian terakumulasi dalam hepatopankreas untuk selanjutnya mengalami metabolisme, dan sebagian diabsorpsi oleh usus sebelum dibawa menuju ke organ sasaran. Selain hal tersebut diatas, dugaan lain adalah terkait dengan waktu paruh biologis hormon ekdisteroid dalam hemolimfa yang sudah habis. Karena menurut Hernawati (2007), bahwa waktu paruh biologis berbeda antara satu hormon dengan hormon lainnya. Hormon thyroxin dan steroid mempunyai waktu paruh antara 30 menit sampai beberapa hari.

Konsentrasi ekdisteroid meningkat kembali pasca injeksi pada fase bulan $\frac{3}{4}$ II diduga karena sintesis ekdisteroid pada organ Y mulai aktif kembali karena pengaruh gaya gravitasi bulan sudah mulai berkurang. Selain itu pada fase bulan sebelumnya yaitu bulan purnama terjadi pasang tinggi dimana aktivitas makan kepiting intensif pada saat terjadi pasang tinggi (Fujaya & Alam, 2012). Aktivitas makan yang tinggi menyebabkan tersedianya energi dan nutrisi dalam memenuhi kebutuhan untuk pertumbuhan dan proses biosintesis ekdisteroid. Kondisi tersebut direspon oleh kepiting untuk memproduksi ekdisteroid kembali untuk persiapan molting. Aplikasi hormon molting eksogen 20-HE mampu merangsang peningkatan ekdisteroid hemolimfa lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penambahan hormon molting. Hormon molting eksogen 20-HE merupakan hormon murni sehingga diduga mempunyai kemampuan

untuk mengkode kelenjar untuk mensintesis hormon lebih tinggi. Menurut Anonim (2011), hormon diproduksi setiap saat tetapi disekresikan pada saat dimana organ target memerlukan, karena itu dalam darah tidak selamanya ditemukan hormon. Apabila ditemukan hormon dalam darah hal tersebut mengindikasikan adanya aktivitas organ yang memerlukan hormon tersebut.

Respons berikutnya dari penambahan hormon molting eksogen adalah peningkatan aktivitas molting kepiting bakau seperti meningkatnya persentase molting, waktu molting yang lebih cepat, pertumbuhan, produksi biomassa dan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Namun demikian peningkatan tersebut sangat ditentukan oleh dosis hormon yang tepat. Hormon adalah pembawa pesan kimia yang diangkut oleh darah menuju ke organ sasaran. Respon organ sasaran terhadap hormon dapat terjadi secara cepat, beberapa jam, hari, bulan, tahun dan bahkan beberapa tahun tergantung pada jenis hormonnya. Dengan dosis ekdisteroid yang tepat, organ sasaran yaitu kutikula akan merespon pesan kimia (signal) tersebut untuk suatu aksi molting yang tepat. Menurut Meyer (2007), proses molting dimulai ketika sel-sel epidermal merespon perubahan hormonal melalui laju sintesis protein. Sintesis protein merupakan proses pertumbuhan paling mendasar, tanpa adanya produksi protein secara besar-besaran, maka pertumbuhan tidak akan terjadi (Jobling *et al.*, 2001). Protein berperan dalam pembentukan sel-sel baru, termasuk pembentukan kutikula atau eksoskeleton baru.

Dosis hormon molting eksogen $1,0 \mu\text{g}/\text{bb}$ mampu menghasilkan persentase molting sebesar $83,33 \pm 7,2\%$ dengan waktu molting $35,1 \pm 1,9$ hari. Jika dibandingkan dengan tanpa pemberian hormon molting eksogen, persentase moltingnya hanya sebesar $62,5 \pm 7,2\%$ dengan waktu molting $50,7 \pm 3,1$ hari. Selain persentase molting yang meningkat dan waktu molting yang cepat penambahan hormon molting eksogen juga meningkatkan pertumbuhan berat dan panjang karapas kepiting bakau. Pertumbuhan berat relatif kepiting bakau dosis $1,0 \mu\text{g}/\text{bb}$ sebesar $52,88 \pm 1,00\%$ dan pertumbuhan panjang karapas sebesar $19,74 \pm 0,09\%$.

Dibandingkan perlakuan tanpa hormon eksogen, pertumbuhan berat relatif sebesar $33,17 \pm 1,96\%$ dan pertumbuhan panjang karapas relatif hanya sebesar $13,78 \pm 0,41\%$. Dengan demikian dosis hormon molting eksogen 20-HE yang terbaik pada kepiting bakau adalah $1,0 \mu\text{g}/\text{bb}$ dan dosis optimalnya adalah $1,03 \mu\text{g}/\text{bb}$.

Pada penelitian ini selain menggunakan hormon molting 20-HE juga dicobakan hormon molting yang bersumber dari tumbuhan (fitoekdisteroid) yaitu vitomolt. Aktivitas molting kepiting bakau dengan pemberian vitomolt dosis $42 \mu\text{g}/\text{bb}$ lebih tinggi dibandingkan dosis vitomolt 17, 29, 54 dan $67 \mu\text{g}/\text{bb}$. Berdasarkan hasil tersebut diduga dosis vitomolt yang terbaik adalah $42 \mu\text{g}/\text{bb}$ dan dosis optimalnya adalah $48,82 \mu\text{g}/\text{bb}$. Perbandingan aktivitas molting kepiting bakau dengan menggunakan hormon molting 20-HE dan vitomolt (Tabel 6.1).

Tabel 6.1 Perbandingan Aktivitas Molting Kepiting Bakau (*S. olivacea*) dengan Perlakuan Injeksi Hormon Molting 20 HE dan Vitomolt

Aktivitas Molting	Jenis Hormon Molting Eksogen		Tanpa hormon molting eksogen
	20-HE ($1,0 \mu\text{g}/\text{bb}$)	Vitomolt ($42 \mu\text{g}/\text{bb}$)	
Persentase molting (%)	$83,33 \pm 7,2^a$	$79,49 \pm 2,70^a$	$62,5 \pm 7,2^b$
Waktu molting (hari)	$35,1 \pm 17^a$	$41,6 \pm 0,94^a$	$50,6 \pm 3,1^b$
Pertumbuhan bobot relatif (%)	$52,88 \pm 1,00^a$	$47,68 \pm 1,90^a$	$33,17 \pm 1,96^b$
Pertumbuhan lebar karapas relatif (%)	$19,74 \pm 0,09^a$	$16,89 \pm 1,47^a$	$13,78 \pm 0,41^a$
Pertumbuhan biomassa (g)	$539,00 \pm 13,6^a$	$486,33 \pm 13,53^b$	$220 \pm 21,4^c$
Tingkat Kelangsungan hidup (%)	$83,3 \pm 7,2^a$	$79,48 \pm 441^a$	$62,0 \pm 0,0^a$

Ket: Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan uji *t*-student

Aktivitas molting kepiting bakau yang diinjeksi hormon molting eksogen 20-HE cenderung lebih baik dibandingkan penggunaan fitoekdisteroid (vitomolt). Hal tersebut diduga karena kedua jenis hormon tersebut berasal dari sumber yang berbeda. Menurut Fujaya *et al.* (2013b), bahwa berdasarkan hasil kromatografi lapis tipis atau *Thin Layer Chromatography* (TLC), pengamatan dengan sinar UV pada panjang

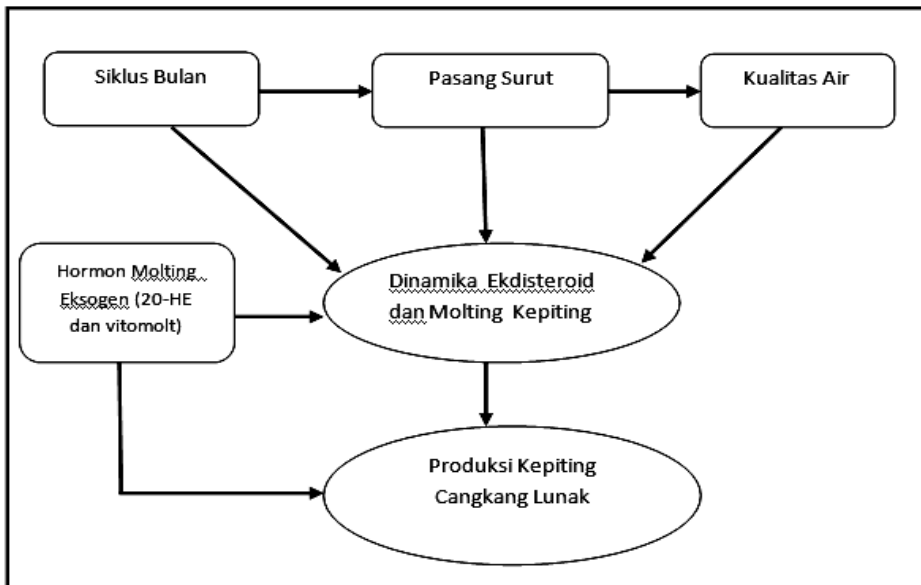
gelombang 254 nm dan 366 nm kelompok senyawa dari tanaman bayam (vitomolt) mempunyai nilai *Retardation factor* (*Rf*) yaitu 0.25 sedangkan hormon 20-HE nilai *Rf*nya yaitu 0.67. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hormon 20-HE mengandung 0,67 sebagai ekdisteroid lebih tinggi dari vitomolt yang hanya mengandung 0,25 ekdisteroid. Kandungan ekdisteroid yang lebih tinggi pada hormon 20-HE menyebabkan responnya terhadap aktivitas molting juga lebih tinggi dibandingkan vitomolt. Walaupun aktivitas molting kepiting lebih tinggi dengan menggunakan hormon molting 20-HE tetapi dengan pertimbangan efisiensi biaya maka penggunaan vitomolt lebih efisien (Tabel 6.2). Selain itu vitomolt telah digunakan sebagai stimulan molting pada budidaya kepiting cangkang lunak khususnya di Sulawesi Selatan. Penggunaannya terbukti mampu meningkatkan aktivitas molting kepiting bakau dibandingkan tanpa penambahan hormon molting eksogen.

Tabel 6.2 Perbandingan Biaya untuk Penggunaan Hormon Murni (20-HE) dan Ekstrak Bayam (Vitomolt)

Parameter	Jenis Hormon	
	20-HE	Vitomolt
Dosis optimal	1,0 µg/bb	42 µg/bb
Estimasi berat kepiting sampel (50 g/ekor)	50 µg/ekor	2100 µg/ekor
Estimasi jumlah sampel kepiting (100 ekor)	5000 µg atau 5 mg	210.000 µg atau 210 mg
Harga/mg	Rp. 1.000.000,-	Rp. 240,-
Biaya hormon untuk 100 ekor kepiting	Rp. 5.000.000,-	Rp. 50.400,-

Dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan dan penjelasan yang telah dikemukakan (Bab. 2,3, 4 dan 5) maka dapat ditunjukkan suatu hubungan antara siklus bulan, pasang surut, kualitas air menjadi faktor yang sangat menentukan terjadinya dinamika ekdisteroid hemolimfa dan molting kepiting bakau. Upaya penambahan hormon molting eksogen untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa ketika mulai

rendah pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I menjadi alternatif rekayasa untuk meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa dan aktivitas molting kepiting bakau (Gambar 6.1).



Gambar 6.1 Hubungan Antara Siklus Bulan, Pasang Surut dan Kualitas Air terhadap Dinamika Ekdisteroid dan Molting Kepiting, serta Upaya Penambahan Hormon Molting Eksogen untuk Meningkatkan Produksi Kepiting Cangkang Lunak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hormon molting eksogen 20-HE atau vitomolt meningkatkan persentase molting, mempercepat waktu molting, meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup kepiting. Menurut Gunamalai *et al.* (2004); Spaziani *et al.* (1989), ekdisteroid selain berperan sebagai hormon molting, juga berperan sebagai pengatur fungsi fisiologis lain seperti pertumbuhan, metamorphosis, dan reproduksi.

Sebagai hormon molting, ekdisteroid berperan meningkatkan pembentukan protein melalui peningkatan sintesis mRNA (Klein, 2004). Pendapat yang sama dikemukakan oleh Craig dan Stitzel (1997); Triajie

(2010), bahwa hormon steroid bersifat anabolik dan androgenik. Sifat androgenik lebih menonjol karena sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan organ reproduksi, organ seksual sekunder dan kelenjar aksesoris kelamin. Sifat anabolik yaitu meningkatkan densitas tulang, massa sel darah merah dan massa otot. Dengan demikian penambahan hormon molting (ekdisteroid) selain menstimulir molting juga menstimulir pertumbuhan kepiting.

Hormon molting 20 HE dosis 1,03 $\mu\text{g}/\text{bb}$ atau vitomolt dosis 48,82 $\mu\text{g}/\text{bb}$ diduga merupakan dosis yang optimal pada kepiting bakau. Dosis yang optimal akan direspon oleh sel sasaran dengan efek menstimulir pembentukan produk baru seperti protein sehingga pertumbuhan meningkat. Pertambahan bobot yang maksimal menjadi isyarat untuk melakukan persiapan molting. Menurut McConaughy (1979) dosis hormon 20-HE yang optimal pada kepiting kuning (*Cancer anthonyi*) yaitu 400 mg, sedangkan pada kepiting (*Rhithropanopeus harrisi*) dosis 5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (McConaughy dan Costlow, 1980), kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) 1 μg (Azra *et al.*, 2012). Dosis ekdisteroid yang optimal dapat bervariasi antara spesies, ukuran, tahap molting dan berbagai faktor lingkungan.

Menurut Meyer (2006), hormon adalah sinyal kimia yang diproduksi dalam jumlah yang sangat kecil namun dapat menyebabkan perubahan besar dalam sel target mereka. Efeknya mungkin stimulasi atau penghambatan. Salah satu efek penghambatan dapat terjadi ketika dosis hormon tersebut tidak tepat. Turner dan Bagnara (1998) mengemukakan bahwa dosis hormon yang rendah atau berlebih akan menimbulkan konsekuensi yang hebat terhadap organisme. Konsentrasi hormon yang tinggi menyebabkan produksi reseptor hormon tersebut menjadi terhambat dan kemampuan reseptor sel sasaran dalam mengikat hormon menurun. Reseptor adalah suatu perangkat biologi dalam tubuh yang bertugas mengenali kode yang dibawa oleh suatu hormon. Bila kinerja suatu hormon menurun maka pembentukan produk baru seperti protein akan terhambat pula. Akibatnya, pertumbuhan dan molting akan terhambat.

Pertumbuhan biomassa kepiting bakau yang diinjeksi vitomolt pada fase bulan $\frac{3}{4}$ I ketika ekdisteroid hemolimfa mulai menurun dapat meningkatkan produksi kepiting cangkang lunak dari 220.00 g menjadi 486.333 g. Apabila dikonversi ke padat tebar 10.000 ekor/ha maka produksinya dapat mencapai 725.865,149 g atau 725,865 kg.

-oo0oo-

BAB 7

PENUTUP

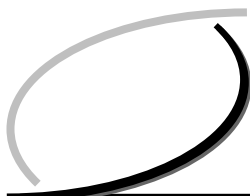
Molting merupakan proses yang kompleks, dipengaruhi beberapa faktor baik eksternal maupun internal dari kepiting itu sendiri. Rangkaian hasil penelitian yang telah dibahas pada beberapa bab sebelumnya telah mengungkap secercah faktor yang mempengaruhi molting meskipun masih banyak faktor lain yang belum terungkap dan saling pengaruh mempengaruhi. Berdasarkan kajian dari rangkaian penelitian tersebut maka beberapa kesimpulan umum yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Siklus bulan berpengaruh secara langsung melalui gaya gravitasi bulan terhadap dinamika konsentrasi ekdisteroid hemolimfa. Konsentrasi ekdisteroid hemolimfa tinggi ketika gaya gravitasi bulan paling lemah yaitu fase bulan separuh I dan separuh II. Sebaliknya konsentrasi ekdisteroid hemolimfa rendah ketika gaya gravitasi bulan paling kuat, yaitu pada fase bulan gelap dan purnama. Dinamika ekdisteroid hemolimfa tersebut penyebab terjadinya fluktuasi molting pada kepiting
2. Aplikasi hormon molting eksogen 20-HE dan vitomolt efektif meningkatkan konsentrasi ekdisteroid hemolimfa ketika gaya gravitasi bulan lemah, tetapi peningkatan tersebut sangat rendah ketika gaya gravitasi bulan sangat kuat
3. Aktivitas molting kepiting bakau meningkat dengan penambahan hormon molting eksogen 20-HE dan vitomolt.

4. Dosis hormon molting 20- HE dan vitomolt yang optimal adalah masing-masing 1,03 $\mu\text{g}/\text{bb}$ dan 48, 82 $\mu\text{g}/\text{bb}$.

Untukantisipasi pengaruh buruk gaya gravitasi bulan terhadap kualitas air maka perlu pengelolaan kualitas air lebih intensif ketika gaya gravitasi bulan lemah yaitu pada saat amplitudo pasang surut rendah. Untuk meningkatkan aktivitas molting kepiting bakau pada budidaya kepiting cangkang lunak di tambak sebaiknya menggunakan fitoekdistteroid (vitomolt) dosis 48,82 $\mu\text{g}/\text{bb}$. Masih diperlukan kajian tentang penambahan hormon molting eksogen terhadap mekanisme fisiologis kepiting bakau.

-oo0oo-



DAFTAR PUSTAKA

- Adams, S.M. 1990. Status and biological indicator for evaluating the effects of stress on fish. In Adams, S.M. (Ed.). Biological indicator of stress in fish. *American Fisheries Symposium*. 8:1-8.
- Afrianto, E. dan E. Liviawaty, 1995. *Pemeliharaan Kepiting*. Kanisius, Yogyakarta.
- Aiken, D.E. 1969. *Photoperiod, Endocrinology And The Crustacean Molt Cycle*. Science, New York. 164: 149-155.
- , D. E. 1980. Moulting and growth. In: The Biology and Management of Lobster. Cobb, J.S. and Phillips, B.F (ed). *Academic Press, New York*. 1:91-163.
- , D.E., Roubichaud, W.J.M., Waddy, S.L. 1983. Seasonal differences in the effects of photoperiod on survival and development of larva American lobster (*Homarus americanus*). *Journal of World Mariculture Society*. 13: 278-293.
- Alcaraz, G., Carrara X.C., Canegas C. 1997. Temperature tolerance of *Penaeus setiferus* postlarvae exposed to ammonia and nitrite. *Aquatic Toxicology*. 39:345-353
- Anilkumar, G., dan Adiyodi, A.G. 1983. Reproductive strategies of two populations of the freshwater crab, *Parathelphusa hydrodromous*

- (Herbst). *International Symposium on Invertebrate Reproduction*, Tübingen, W. Germany.
- Anonim, 2011. *Budidaya Kepiting Soka*. (online) <http://www.bi.go.id/web/id/umkmbi>. (Diakses 2 Agustus 2014).
- Anonim, 2011. *Hormon*. Materi kuliah. Fakultas Peternakan Universitas Pajajaran. <https://www.google.com/>. (Diakses 10 Nopember 2014).
- Aslamyeh, S. dan Fujaya, Y. 2011. Stimulasi molting dan pertumbuhan kepiting bakau (*Scylla* sp.) melalui aplikasi pakan buatan berbahan dasar limbah pangan yang diperkaya ekstrak bayam. *Indonesian Journal of Marine Science*. 15(3):170-178.
- Azis. 2008. Perangsangan molting pascalarva lobster air tawar jenis capit merah (*Cherax quadricarinatus* Von Martens) dengan perlakuan suhu. Tesis. Program Studi Ilmu Perairan. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. 78 pp.
- Azra, M.N., Safiah, J., Munafi, A.B.A., Ikhwanuddin, M. 2012. Effects of 20-Hydroxyecdysone on Early Larval Stages of Blue swimming Crab's, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758). *International Annual Symposium on Sustainability Science and Management* 09th-11th, Terengganu, Malaysia. pp.71-77.
- Bathori, M., Toth, N., Hunyadi, A., Marki, A., Zador E. 2008. Phytoecdysteroids and anabolic-androgenic steroids-structure and effects on humans. *Current Medicinal Chemistry*. 15(1): 75-91.
- Bell, G. W. 2009. The impact of episodic hypoxia on blue crabs (*Callinectes sapidus*): from molecules to populations. Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleigh, 142 pp.
- Boyd, C.E. 1982. *Water Quality Management for Pond for Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 318 pp.
- Brown, S.D., dan Bert, T.M. 1993. The effects of temperature and salinity on molting and survival of *Menippe adina* and *M. mercenaria* (Crustacea, Decapoda) postsettlement juveniles. *Marine Ecology*. 99: 41-49.

- Brouwer, M., Larkin, Brown-Peterson, N.J., King, C., Manning, S., Denslow, 2004. Effects of hypoxia on gene and protein expression in the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Marine Environmental*. 58:787-792.
- Carlisle, D.B. 1957. On the hormonal inhibition of moulting in decapod Crustacea. 2. The terminal anecdysis in crabs. *Journal of the Marine Biology*. Association of the United Kingdom. 36:291-307.
- Cavalli, R.O., Berghe E.V., Lavens P., Thuy N.T.T., Wille M., Sorgeloos P. 2000. Ammonia toxicity as a criterion for the evaluation of larval quality in the Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. C 125: 333-343.
- Chang, E.S., dan O'Connor, J.D. 1977. Secretion of a-ecdysone by crab Y-organs in vitro. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 74: 615-618.
- , E.S., Bruce, M.J. 1980. Ecdysteroid titers of juvenile lobsters following molt induction. *Experimental Zoology*. 2(14): 157-160.
- Chen, J.C., Nan, F.H., Kuo, C.M. 1991. Oxygen consumption and ammonia-excretion of prawns (*Penaeus chinensis*) exposed to ambient ammonia. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*. 21: 377-382.
- , J.C., dan Chen, S.F. 1992. Accumulation of nitrite in the haemolymph of *Penaeus monodon* exposed to ambient nitrite. *Comparative Biochemistry and Physiology*. C 103: 477-481.
- , J.C. dan Kou C.T. 1996. Nitrogenous excretion in *Macrobrachium rosenbergii* at different pH levels. *Aquaculture*. 144: 155-164.
- , J.C., dan Chia, P.G. 1997. Osmotic and ionic concentrations of *Scylla serrata* (Forsk.) subjected to different salinity levels. *Comparative Biochemistry Physiology*. A 17(2): 239-244.
- Chen, S., Jingwei, W., Huner, J.V., Malone, R.F. 1995. Effects of temperature upon ablation-to-molt interval and mortality of red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*) subjected to bilateral eyestalk ablation. *Aquaculture*. 138: 205-217.

- Cheng, J.H., dan Chang, E.S. 1991. Ecdysteroid treatment delays ecdysis in the lobster, *Homarus americanus*, *Biological Bulletin*. 181(1): 169–174.
- Cheng, W., Liu, C.H., Yan, D.F., Chen, J.C., 2002. Hemolymph oxyhemocyanin, protein, osmolality, and electrolyte levels of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* in relation to size and molt stage. *Aquaculture*. 211: 325–339.
- Chin, T. S., dan Chen, J.C. 1987. Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn. *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. 66: 247–253.
- Chung, J.S. 2010. Hemolymph ecdysteroids during the last three molt cycles of the blue crab, *Callinectes sapidus*: quantitative and qualitative analysis and regulation. *Archives Insect Biochemistry Physiology*. 73(1): 1–13.
- , J. S. dan Webster, S. G. 2005. Dynamics of in vivo release of molt-inhibiting hormone and crustacean hyperglycaemic hormone in the shore crab, *Carcinus maenas*. *Endocrinology*. 46: 5545–5551.
- , Chung, J.S, Dirksen, H., Webster S.G. 1999. A remarkable, precisely timed release of hyperglycemic hormone from endocrine cells in the gut is associated with ecdysis in the crab *Carcinus maenas*. *Proceedings of The National Academy of Science USA*. 96(23): 13103–13107.
- Colt, J.E., dan Armstrong, D.A., 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish, and molluscs. Allen, L.J., Kinney, E.C. (Ed.), *Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture*. Fish Culture Section, American Fisheries Society. *Northeast Society of Conservation Engineers*, Bethesda, MD. pp. 34–47.
- Craig, C.R., Stitzel, R.E. 1997. *Modern Pharmacology with Clinical Application*. Boston. Little Brown and Company. 456 pp.
- Davis, G.E. 1981. Effect of injuries on spiny lobster, *Panulirus argus*, and implications for fishery management. *Fishery Bulletin*. 78: 979–984.

- DeFur, P.L., Mangum, C.P. 1979. The effects of environmental variables on the heart rates of invertebrates. *Comparative Biochemistry Physiology. A* 62: 283-294.
- , P.L., Mangum, C.P, Reese, J.E. 1990. Respiratory responses of the blue crab *Callinectes sapidus* to longterm hypoxia. *Biology Bulletin*. 178: 46-54.
- Diaz, A.C., Liliana, G.S, Elena, I.C., Ana, M.P. 2003. Growth, molt and survival of *Palaemonetes argentinus* (Decapoda, Caridea) under different light-dark conditions. *Iheringia, Série Zoologia*. 93(3): 249-254.
- Dillaman, R., Hequembourg, S., Gay, M. 2005. Early pattern of calcification in the dorsal carapace of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Journal of Morphology*. 263(3): 356-374.
- Donaldson, E. M., Fagerlund, U. H. M., Higgs, D. A., McBride, J. R., 1979. Hormonal enhancement of growth. Hoar, W. S., Randall, D. J., & Brett, J. R. (Ed.), *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*. Academic Press, New York, pp. 455-597.
- Dorrington. 1979. *Pituitary and Placental Hormones*. Austin, C.R & RV Short, R.V (ed.). *Reproduction in Mammals; Mechanisms of hormone action*. Cambridge: Cambridge University Press. 7: 53-80.
- Drach, P. 1939. *Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes*. *Ann Inst Océanogr Monaco*. 19:103-391.
- Dronkers, J.J. 1964. *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*. North-Holland Publishing Company. Amsterdam. 518 pp.
- Dvoretsky, A.G., Dvoretsky, V.G. 2010. Hemolymph Molting Hormone Concentration in Red King Crabs from the Barent Sea. *Polar Biology*. 33: 1293-1298.
- Effendie, M.I. 1979. *Metode Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor: 112 pp.
- Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E., Thurston, R.V. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 32(12): 2379-2388.

- Fattah, M.H., Asbar dan A. Boceng, 2000. "Potensi Perairan Hutan Mangrove Pesisir Malangke Luwu Utara Sulawesi Selatan untuk Kawasan Konservasi dan Penyangga Plasma Nutfah Kepiting Bakau." Makalah disampaikan dalam Konferensi Nasional II Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Indonesia, 15-17 Mei 2000 di Makassar.
- Feldman, J.I.G. 2009. Phytoecdysteroids. Understanding their anabolic activity. *Dissertation*. The State University of New Jersey. 144 pp.
- Ferraris, R.P., Estepa, F.D.P., Ladja, De Jesus, E.G. 1986. Effect of salinity on the osmotic. chloride. total protein and calcium concentration in the hemolymph of the prawn. *Penaeus monodon* Fabricius. *Comparative Biochemistry Physiology*. A 83(4): 701-708.
- Fingerman, M. 1987. *The Endocrine Mechanisms of Crustaceans*. Crustacean Biology. 7: 1-24.
- , M., Jackson, N.C., Nagabhushanam, R. 1998. Hormonally-regulated functions in crustaceans as biomarkers of environmental pollution. *Comparative Biochemistry Physiology*. C 120: 343-350.
- Fujaya, Y. 2004. Fisiologi Ikan; *Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan*. Rineka Cipta. Jakarta. 177 pp.
- , Y., 2011a. Growth and Molting of Mud Crab Administered by different doses of vitomolt. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 10(1): 24-28.
- , Y., 2011b. Respon molting, pertumbuhan, dan mortalitas kepiting bakau (*Scylla olivacea*) yang disuplementasi vitomolt melalui injeksi dan pakan buatan. *Indonesia Jurnal of Marine Science*. 16(4): 211-218.
- _____, Y., dan Alam, N. 2012. Pengaruh kualitas air, siklus bulan, dan pasang surut terhadap molting dan produksi kepiting cangkang lunak (*soft shell crab*) di tambak komersil. Makalah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia. pp.1-10.

- _____, Y., Aslamyeh, S., Fudjaya, L.M., Alam, N. 2012. *Budidaya dan Bisnis Kepiting Lunak*. Stimulasi molting dengan ekstrak bayam. Brilian Internasional. Surabaya. 114 hal.
- , Y., Suryati, E., Nurcahyono, E., Alam, N. 2009. Titer Ecdysteroid Hemolymph dan Ciri Morfologi Rajungan (*Portunus pelagicus*) selama fase molting dan reproduksi. *Torani*, 18(3): 266-274.
- , Y., dan Trijuno, D.D. 2007. Haemolymph ecdysteroid profile of mud crab during molt and reproductive cycles. *Torani* 17(5): 415-421.
- _____, Y., Trijuno, D.D., Haryati, Hasnidar; Rusdi, M. 2013a. The use of mulberry (*Morus alba*) extract in the mass production of blue swimming crab (*Portunus pelagicus* L.) larvae to overcome mortality due to molting syndrome. *Journal of Aquatic Science and Technology*. 1(2): 1-7.
- , Y., Trijuno, D.D., Haryati, Hasnidar, Rusdi M. 2013b. *Efektivitas Kinerja Vitomolt yang Diaplikasi Melalui Pakan dalam Menstimulasi Pertumbuhan dan Molting Bibit Kepiting Soka (Scylla olivacea)*. KP-480.
- Fulierton, D.S. 1980. *Steroid dan Senyawa Terapetik Sejenis*. Buku teks Wil-son dan Buku teks Wilson dan Gisvold. Kimia farmasi dan medicinal organik. Editor: Doerge, R.F. edisi VIII, bagian II. J.B. Lippincott Company. Philadelphia – Toronto. USA. pp. 675-754.
- Gaudé, A.R., Anderson, J.A. 2011. Soft Shell Crab Shedding Systems. *Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication*. 6 pp.
- Geun, K. J., Gil, K. S., Hoon, J. J., Man, K. J., Sungchul, C. B., Chan, K. J. 2005. Effects of ammonia and nitrite on survival, growth and moulting in juvenile tiger crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus). *Aquaculture Research*. 36: 79-85.
- Gleeson, R.A, Zubkoff, P.L. 1977. The determination of hemolymph volume in the blue crab, *Callinectes sapidus*, utilizing 14 C-thiocyanate. *Comparative Biochemistry Physiology*. A 56: 411-413.

- Gunamalai, V., Kirubakaran, R., Subramoniam, T. 2004. Hormonal coordination of molting and female reproduction by ecdysteroids in the mole crab *Emerita asiatica* (Milne Edwards). *General Comparative Endocrinology*. 138(2): 128-138.
- Gunarto, 1990. "Kepiting Bakau, *Scylla serrata* Forskal: Prospek dan Budidayanya di Tambak." *Dalam* Cholik, F., H. Pramana, H. Mansur dan Rosmiati (ed). *Prosiding Temu Karya Ilmiah Potensi Sumberdaya Perikanan Pantai Sulawesi Tengah*. Palu, 23-24 Oktober 1989. Badan Litbang Departemen Pertanian, Balitkandita : 95-103.
- , A. Mustafa dan Suharyanto, 1987. "Pemeliharaan Kepiting Bakau, *Scylla serrata* (Forskal) pada Berbagai Tingkat Kadar Garam dalam Kondisi Laboratorium." *Dalam* Jurnal Penel. Budidaya Pantai, 3 (2): 60-64.
- Hammond, K.S., John, W.H., Colin, R.T., Lokman, P.M. 2005. Effects of temperature and water calcium concentration on growth, survival and molting of freshwater crayfish, *Paraneophrops zealandicus*. *Aquaculture*. 251: 271-279.
- Hartnoll, R.G. 1982. *Growth*. Abele, L.G. (ed.), *Biology of the Crustacea*. Academic Press. 1: 111-196.
- Harrison, P.L., Wallace, C.C. 1990. *Reproduction, Dispersal and Recruitment of Scleractinian Corals*. Dubinsky (ed.). *Coral Reefs: Ecosystems of The World*. Amsterdam Oxford New York, Tokyo: Elsevier. 25:132-207.
- Hernawati, 2007. *Aspek Fisiologis Kelenjar Endokrin*. Bahan Kuliah Endokrinologi. Jurusan Pendidikan Biologi - Fpmipa Universitas Pendidikan Indonesia. 21 pp.
- Hines, A. H. 1982. Allometric Constraints and Variables of Reproductive Effort in Brachyuran Crabs. *Marine Biology*. 69: 309-320.
- Hopkins, P.M. 2009. Crustacean ecdysteroids and their receptors. Smagghe, G. (ed.). *Ecdysone: Structures and Functions*. New York: Springer, pp. 73-98.

- Huberman. 2000. Shrimp endocrinology. A Review. *Aquaculture*. 191:191-208.
- Imayavaramban, L.D., Dhayaparan, H., Devaraj. 2007. Molecular mechanism of molt-inhibiting hormone (MIH) induced suppression of ecdysteroidogenesis in the Y-organ of mud crab: *Scylla serrata*. *FEBS Letters* 581: 5167–5172.
- Ismail, I. 1992. *Potensi dan Dinamika Populasi Kepiting Bakau, Scylla serrata (Forsk.) di Desa Lamurukung Kabupaten Bone*. Skripsi Fakultas Perikanan, Universitas Muslim Indonesia, Ujungpandang.
- Jobling, M. 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Journal Aquaculture Research*. 34:581-584.
- M., Boujard, t., Houlihan, D. 2001. *Food Intake in Fish*. Blackwell Science Ltd, A Blackwell Publishing Company. 415 pp.
- Jompa, H., Kamaruddin, Septiningsih, E. 2013. Penambahan daun murbei dalam pakan sebagai hormon stimulant molting pada produksi kepiting cangkang lunak. *Prosiding Seminar Insentif Riset SINas*. p 503-515.
- Jompa dan Suryanto, H. 2014. Murbei (*Morus spp*): Potensi, Nilai Nutrisi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Kepiting Cangkang Lunak (*Soft shell Crab*) di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Tahunan Ke III Hasil-hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang. 17 pp.
- Jurenka, R., 2013. *Physiology And Maintenance. Insect Physiology*. Department of Entomology, Iowa State University, USA. 8 pp.
- Kamiguchi, Y. 1971. Studies on the molting in the Freshwater Prawn, *Palaemon paucidens*. Some Endogenous and Exogenous Factors Influencing the Intermolt Cycle. *Journal Faculty Science, Hokkaido University. Zoology*. 18(1): 15-23
- Kanazawa A, Chim L, Laubier L. 1988. Tissue uptake of radioactive cholesterol in the prawn *Penaeus japonicus* Bate during ovarian maturation. *Aquatic Living Resources*. 1: 85-91.

- Karim, M.Y. 2005. Kinerja pertumbuhan kepiting bakau betina (*Scylla serrata* Forskal) pada berbagai salinitas media dan evaluasinya pada salinitas optimum dengan kadar protein pakan berbeda. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 95 pp.
- , M.Y. 2007. The effect of osmotic at various medium salinity on vitality of female mud crab (*Scylla olivacea*). *Jurnal Protein*. 14(1): 65-72.
- , M.Y. 2008a. Pengaruh Salinitas Terhadap Metabolisme Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*). *Jurnal Perikanan, Journal of Fisheries Sciences*. 10(1): 37-44.
- _____, M.Y. 2008b. Kajian Osmoregulasi Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*) pada Berbagai Salinitas. *Ichthyos, Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 7(1): 21-26.
- Kasri, A., 1991. *Budidaya Kepiting Bakau dan Biologi Ringkas*. Bhratara, Jakarta.
- KKP. 2014. *Potensi Tambak Nasional*. (Diakses 20 Maret 2014).
- Klein, R. 2004. Phytoecdysteroids. *Journal of the American Herbalist Guild*. p.18-28.
- Kuballa, A., Elizur, A. 2007. Novel molecular approach to study moulting in crustaceans. *Bulletin Fisheries Research Agency*. 20:53-57.
- Laird, C.E., dan Haefner, P.A. 1976. Effects of intrinsic and environmental factors on oxygen consumption in blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 22:171-178.
- Lockwood, A.P.M. 1967. *Aspect of the Physiology of Crustacea*. WH Freeman and Company, San Fransisco. 328 pp.
- Loseke, L. 2003. *All about Molting*. [http://www.crabstreetjournal.com/ articles](http://www.crabstreetjournal.com/articles). (Diakses 20 Oktober 2012).

- Lovett, D. L., Verzi, M. P., Clifford, P. D. Borst, D. W. 2001. Hemolymph levels of methyl farnesoate increase in response to osmotic stress in the green crab *Carcinus maenas*. *Comparative Biochemistry Physiology*. 128: 299-306.
- Lwin, M.M.N. 2011. *Polyculture of Tilapia and Seaweeds in Soft-Shell Mud Crab Ponds in Indonesia and Thailand*. <http://ag.arizona.edu/aza-qua/ista/ISTA9/PDF's/NoeNoeMudCrabs.pdf>. (Diakses 20 Oktober 2012).
- Maltby, L., 1995. Sensitivity of the crustaceans *Gammarus pulex* (L.) and *Astllus aquaticus* (L.) to short-term exposure to hypoxia and unionized ammonia: observations and possible mechanism. *Water Research*. 29(3): 781-787.
- Mattson, M.P., Spaziani, E., 1985. Characterization of molt-inhibiting hormone MIH. action on crustacean Y-organ segments and dispersed cells in culture and a bioassay for MIH activity. *Journal Experimental Zoology*. 236(1): 93-101.
- Mazurová, E., K. Hilscherová, R. Triebskorn, H. Köhler, B. Marsálek & L. Bláha. 2008. Endocrine regulation of the reproduction in crustaceans: identification of potential targets for toxicants and environmental contaminants. *Biología*. 63(2): 139-150.
- McConaughy, J.R. 1979. The Effects of 20-hydroxyecdysone on Survival and Development of First and Third Stage *Cancer anthonyi* Larvae. *General and Comparative Endocrinology*. 37: 421-427.
- , J.R., Costlow, J.D. 1980. Ecdysone Regulation of Larval Crustacean Molting. *Comparative Biochemical and Physiological*. A 68:91-93.
- McDowall, R.M., 1969. *Lunar Rhythms in Aquatic Animals: A General Review*. *Tuatara*. 7(3):133-143.
- McMahon, B.R. 2001. Respiratory and circulatory compensation to hypoxia in crustaceans. *Respiration Physiology*. 128(3):349-364.

- Meyer, J.R. 2006. Insect Physiology. The Endocrine System. Department of Entomology NC. State University. General Entomology. ENT. 425.
- , J.R. 2007. Morphogenesis. Departement of Entomologi NC State University. Wwww. Morphogenesis.htm. (Diakses 27 Oktober 2012).
- Metusalach. 2007. Pengaruh fase bulan dan ukuran tubuh terhadap rendemen, kadar protein, air, dan abu daging kepiting rajungan (*Portunus spp.*). *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin*. Torani. 17(3): 223-239.
- Millamena, O.M., dan Qunitio, E.T. 1999. Reproductive performance of pond-sourced *Scylla serrala* fed various broodstock diets. Kee-nan, C.P. & Blackshaw, A. (Ed.). In Mud crab Aquaculture and Biology. *Proceeding of an International Scientific Forum Held in Darwin, Australia*. 78: 114-118.
- Moosa, K., 1993. "Mengenal Kepiting Bakau dan Rajungan." Dalam Majalah Techner, 07, Th II, Jakarta: 51-53.
- Mykles, D.L. 2001. Interaction between limb regeneration and moulting in Decapod Crustacean. *American Zoologist*. 41: 399-406.
- , D.L., Adams, M.E., Gade, G., Lange, A.B., Marco, H.G., Orchard, I. 2010. Neuropeptide action in insects and crustaceans. *Physiology Biochemistry Zoological*. 83: 836-846.
- , D. L. 2011. Ecdysteroid metabolism in crustaceans. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 127: 196-203.
- Nagarayu, G.P.C, dan Borst, D.W. 2008. Methyl farnesoate couples environmental changes to testicular development in the crab *Carcinus maenas*. *The Journal of Experimental Biology*. 211: 2773-2778.
- , G.P.C. 2011. Reproductive regulators in decapods crustaceans: an overview. *Journal Experimental Biology*. 214: 3-16.
- Nakatsuji, T., dan Sonobe, H. 2004. Regulation of ecdysteroid secretion from the Y-organ by molt-inhibiting hormone the American Cray fish, *Pro-cambarus clarkia*. *General Comparative Endocrinology*. 135(3):358- 364.

- National Geographic Indonesia. 2013. *Terbaru: Jumlah Pulau dan Panjang Garis Pantai di Indonesia*. <http://news.metrotvnews.com/read/2013/10/18/188980/jumlah-pulau-di-indonesia-berkurang-4-042-buah>. (Diakses 20 Nopember 2014).
- Naylor, E. 2001. *Marine Animal Behavior in Relation to Lunar Phase*. Marine Earth, Moon and Planets. 85(86): 291-302.
- Neil, L.L., Fotedar, R., Shelley, C.C. 2005. Effects of acute and chronic toxicity of unionized ammonia on mud crab, *Scylla serrata* (Forsskal, 1755) larvae. *Aquaculture Research*. 36: 927-932.
- Nguku, E.K., Muli, E.M., Raina, S.K. 2007. Larvae, cocoon and post-cocoon characteristics of *bombyx mori* L. (lepidoptera:bombycidae) fed on mulberry leaves fortified with Kenyan royal jelly. *Journal Application Science Environmental*. 11(4): 85-89.
- Niklani, A. 2013. Penentuan "time schedule" pemberian pakan buatan berfitoekdisteroid untuk menanggulangi sindrom molting pada metamorphosis larva rajungan (*Penaeus pelagicus*). Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. 190 pp.
- Nirmale, V.H., Gangan, S.S., Yadav, B.M., Durgale, P. and Shinde, K.M. 2010. Traditional Knowledge on Mud Crab; Ethnoecology of *Scylla serrata* in Ratnagiri coast, Maharashtra. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 11(2):317-322.
- Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta.
- Norton, T.A. 1981. Gamete expulsion and release in *Sargassum muticum*. *Botanica Marina*. 24(8): 465-470.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia, London. 411 pp.
- Oesterling, M.J. 2012a. *Molting and the Full Moon*. (<http://www.bluecrab.info/fullmoon.htm>). (Diakses 20 Agustus 2011).

- _____, M.J. 2012b. *Soft Crabs in Closed Systems: A Virginia Success Story Commercial Fisheries Specialist Virginia Institute of Marine Science College of William and Mary*. (http://nsgl.gso.uri.edu/vsgcp/vsgcpc00001/1996/6shellfish_and_fish_production.pdf). (Diakses 20 Agustus 2012).
- Okumura, T., dan Aida, K. 2000. Fluctuations in hemolymph ecdysteroid levels during the reproductive and nonreproductive molt cycles in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fisheries Science*. 66(55): 678-685.
- , T., Kamba, M., Sonobe, H., Aida, K. 2003. In vitro secretion of ecdysteroid by Y-organ during molt cycle and evidence for secretion of 3-dehydroecdysone in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda: Caridea), *Invertebrate Reproduction and Development*. 44(1): 1-8.
- Olvera, S.C., dan Peterson, M.S. 2004. Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera Lagoon, Veracruz, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 74(1): 115-127.
- Parapurath, C. 1999. Studies on the Physiology of haemolymph in relation to reproduction and moult in Crustaceans. Ph.D. Thesis. University of Calicut. Kerala, India. 382 pp.
- Passano, L.M. 1960. Molting and its Control. *In The Physiology of Crustacea*. Waterman, T.H. (Ed.). Academi Press, New York. 1: 473-536.
- Pattiasina, B.J., Zairin, J.M., Mokoginta, I., Affandi, R., Manulu, W. 2010. Pengaruh suplementasi kolesterol dan injeksi serotonin pada pematangan ovarium induk kepiting bakau *Scylla serrata*. *Ichthyos*. 9(2): 85-91.
- Phlippen, M., Webster, S., Chung, J., Dirksen, H. 2000. Ecdysis of decapod crustaceans is associated with a dramatic release of crustacean cardioactive peptide into the haemolymph. *Journal of Experimental Biology*. 203(3): 521-536.

- Prasetyanti, Y. 2001. Analisa pengaruh fase bulan terhadap pola penyebaran dan aktivitas Lobster (*Panulirus sp*) pada bulan Juli – Agustus di Perairan Selatan Kabupaten Kebumen. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 64 pp.
- Promwikorn, W., Kirirat, P., Thaweethamsewee. 2004. Index of molt staging in the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Songklanakrin Journal Science Technology*. 26(5): 765-772.
- Ponce, P.J., Martinez, P.C.A., Ross, L.G. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157: 107-115.
- Quinitio, E.T. dan Lwin, M.M.N. 2009. *Soft-Shell Mud Crab Farming*. SEAFDEC Aquaculture Department Tigbauan, Hoilo, Philippines. 19 pp.
- Rani, C. 2004. Reproduksi seksual karang skleraktinia *Acropora nobilis* dan *Pocillopora verrucosa* di terumbu karang tropic Pulau Barrang Lom-po, Makassar. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 256 hal.
- Rangka, N.A. 2007. Status Usaha Kepiting Bakau Ditinjau dari Aspek Peuang dan Prospeknya. *Neptunus*. 14(1):90-100.
- _____, N.A. dan Sulaeman. 2010. Pemacuan pergantian kulit kepiting bakau (*Scylla serrata*) melalui manipulasi lingkungan untuk menghasilkan kepiting lunak. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. pp. 179-185.
- Reaka, M.L. 1976. Lunar and tidal periodicity of molting and reproduction in stomatopod crustacea: a selfish herd hypothesis. *Biology Bulletin*. 156:468 490.
- Reese, M.J. 2005. *The Moon. Universe: The Definitive Visual Guide*. 150. Dorling Kindersley. London. effects-of-lunar-cycle-on-marine-animal.html. (Diakses 20 Oktober 2012).

- Riani, E., Sudrajat, A.O., Trianjie, H. 2010. Efektivitas ekstrak teripang pasir yang telah diformulasikan terhadap maskulinisasi udang galah. *Bio-natura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 12(3):142-152.
- Rollo, A., Sulpizio, R., Nardi, M., Silvi, S., Orpianesi, C., Caggiano, M., Cresci, A., Carnevali, O. 2006. Live microbial feed supplement in aquaculture for improvement of stress tolerance. *Fisheries Physiology Biochemical*. 32(2):167-177.
- Romano, N., dan Zeng, C. 2006. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. *Aquaculture*. 260:151-162.
- Safrina, M.D. 2013. Penentuan salinitas optimum untuk pertumbuhan benih kepiting bakau (*Scylla serrata*) dalam system resirkulasi. *Skripsi*. Departemen Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 102 pp
- Samuel, N. J., dan Soundarapandian, P. 2010. Effect of Salinity on the Growth, Survival and Development of the Commercially Important Portunid Crab Larvae of *Portunus sanguinolentus* (Herbst). *Current Research Journal of Biological Sciences*. 2(4):286 -293.
- Schmelz, E.A., Grebenok, R.J., Ohnmeiss, T.E., Bowers, W.S. 2002. Interaction between *Spinacea oleracea* and *Bradysia impatiens*: a role for phytoecdysteroids. *Archives Insect Biochemistry Physiology*. 51(4):204-221.
- Shelley, C., dan Lovatelli, A. 2011. *Mud Crab Aquaculture. A Practical Manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome, Italy. 78 pp.
- Simpson, A. 2008. *Reproduction in Octocorals (Subclass octocorallia): A Review of Published Literature*. Darling Marine Center, University of Maine. (<http://www.google.co.id/search?q=reproductive+biology+of+octocorallia&ie=utf-8&oe=utf-8&q=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a>). (Diakses 20 Agustus 2012).

- Skinner, D.M. 1985. *The biology of crustacea - integument, pigments, and hormonal. Processes.* Bliss, D.E. (ed.). New York: Academic Press, Inc; Moulting and Regeneration. 9:44-128.
- Soim, A., 1994. *Pembesaran Kepiting*. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sokal, R.R., dan Rohlf, F.J. 1969. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. San Francisco, WH. Freeman and Comp. 778 pp.
- Soriano, I., Riley, I., Potter, M., Bowers, W. 2004. Phytoecdysteroids: a novel defense against plant-parasitic nematodes. *Journal of Chemical Ecology*. 30:1885-1899.
- Soumoff, C., dan O'Connor, J.D. 1982. *Repression of Y-organs secretory activity by molt-inhibiting hormone in the crab Pachygrapsus crassipes*. General and Comparative Endocrinology. 48(4):432-439.
- Spanings, P.C., Soye, D., Van Herp, F., Gompel, M., Skaret, G., Grousset, E., Charmantier, G. 2000. *Involvement of crustacean hyperglycaemic hormone in the control of gill ion transport in the crab Pachygrapsus marmoratus*. General and Comparative Endocrinology. 119(3):340-350.
- Spaziani, E., 1990. *Morphology, histology, and ultrastructure of the ecdysial gland (Y-organ) in crustacea*. Gupta, A.P. (ed.). Morphogenetic hormones of Arthropods. Rutgers University Press, New Brunswick. 1(2):233-267
- , E., Watson, R.D., Mattson, M.P., Chen, Z.F., 1989: Ecdysteroid biosynthesis in the crustacean Y-organ and control by an eyestalk neuropeptide. *Experimental Zoology*. 252(3):271-282.
- Steel, R.G.D., dan Torrie, J.H. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 748 hal.
- Subramoniam, T. 2000. *Crustacean ecdysteroids in reproduction and embryogenesis*. Comparative Biochemistry and Physiology C-Pharmacology Toxicology and Endocrinology 125:135-156.

- , T. 2011. *Mekanisms and control of vitellogenesis in crustaceans*. Fisheries Science. 77:1-21.
- Sudha, K., dan Anilkumar, G. 1996. Seasonal growth and reproduction in a highly fecund crab, *Metopograpsus messor* (Forskal) (Grapsidae). *Hydrobiologia* 319: 15-21.
- , K., dan Anilkumar, G. 2007. Elevated ecdysteroid titer and precocious molt and vitellogenesis induced by eyestalk ablation in the estuarine crab, *Metopograpsus messor* (Brachyura: Decapoda), *Journal of Crustacean Biology*. 27(2):304-308.
- , K., Supriya, N.T., Krishnakumar, V., Anilkumar, G., Chang, E.S. 2012. Hemolymph Ecdysteroid Titers in a Brachyuran Crab *Uca triangularis*. *Zoological Studies*. 51(7): 966-976.
- Suganthi, A.S., dan G. Anikumar. 1999. *Moult-related fluctuation in ecdysteroid titre and spermatogenesis in the crab, Metopograpsus messor* (Brachyura: Decapoda). *Zool Studies*, 38 (3):314-321.
- Sulaeman, dan Hanafi, A. 1992. Pengaruh pemotongan tangkai mata terhadap kematangan gonad dan pertumbuhan kepiting bakau (*Scylla serrata*). *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai Maros* 8 (4): 1-6.
- Syama, V.P. 2009. *Studies on hormonal regulation of growth and reproduction in decapod crustaceans*. Thesis. Post Graduate Department of Zoology and Research Centre, Sree Narayana College, Kannur. Ke-bala. pp :92-123.
- Tamone, S., Adams, L.M., Dutton, D.J. 2005. *Effect of eyestalk-ablation on circulating ecdysteroids in hemolymph of snow crabs, Chionoecetes opilio*: Physiological evidence for a terminal molt. *Integrative and Comparative Biology*. 45:166-171.
- , S., Taggart, S. J., Andrews, A.G., Mondragon, J., Nielsen, J.K. (2007). Ecdysteroids in Tanner crabs are compared with claw allometry: Further evidence for a terminal molt in the genus *Chionoecetes*. *Journal of Crustacean Biology*. 24(4):635-642.

- Takemura, A., Rahman, S., Nakamura, S., Park, Y.J., Takano, K. 2004. *Lunar cycles and reproductive activity in reef fishes with particular attention to rabbitfishes*. Blackwell Publishing Ltd, Fish and Fishes. 5:317-328.
- Tanaka, Y., dan Naya, S. 1995. Dietary effect of ecdysone and 20-hydroxyecdysone on larval development of two lepidopteran species. *Applied Entomology and Zoology*. 30(2):285-294.
- Taylor, D.L., dan Eggleston, D.B. 2000. Effects of hypoxia on an estuarine predator-prey interaction: foraging behavior and mutual interference in the blue crab *Callinectes sapidus* and the infaunal clam prey *Mya arenaria*. *Marine Ecology*. 196:221-237.
- Tayibu, H. 2012. *Respon Fisiologi juvenile udang windu (Penaeus mono-don Fabricius) pada bobot dan densitas pemeliharaan yang berbeda dalam wadah terkontrol*. Disertasi. Program Pasca sarjana Universitas Hasanuddin. 148 hal.
- Thompton, J.D. 2005. *Regulation of ecdysteroid and vitellogenin levels during the molt and reproductive cycles of female Dungeness crab Cancer magister*. Thesis. University of Alaska. Fairbanks, Alaska. 84 pp.
- , J.D., Tamone, S.L., Atkinson, S. 2009. *Circulating ecdysteroid concentrations in Alaskan dungeness crab (Cancer magister)*. *Journal of Crustacean Biology*. 26(2):176-181.
- Tiu, S.H., Hui, H.I., Tsukimura, B., Tobe, S.S., He, J.G., Chan, S.M. 2009. Cloning and expression study of the lobster (*Homarus americanus*) vitellogenin: conservation in gene structure among decapods. *General and Comparative Endocrinology*. 160(1):36-46.
- Triajie, H. 2010. *Uji kandungan testosteron pada udang galah setelah perendaman dengan ekstrak teripang pasir (Holothuria scabra jaeger)*. *Rekayasa*. 3:23-28.
- Tsukimura, B., dan Kamemoto, F.I. 1991. *In vitro stimulation of oocytes by presumptive mandibular organ secretions in the shrimp, Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 92: 59-66.

- Turano, M. 2007. Closed blue crab shedding systems: understanding water quality. (<http://aquatic.org/species/shrimp/document/closedbluecrabsheddingsystems.pdf>). (Diakses 22 Nopember 2012).
- Turner C.D., dan Bagnara, J.T. 1998. Endokrinologi Umum. Yogyakarta: Airlangga University Press. 746 pp.
- Verhoef, G.D., dan Austin, C.M. 1999. Combined effects of temperature and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor*. *Aquaculture*. 170:37-47.
- Wahyuningsih, S.A. 2008. Pengaruh Dosis Penyuntikan Vitomolt terhadap Molting Kepiting Bakau (*Scylla olivaceous*). Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar. 85 pp.
- Wedemeyer, G.A., dan Mcleay, D.J. 1981. *Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors*. Pickering, A.D. (Ed.). Stress and fish. Academic Press, New York. pp:247-275.
- Wendelaar, B.S.E. 1997. *The stress response in fish*. Physiological Re-views. 77(3): 591-625.
- Wicks, B.J., Joensen, R., Tang, Q., Randall, D.J. 2002. *Swimming and ammonia toxicity in salmonids: the effects of sub lethal ammonia exposure on the swimming performance of coho salmon and the acute toxicity of ammonia in swimming and resting rainbow trout*. *Aquatic Toxicity*. 59:55-69.
- Wickins, J.F., dan Lee, D.O. 2002. Crustacean Farming Ranching and Culture. Second Edition. *Blackwell Science*. 435 pp.
- Widyastuti, Y.R., dan Husni. 2007. Pemamfaatan tambak udang "Idle" untuk produksi kepiting cangkang lunak (*Soft Shell Crab*). *Media Akuakultur*. 2(1):169-172.
- Wouters, R., Piguave, X., Bastidas, L., Calderon, J., Sorgeloos, P. 2001. Ovarian maturation and hemolymphatic vitellogenin concentration of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed increasing levels of total dietary lipids and HUFA. *Aquaculture Research*. 32:573-582.

- Wu, R.S.S. 2002. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin*. 45(1-12):35-45.
- Yuliani, P. 2001. *Analisa pengaruh fase bulan terhadap pola penyebaran dan aktivitas lobster (Panulirus sp.) pada bulan Juli-Agustus di perairan selatan Kabupaten Kebumen*. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknoogi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 64 hal.
- Zimecki, M. 2006. *The Lunar Cycle: Effect on Human And Animal Behavior and Physiology*. Postepy Hig Med Dosw (on line). 60:1-7.

-oo0oo-

