

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Letak Geografis

Kelurahan Bira berada di pesisir barat daya Kota Makassar, tepatnya di Kecamatan Tamalate, dengan koordinat geografis 5°05'14.00" LS dan 119°28'52.20" BT. Wilayah ini berbatasan langsung dengan Laut Flores di sebelah barat dan merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang kaya. Topografi daerah ini relative datar dengan kontur wilayah yang memungkinkan aktivitas pesisir seperti penangkapan ikan, pengumpulan kerang dan kepiting serta budidaya rumput laut. Perairan Bira termasuk dalam wilayah Teluk Makassar, sehingga arus laut dan dinamikan oseanografinya sangat memengaruhi kondisi lingkungan pesisir dan kehidupan masyarakat.

Kondisi geografis ini menjadikan perairan Bira sebagai lokasi yang potensial dalam kegiatan perikanan dan kelautan, khususnya untuk sumber daya hayati seperti kerang-kerangan. Keberadaan padang lamun dan termubu karang yang masih terjaga di beberapa titik mendukung keberlangsungan ekosistem pesisir secara alami. Selain itu, wilayah ini juga menjadi jalur migrasi biota laut tertentu, yang memberikan dampak ekologis dan ekonomis bagi masyarakat sekitar.

2. Letak Administratif

Secara administratif, Kelurahan Bira merupakan bagian dari Kecamatan Tamalate, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Wilayah kelurahan ini terdiri atas beberapa RW dan RT, dengan wilayah yang mencakup area permukiman hingga zona pesisir. Pemerintah kelurahan berada di bawah pengawasan langsung Pemerintah Kota Makassar dan terlibat dalam berbagai kegiatan pemberdayaan masyarakat pesisir, termasuk pengelolaan lingkungan laut dan konservasi sumber daya alam.

Pengelolaan administrasi wilayah pesisir ini menjadi penting dalam perencanaan pembangunan kelautan. Kelurahan Bira telah masuk dalam beberapa program terpadu pesisir dari Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Makassar, seperti program kampung nelayan modern dan konservasi laut. Keterlibatan pemangku kepentingan lokal menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan lingkungan sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir.

3. Kependudukan

Jumlah penduduk di Kelurahan Bira tercatat sekitar 3.800 jiwa dengan sekitar 900 kepala keluarga, berdasarkan data dari BPS Kota Makassar tahun 2023. Sebagian besar masyarakat tinggal di wilayah pesisir dengan rumah panggung atau semi permanen. Komposisi penduduk menunjukkan dominasi usia produktif, namun dengan tingkat pendidikan yang masih relatif rendah. Banyak

penduduk hanya menempuh pendidikan dasar hingga menengah pertama, yang berdampak pada jenis pekerjaan dan keterampilan yang dimiliki.

Secara umum, mata pencaharian utama penduduk adalah nelayan, pembudidaya rumput laut, dan pengumpul kerang dan kepiting. Ibu rumah tangga dan lansia, juga banyak terlibat dalam aktivitas pencarian kerang dan pengolahan hasil laut. Peran keluarga dalam ekonomi rumah tangga cukup besar, karena banyak aktivitas ekonomi dilakukan secara mandiri dan berbasis komunitas. Tingkat ketergantungan terhadap hasil laut menjadikan masyarakat sangat rentan terhadap perubahan cuaca dan musim.

4. Pasang Surut Air Laut

Perairan di sekitar Kelurahan Bira mengalami pola pasang surut campuran condong ke harian ganda yang berarti terdapat dua kali pasang dan dua kali surut setiap harinya dengan tinggi yang tidak sama. Pola ini dipengaruhi oleh posisi geografis wilayah terhadap gerak bulan dan matahari, serta dinamika arus laut dari Teluk Makassar. Pasang surut ini berdampak langsung pada aktivitas masyarakat pesisir, terutama pada saat pencarian kerang dan pengelolaan rumput laut, karena waktu surut biasanya menjadi waktu yang paling produktif untuk bekerja.

Fenomena pasang surut juga berdampak pada kualitas perairan dan kesehatan ekosistem pesisir. Saat air laut surut,

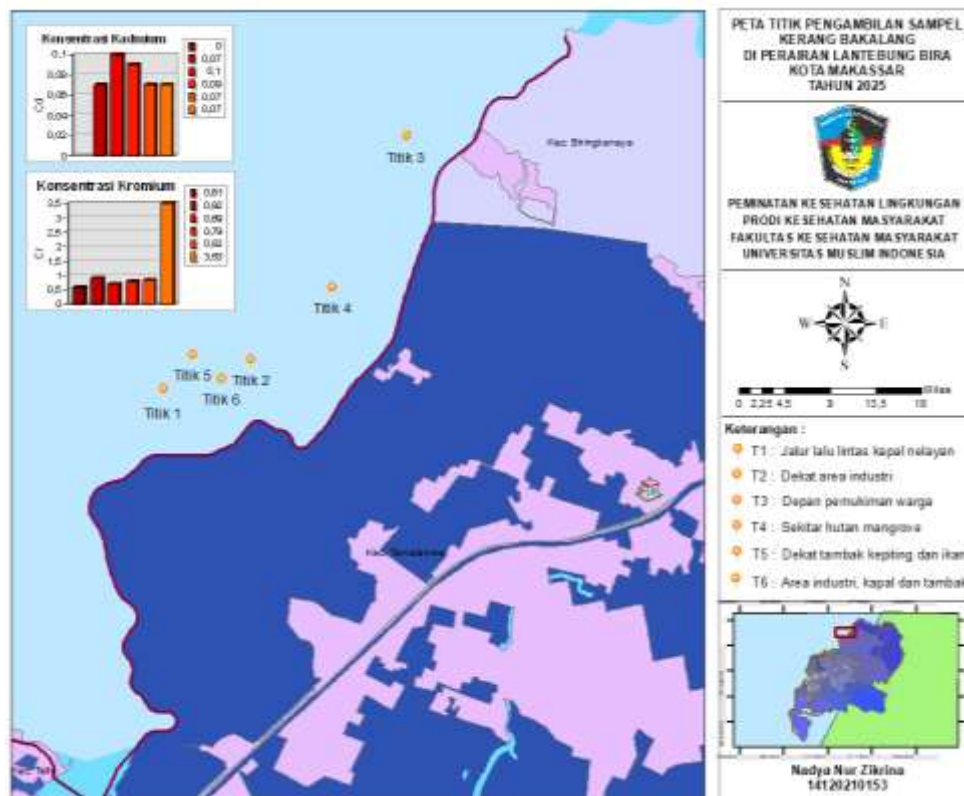
daerah intertidal seperti padang lamun dan lumpur pesisir menjadi lokasi penting untuk berbagai spesies laut berkembang biak atau mencari makan. Namun, pada saat yang sama, wilayah ini juga menjadi rentan terhadap pencemaran dan eksploitasi berlebihan jika tidak diatur dengan baik. Oleh karena itu, pemahaman terhadap siklus pasang surut menjadi hal penting dalam pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

5. Gambaran Sosial Ekonomi

Masyarakat Kelurahan Bira memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber daya laut sebagai sumber penghasilan utama. Profesi seperti nelayan, pembudidaya rumput laut, pengumpul kerang mendominasi aktifitas ekonomi. Pendapatan masyarakat umumnya bersifat musiman dan bergantung pada kondisi alam serta pasang surut laut. Dalam kondisi musim buruk atau hasil tangkapan menurun, sebagian keluarga mengalihkan aktivitas ke sektor informal lain seperti berdagang atau menjadi buruh harian.

Dari sisi sosial, masyarakat menunjukkan solidaritas dan sistem kerja gotong royong yang masih kuat. Kegiatan seperti pengolahan hasil laut dan perbaikan alat tangkap sering dilakukan bersama-sama. Beberapa kelompok Perempuan juga tergabung dalam kelompok usaha bersama (KUB) yang bergerak dalam pengolahan kerang asin atau rumput laut kering. Meskipun demikian, tantangan masih ada, terutama dalam hal pemasaran, akses modal,

dan pelatihan keterampilan yang berkelanjutan untuk meningkatkan nilai ekonomi produk laut mereka.



Gambar 5.1 Peta Titik Pengambilan Sampel

B. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Perairan Selat Makassar dan Kelurahan Bira, Kota Makassar. Proses pengumpulan data berlangsung selama bulan Februari hingga April 2025. Sampel manusia dalam penelitian ini terdiri dari 30 orang lansia yang mengonsumsi kerang Bakalang. Jumlah responden tersebut digunakan sebagai unit analisis dalam perhitungan ARKL, di mana setiap individu menjadi subjek perhitungan tingkat risiko akibat paparan logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang terkandung dalam kerang Bakalang yang

dikonsumsi. Sampel lingkungan merupakan *Marcia Hiantina* atau dikenal sebagai kerang bakalang yang diasumsikan telah terkontaminasi logam berat berbahaya. Pengambilan sampel kerang diambil di 6 titik yang berbeda.

Data dikumpulkan melalui wawancara, pengukuran berat badan responden, serta pengambilan sampel lingkungan yang kemudian dianalisis di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, pada Instalasi Laboratorium Tanah di Kabupaten Maros. Proses pengolahan data dilakukan menggunakan *software Ms Excel* dan SPSS. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deksriptif. Adapun temuan dari penelitian ini dipaparkan sebagai berikut:

1. Karakteristik Perairan Lokasi Penelitian

a. Titik Pengambilan Sampel

Tabel 5.1
Titik Pengambilan Sampel di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar Tahun 2025

Titik	Koordinat		Lokasi
	Bujur	Lintang	
1	119°27'12"E	5°04'54"S	Jalur lalu lintas kapal nelayan
2	119°27'30"E	5°04'48"S	Dekat area industri
3	119°28'02"E	5°04'02"S	Depan permukiman warga
4	119°27'47"E	5°04'33"S	Sekitar hutan mangrove
5	119°27'18"E	5°04'47"S	Dekat tambak kepiting dan ikan
6	119°27'24"E	5°04'52"S	Area industri, Pelabuhan dan tambak

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa titik pengambilan sampel di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar pada titik 1 di jalur lalu lintas kapal nelayan, titik 2 di dekat area industri, titik 3 di depan

pemukiman warga, titik 4 di sekitar hutan mangrove, titik 5 di dekat tambak kepiting dan ikan dan titik 6 di area industri, Pelabuhan dan tambak..

b. Parameter lingkungan

Parameter lingkungan yang diamati dalam penelitian ini terdiri atas parameter fisika dan kimia, di mana parameter fisika yang diukur adalah suhu, sedangkan parameter kimia yang dianalisis adalah pH. Hasil pengukuran kedua parameter tersebut disajikan pada tabel berikut

Tabel 5.2
Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan
Lantebung Kota Makassar Tahun 2025

No	Titik Pengambilan Sampel	Parameter	
		Suhu (°C)	pH
1	Titik 1	28,0	6,49
2	Titik 2	29,0	6,89
3	Titik 3	27,5	7,12
4	Titik 4	28,5	6,62
5	Titik 5	29,2	6,71
6	Titik 6	30,0	6,52

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa suhu air di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar berkisar 28,0 – 30,0°C dengan suhu tertinggi pada titik 6. Sedangkan derajat keasaman atau pH air berkisar antara 6,49-7,12 dengan pH tertinggi pada titik 3.

2. Karakteristik Masyarakat

Karakteristik masyarakat yang dikaji dalam penelitian ini meliputi jenis kelamin, usia, berat badan, lama tinggal, tingkat

pendidikan di wilayah pesisir, serta riwayat gangguan kesehatan pada masyarakat yang mengonsumsi kerang Bakalang

a. Umur

Distribusi responden berdasarkan umur dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.3
Distribusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Umur di
Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	Kelompok Umur	n	%
1	60-65	3	10,0
2	66-70	14	46,7
3	71-75	10	33,3
4	76-80	3	10,0
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.3 menyajikan distribusi masyarakat lanjut usia (lansia) yang mengonsumsi kerang Bakalang berdasarkan kelompok usia. Dari total 30 responden yang diteliti, terlihat bahwa kelompok umur tertinggi pada umur 66-70 tahun sebanyak 14 (46,7%) orang dan kelompok umur terendah pada umur 60-65 tahun dan 76-80 tahun sebanyak masing-masing 3 (10%) orang.

b. Jenis Kelamin

Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.4
Distribusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Jenis Kelamin di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	Jenis Kelamin	n	%
1	Laki-Laki	24	80,0
2	Perempuan	6	20,0
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.4 menunjukkan distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan jenis kelamin terlihat bahwa dari 30 responden, jenis kelamin laki-laki sebanyak 24 (80%) orang dan jenis kelamin Perempuan sebanyak 6 (20%) orang.

c. Pendidikan Terakhir

Distribusi responden berdasarkan Pendidikan terakhir dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5
Distribusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Pendidikan Terakhir di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	Pendidikan Terakhir	n	%
1	SD	15	50,0
2	SMP	7	23,3
3	SMA	4	13,3
4	Tidak sekolah	4	13,3
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.5 menunjukkan distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan pendidikan terakhir

terlihat bahwa dari 30 responden, pendidikan tertinggi yaitu SD sebanyak 15 (50,0%) orang sedangkan yang terendah yaitu tidak sekolah dan tamat SMA yaitu masing-masing 4 (13,3%) orang.

d. Berat Badan

Distribusi masyarakat berdasarkan berat badan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5.6
Distibusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Berat Badan
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar
Tahun 2025

No	Berat Badan	n	%
1	41-50 kg	3	10,0
2	51-60 kg	8	26,6
3	61-70 kg	15	50,0
4	>70 kg	4	13,3
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan jenis kelamin terlihat bahwa dari 30 responden, berat badan yang paling banyak pada 61-70 kg sebanyak 15 (50,0%) orang dan yang paling sedikit 41-50 kg sebanyak 3 (10,0%) orang.

e. Lama Tinggal

Distribusi responden berdasarkan lama tinggal dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.7
Distibusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Lama Tinggal
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar
Tahun 2025

No	Lama Tinggal	n	%
1	61-65 tahun	3	10,0
2	66-70 tahun	14	46,6
3	71-75 tahun	10	33,3
4	>75 tahun	3	10,0
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5,7 menunjukkan distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan lama tinggal terlihat bahwa dari 30 responden, lama tinggal paling banyak pada 66-70 tahun sebanyak 14 (46,6%) orang dan paling rendah 61-65 tahun dan diatas 75 tahun sebanyak masing-masing 3 (10,0%) orang.

f. Cara Perolehan Kerang

Distribusi responden berdasarkan cara memperoleh kerang oleh masyarakat lansia dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.8
Distibusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Cara Perolehan
Kerang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar
Tahun 2025

No	Cara Perolehan	n	%
1	Tangkap sendiri	10	33,3
2	Beli	20	66,7
Total		30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.8 menunjukkan distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan cara perolehan kerang terlihat bahwa dari 30 responden, sebagian besar masyarakat lansia memperoleh kerang dengan cara membeli yaitu sebanyak 20 (66,7%) orang sedangkan yang tangkap sendiri sebanyak 10 (33,3%) orang.

g. Gangguan Kesehatan

Distribusi responden berdasarkan gangguan kesehatan yang pernah diderita selama mengonsumsi kerang bakalang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.9
Distibusi Masyarakat Lansia Berdasarkan Gangguan
Penyakit di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar Tahun 2025

No	Jenis Gejala	Jumlah				Total	
		Ya	%	Tidak	%	n	%
1	Muncul ruam merah yang menonjol dan disertai dengan gatal	11	36,7	19	63,3	30	100
2	Reaksi alergi seperti sesak napas	10	33,3	20	66,7	30	100
3	Sakit perut di area samping atau punggung (ginjal)	1	3,3	29	96,7	30	100
4	Tekanan darah tinggi	18	60,0	12	40,0	30	100

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.9 menunjukkan distribusi masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan gangguan penyakit terlihat bahwa dari 30 responden, jenis gejala yang paling banyak diderita yaitu tekanan darah tinggi sebanyak 18 (60,0%) orang.

3. Gambaran Hasil Analisis Risiko

a. Tingkat Konsentrasi Logam Berat pada Kerang Bakalang

Hasil pemeriksaan konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) dalam kerang bakalang dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.10
Distribusi Kadar Logam Berat pada Kerang Bakalang
Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	Titik	Kadmium (Cd)		Ket	Kromium (Cr)		Ket
		mg/kg	mg/gr		mg/kg	mg/gr	
1	T1	Tt	Tt	MS	0,61	0,00061	MS
2	T2	0,07	0,00007	MS	0,92	0,00092	MS
3	T3	0,10	0,0001	MS	0,69	0,00069	MS
4	T4	0,09	0,00009	MS	0,79	0,00079	MS
5	T5	0,07	0,00007	MS	0,82	0,00082	MS
6	T6	0,07	0,00007	MS	3,53	0,00353	TMS

Sumber : Data Primer, 2025

Keterangan :

Tt : Tidak terdeteksi

MS : Memenuhi Syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Tabel 5.10 menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) pada kerang bakalang yang tertinggi berada pada titik 3 yaitu sebesar 0,10 mg/kg atau 0,0001 mg/gram sedangkan

terendah berada pada titik 1 dimana kadar logam berat kadmium (Cd) 0 (nol) atau tidak terdeteksi. Adapun kadar logam berat kromium (Cr) pada kerang bakalang yang tertinggi berada pada titik 6 yaitu sebesar 3,53 mg/kg atau 0,00353 mg/gram sedangkan yang terendah berada pada titik 1 yaitu sebesar 0,61 mg/kg atau 0,00061 mg/gram.

b. Analisis Dosis Respon

Dirjen P2PL Kemenkes, (2012) mengemukakan bahwa dosis respon merupakan hubungan antara jumlah total suatu agen yang diberikan, diterima atau diserap oleh suatu organisme, sistim atau sub/populasi dan perubahan yang terjadi pada suatu organisme, sistim atau sub/populasi tersebut.

Tabel 5.11
Penentuan Agent, RfD, Efek Kritis dan Referensi
Jalur Ingesti

Agent	Dosis Respon	Efek Kritis dan Referensi
Cr ⁶⁺ (Kromium Heksavalen)	3E-3 mg/kg/day	Uji hayati air minum 1 tahun dengan tikus (McKenzie et al., 1958) dan pajanan air minum penduduk Jinzhou (Zhang and Li, 1987)
Cd (Kadmium)	5E-4 mg/kg/day	Proteinuria pajanan kronik manusia (USEPA, 1985)

Sumber : Data Sekunder

Studi oleh MacKenzie et al., (1958) penetapan RfD dimana tikus diberi paparan Cr⁶⁺ melalui air minum selama satu tahun. Dalam studi tersebut, tidak ditemukan efek toksik pada dosis

tertinggi hingga 2,5 mg/kg/hari, yang kemudian ditetapkan sebagai *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL). Untuk menentukan RfD, US EPA menerapkan faktor ketidakpastian total sebesar 300, yaitu faktor 10 untuk perbedaan antar spesies (hewan ke manusia), faktor 10 untuk variabilitas intraspesies (perbedaan sensitivitas antar individu manusia), dan faktor 3 untuk ekstrapolasi dari studi subkronik ke kronik.

Selain itu, ditambahkan faktor modifikasi sebesar 3 untuk mengakomodasi kekhawatiran terhadap efek gastrointensial pada manusia berdasarkan studi epidemiologi oleh Zhang and Li (1987) yang meneliti penduduk di Jinzhou, Tiongkok, yang terpapar Cr^{6+} melalui air minum yang terkontaminasi limbah industri selama puluhan tahun. Dengan demikian, RfD dihitung sebagai 0,00278 mg/kg/hari yang kemudian dibulatkan menjadi 0,003 mg/kg/hari.

Nilai *Reference Dose* (RfD) sebesar 5×10^{-4} mg/kg/hari untuk kadmium ditetapkan oleh US EPA berdasarkan data toksikokinetik dan epidemiologi manusia. Ginjal adalah organ target utama, karena kadmium disimpan dalam jangka panjang di korteks ginjal dan menyebabkan efek toksik berupa proteinuria (kebocoran protein ke urin) jika konsentrasinya melebihi 200 µg/g. Berdasarkan model ekskresi dan akumulasi, diperkirakan

bahwa paparan oral kronis sebesar 0,005 mg/kg/hari akan menghasilkan kadar tersebut dalam ginjal manusia.

US EPA menerapkan faktor ketidakpastian (UF) sebesar 10, menghasilkan RfD akhir sebesar 0,0005 mg/kg/hari. RfD ini berlaku khususnya untuk paparan dari air minum, dimana bioavailabilitas kadmium lebih tinggi di banding makanan. Efek lain dari paparan kronis gangguan reproduksi, serta klasifikasi kadmium sebagai karsinogen manusia (Grup 1 oleh IARC). Nilai ini digunakan dalam regulasi kualitas air, evaluasi risiko lingkungan, dan kebijakan kesehatan masyarakat.

c. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Tabel 5.12
Nilai Analisis Pemajanan Logam Kadmium (Cd) Masyarakat Lansia yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

Titik	Resp	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan							
		C	R	D _t	f _E	W _b	T _{avg}	Intake	RQ
1	1	0	150	54	144	50	10950	0	0
	2	0	100	46	48	66	10950	0	0
	3	0	100	47	96	46	10950	0	0
	4	0	150	50	48	59	10950	0	0
	5	0	200	40	144	53	10950	0	0
2	6	0,00007	95	47	120	58	10950	0,000059	0,11811
	7	0,00007	100	51	120	54	10950	0,000072	0,14490
	8	0,00007	110	49	72	71	10950	0,000034	0,06988
	9	0,00007	90	43	120	56	10950	0,000053	0,10603
	10	0,00007	150	45	72	67	10950	0,000046	0,09274
3	11	0,0001	60	57	108	49	10950	0,000068	0,13768
	12	0,0001	100	53	72	70	10950	0,000049	0,09957
	13	0,0001	90	51	72	69	10950	0,000043	0,08748
	14	0,0001	115	48	60	67	10950	0,000045	0,09029
	15	0,0001	95	55	72	69	10950	0,000049	0,09958
4	16	0,00009	100	40	120	66	10950	0,000059	0,11955
	17	0,00009	140	49	60	72	10950	0,000046	0,09397
	18	0,00009	100	41	84	58	10950	0,000048	0,09761
	19	0,00009	80	42	72	53	10950	0,000037	0,07503
	20	0,00009	135	49	132	70	10950	0,000102	0,20505
5	21	0,00007	100	48	72	67	10950	0,000032	0,06595
	22	0,00007	130	52	60	73	10950	0,000035	0,07104
	23	0,00007	75	42	120	65	10950	0,000037	0,07435

6	24	0,00007	140	50	96	62	10950	0,000069	0,13858
	25	0,00007	125	41	120	55	10950	0,000071	0,14296
	26	0,00007	100	45	144	69	10950	0,000060	0,12007
	27	0,00007	90	47	120	68	10950	0,000047	0,09544
	28	0,00007	120	43	84	66	10950	0,000041	0,08397
	29	0,00007	85	46	144	68	10950	0,000052	0,10586
	30	0,00007	100	41	60	73	10950	0,000021	0,04309

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.13
Nilai Analisis Pemajanan Logam Kromium (Cr) Masyarakat Lansia yang
Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota
Makassar Tahun 2025

Titik	Resp	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan							
		C	R	D _t	f _E	W _b	T _{avg}	Intake	RQ
1	1	0,00061	150	54	144	50	10950	0	0
	2	0,00061	100	46	48	66	10950	0	0
	3	0,00061	100	47	96	46	10950	0	0
	4	0,00061	150	50	48	59	10950	0	0
	5	0,00061	200	40	144	53	10950	0	0
2	6	0,00092	95	47	120	58	10950	0,000059	0,11811
	7	0,00092	100	51	120	54	10950	0,000072	0,14490
	8	0,00092	110	49	72	71	10950	0,000034	0,06988
	9	0,00092	90	43	120	56	10950	0,000053	0,10603
	10	0,00092	150	45	72	67	10950	0,000046	0,09274
3	11	0,00069	60	57	108	49	10950	0,000068	0,13768
	12	0,00069	100	53	72	70	10950	0,000049	0,09957
	13	0,00069	90	51	72	69	10950	0,000043	0,08748
	14	0,00069	115	48	60	67	10950	0,000045	0,09029
	15	0,00069	95	55	72	69	10950	0,000049	0,09958
4	16	0,00079	100	40	120	66	10950	0,000059	0,11955
	17	0,00079	140	49	60	72	10950	0,000046	0,09397
	18	0,00079	100	41	84	58	10950	0,000048	0,09761
	19	0,00079	80	42	72	53	10950	0,000037	0,07503
	20	0,00079	135	49	132	70	10950	0,000102	0,20505
5	21	0,00082	100	48	72	67	10950	0,000032	0,06595
	22	0,00082	130	52	60	73	10950	0,000035	0,07104
	23	0,00082	75	42	120	65	10950	0,000037	0,07435
	24	0,00082	140	50	96	62	10950	0,000069	0,13858
	25	0,00082	125	41	120	55	10950	0,000071	0,14296
6	26	0,00353	100	45	144	69	10950	0,000060	0,12007
	27	0,00353	90	47	120	68	10950	0,000047	0,09544
	28	0,00353	120	43	84	66	10950	0,000041	0,08397
	29	0,00353	85	46	144	68	10950	0,000052	0,10586
	30	0,00353	100	41	60	73	10950	0,000021	0,04309

Sumber : Data Primer, 2025

Keterangan :

C : Konsentrasi agen risiko

R : Laju asupan

D_t : Durasi pajanan

F_E : Frekuensi pajanan

W_b : Berat badan responden

T_{avg} : Periode waktu rata-rata

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat lansia di perairan Lantebung Bira yang diwawancarai, masyarakat yang memiliki laju asupan tertinggi yaitu sebesar 200 gram/hari. Sedangkan laju asupan terendah yaitu sebesar 60 gram/hari. Pada durasi pajanan nilai tertinggi yaitu 57 tahun sedangkan nilai terendah yaitu 40 tahun. Pada frekuensi pajanan tertinggi yaitu 48 hari/tahun sedangkan nilai terendah yaitu 144 hari/tahun. Berat badan tertinggi 73 kg sedangkan terendah yaitu sebesar 46 kg. Sementara itu, periode waktu rata-rata yang digunakan semuanya sebesar 10.950 untuk *non karsinogenik*.

Tabel 5.14
Nilai Mean, Median, Minimum dan Maksimum Analisis
Pemajanan Masyarakat Lansia yang Mengonsumsi
Kerang Bakalang di Perairan Lantebung
Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	Analisis Pemajanan	Mean	Median	Min	Max
1	Laju Asupan (R)	110,8333	100	60	200
2	Frekuensi Pajanan (f_E)	95,2	90	48	144
3	Durasi Pajanan (D_t)	47,07	47	40	57
4	Berat Badan (W_b)	62,96667	66	46	73
5	T_{avg}	30 x 365 = 10950			

Sumber : Data Primer, 2025

1) Laju Asupan (R)

Laju asupan (R) didefinisikan sebagai jumlah berat kerang yang dikonsumsi oleh responden per hari, dinyatakan dalam satuan gram per hari (g/hari), dan diperoleh melalui wawancara. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa

rata-rata laju asupan masyarakat lansia di wilayah Perairan Lantebung, Kelurahan Bira, adalah sebesar 110,83 g/hari, dengan nilai median 100 g/hari. Sementara itu, nilai terendah tercatat sebesar 60 g/hari dan nilai tertinggi mencapai 200 g/hari.

2) Frekuensi Pajanan

Frekuensi pajanan (f_E) adalah seberapa lama responden mengonsumsi kerang per hari selama setahun dengan satuan hari/tahun yang diperoleh melalui wawancara. Diketahui bahwa rata-rata (*mean*) frekuensi pajanan masyarakat lansia di Perairan Lantebung Bira adalah 95,2 hari/tahun, nilai tengah (*median*) frekuensi konsumsi kerang oleh responden adalah sebesar 90 hari per tahun. Adapun frekuensi konsumsi terendah tercatat sebanyak 48 hari per tahun, sedangkan frekuensi tertinggi mencapai 144 hari per tahun.

3) Durasi Pajanan (D_t)

Durasi Pajanan (D_t) adalah lama waktu (tahun) kontak responden dengan pajanan (*risk agent*) di tempat tinggal dengan satuan tahun yang diperoleh melalui wawancara. Berdasarkan hasil wawancara pada responden di Perairan Lantebung Bira, keseluruhannya tinggal dan menetap sejak lahir serta tidak pernah berpindah tempat maupun

pendatang, sehingga durasi pajanan dianggap mengikuti usia masing-masing responden. Diketahui bahwa rata-rata (*mean*) durasi pajanan masyarakat lansia di Perairan Lantebung Bira adalah 47,07 gram/hari, nilai tengah (*median*) yaitu 47 gram/hari. Adapun durasi pajanan terendah 40 gram/hari dan durasi pajanan tertinggi 57 gram/hari. Tetapi dalam perhitungan analisis risiko *lifetime*, peneliti menggunakan nilai *default* yakni efek *non karsinogenik* selama 30 tahun.

4) Berat Badan (W_b)

W_b dalam penelitian ini mengacu pada berat badan responden yang merupakan masyarakat lansia di wilayah Perairan Lantebung, Kelurahan Bira. Pengukuran dilakukan menggunakan timbangan saat wawancara berlangsung dan dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa mean berat badan responden tercatat 62,96 kg, dengan nilai median 66 kg. Berat badan terendah ditemukan sebesar 46 kg, sedangkan yang tertinggi mencapai 73 kg.

5) Periode Waktu Rata-Rata (T_{avg})

T_{avg} adalah estimasi rentang waktu yang digunakan untuk menilai timbulnya dampak kesehatan akibat pajanan terhadap agen risiko. Dalam penelitian ini, periode waktu

rata-rata yang digunakan mengacu pada nilai default yang ditetapkan oleh US-EPA untuk efek *non-karsinogenik*, yaitu selama 10.950 hari, yang ekuivalen dengan 30 tahun.

d. Nilai *Intake* (I)

Untuk menentukan analisis pemajanan atau *intake* logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada kerang bakalang, konsentrasi logam berat (C), laju asupan (R), frekuensi pajanan (f_E), durasi pajanan (D_t), berat badan masyarakat (W_b) dan periode waktu rata-rata (T_{avg}).

Tabel 5.15
Nilai Mean, Median, Minimum, Maksimum Nilai *Intake*
***Non Karsinogenik* Logam Berat Kadmium (Cd) Masyarakat**
Lansia yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	<i>Intake</i> (mg/kg)	<i>Real time</i>	<i>Life time</i>
1	<i>Mean</i>	0,000042	0,000028
2	<i>Median</i>	0,000046	0,000028
3	Minimum	0	0
4	Maksimum	0,000102	0,000062

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.14 menunjukkan bahwa *intake* (*non karsinogenik*) logam berat kadmium (Cd) Masyarakat Lansia yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira yaitu *Mean* pada *realtime* sebesar 0,000042 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,000028 mg/kg/hari. *Median* pada *realtime* sebesar 0,000046 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,000028 mg/kg/hari. Nilai minimum untuk *realtime* dan *lifetime* semuanya 0. Nilai

maksimum untuk *realtime* sebesar 0,000102 mg/kg/har dan *lifetime* sebesar 0,000062 mg/kg/hari.

Berikut ini perhitungan nilai asupan harian (*intake*) *non karsinogenik* logam berat kadmium (cd) untuk durasi pajanan *real time* sebagai berikut pada masyarakat no.20 (tertinggi) dan no. 1,2,3,4,5 (terendah).

1) Masyarakat No. 20 (Tertinggi)

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{0,00009 \times 140 \times 132 \times 49}{70 \times 10950}$$

$$I = \frac{78,5862}{766.500}$$

$$I = 0,000102$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.20 memiliki nilai *intake* tertinggi 0,000102 mg/kg/hari.

2) Masyarakat No. 1,2,3,4,5 (Terendah)

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.1,2,3,4,5 memiliki nilai *intake* terendah 0.

Tabel 5.16
Nilai Mean, Median, Minimum dan Maksimum Nilai *Intake non karsinogenik* Logam Berat Kromium (Cr) Masyarakat Lansia yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	<i>Intake (mg/kg)</i>	<i>Real time</i>	<i>Life time</i>
1	<i>Mean</i>	0,00085	0,00055
2	<i>Median</i>	0,00053	0,00037
3	Minimum	0,00018	0,00012
4	Maksimum	0,00302	0,00020

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.16 menunjukkan bahwa *intake (non karsinogenik)* logam berat kromium (Cr) Masyarakat Lansia yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira yaitu *Mean* pada *realtime* sebesar 0,00085 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,00055 mg/kg/hari. *Median* pada *realtime* sebesar 0,00053 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,00037 mg/kg/hari. Nilai *minimum* untuk *realtime* sebesar 0,00018 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,00012 mg/kg/hari. Nilai maksimum untuk *realtime* sebesar 0,00302 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,00020 mg/kg/hari.

Berikut ini perhitungan nilai asupan harian (*intake*) *non karsinogenik* logam berat kromium (Cr) untuk durasi pajanan *real time* sebagai berikut pada masyarakat no. 26 (tertinggi) dan no. 2 (terendah).

1) Masyarakat No. 26 (Tertinggi)

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{0,00353 \times 120 \times 144 \times 45}{69 \times 10950}$$

$$I = \frac{2.287,44}{755.550}$$

$$I = 0,00302$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.26 memiliki nilai *intake* tertinggi 0,00302 mg/kg/hari.

2) Masyarakat No. 2 (Terendah)

$$I = \frac{C \times R \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{0,00082 \times 100 \times 48 \times 46}{66 \times 10950}$$

$$I = \frac{134,688}{722.700}$$

$$I = 0,00018$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no. 25 memiliki nilai *intake* terendah 0,00018 mg/kg/hari.

**hasil perhitungan tiap individu dapat dilihat pada lampiran.*

e. Karakteristik Risiko (RQ)

Tingkat risiko atau *risk quotient* (RQ) merupakan besarnya risiko yang dinyatakan dalam angka tanpa satuan yang merupakan perhitungan antara intake dengan dosis/konsentrasi

referensi dari suatu agen risiko *non karsinogenik* serta dapat juga dipresentasikan sebagai aman atau tidak amannya suatu agen risiko terhadap organisme sistem atau sub populasi.

Langkah awal dalam memperoleh nilai *Risk Quotient* (RQ) adalah melakukan identifikasi terhadap agen risiko yang terdapat di lingkungan serta kelompok populasi yang berisiko. Pada penelitian ini, agen risiko yang dimaksud adalah logam berat Cd dan Cr yang terkandung dalam kerang Bakalang yang berasal dari perairan Lantebung, Kelurahan Bira, Kota Makassar.

Langkah kedua adalah penilaian jalur pajanan kadmium dan kromium. Ada tiga jalur utama masuknya bahan toksik ke dalam tubuh manusia yaitu melalui saluran gastrointestinal (*oral*), paru-paru (*inhalasi*) dan kulit (*dermal*). Dalam penelitian ini jalur pajanan utama kromium dan kadmium pada masyarakat lansia yang bermukim di perairan Lantebung Bira Kota Makassar.

Tingkat risiko dinyatakan dalam kategori aman apabila nilai $RQ \leq 1$, dan dikategorikan tidak aman apabila nilai $RQ > 1$. Nilai karakteristik risiko yang diperoleh dari perhitungan terhadap kandungan logam berat kromium dan kadmium dalam kerang Bakalang yang dikonsumsi oleh masyarakat lansia di wilayah perairan Lantebung, Kelurahan Bira, Kota Makassar, disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.17
Nilai *Mean*, *Median*, Minimum dan Maksimum Nilai RQ Non Karsinogenik Logam Berat Kadmium (Cd) pada Masyarakat Lansia yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	RQ	<i>Real time</i>	<i>Life time</i>
1	<i>Mean</i>	0,08595	0,05503
2	<i>Median</i>	0,09335	0,05698
3	Minimum	0	0
4	Maksimum	0,20505	0,12554

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.17 menunjukkan bahwa RQ (*non karsinogenik*) logam berat kadmium (Cd) Masyarakat Lansia yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira yaitu *Mean* pada *realtime* sebesar 0,08595 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,08595 mg/kg/hari. *Median* pada *realtime* sebesar 0,09335 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,05698 mg/kg/hari. Nilai *minimum* untuk *realtime* dan *lifetime* semuanya 0. Nilai maksimum untuk *realtime* sebesar 0,20505 mg/kg/hari dan *lifetime* sebesar 0,12554 mg/kg/hari.

Berikut ini perhitungan tingkat risiko (RQ) *non karsinogenik* logam berat kadmium (Cd) untuk durasi pajanan *real time* sebagai berikut pada masyarakat no. 20 (tertinggi) dan no. 1,2,3,4,5 (terendah).

1) Masyarakat No. 20 (Tertinggi)

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$I = \frac{0,000102}{0,0005}$$

$$I = 0,20505$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.20 memiliki nilai RQ tertinggi 0,20505 mg/kg/hari.

2) Masyarakat No. 1,2,3,4,5 (Terendah)

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$I = \frac{0}{0,0005}$$

$$I = 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.1,2,3,4,5 memiliki nilai RQ terendah 0.

Tabel 5.18
Nilai *Mean*, *Median*, Minimum dan Maksimum Nilai RQ *Non Karsinogenik* Logam Berat Kromium (Cr) pada Masyarakat Lansia yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar Tahun 2025

No	RQ	<i>Real time</i>	<i>Life time</i>
1	<i>Mean</i>	0,28489	0,18602
2	<i>Median</i>	0,17851	0,12371
3	Minimum	0,06212	0,04051
4	Maksimum	1,00917	0,67278

Sumber : Data Primer, 2025

Tabel 5.18 menunjukkan bahwa RQ (*non karsinogenik*) logam berat kromium (Cr) masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira yaitu *Mean* pada *realtime* sebesar 0,28489 dan *lifetime* sebesar 0,18602. *Median* pada *realtime* sebesar 0,17851 dan *lifetime* sebesar 0,12371. Nilai minimum untuk *realtime* sebesar 0,06212 dan *lifetime*

sebesar 0,04051. Nilai maksimum untuk *realtime* sebesar 1,00917 dan lifetime sebesar 0,67278.

Berikut ini perhitungan tingkat risiko (RQ) *non karsinogenik* logam berat kromium (Cr) untuk durasi pajanan real time sebagai berikut pada masyarakat no. 26 (tertinggi) dan no. 2 (terendah).

1) Masyarakat No. 26 (Tertinggi)

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$I = \frac{0,00302}{0,003}$$

$$I = 1,00917$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.26 memiliki nilai RQ tertinggi 1,00917 mg/kg/hari.

2) Masyarakat No. 2 (Terendah)

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

$$I = \frac{0,00018}{0,003}$$

$$I = 0,06212$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.2 memiliki nilai RQ terendah 0,06212 mg/kg/hari.

f. Pengelolaan Risiko

Petunjuk dari teknis ARKL, Dirjen P2PL Kemenkes 2012. Pengelolaan risiko tidak termasuk dalam tahapan Analisis Risiko

Kesehatan Lingkungan (ARKL), melainkan merupakan langkah tindak lanjut yang perlu dilakukan apabila hasil karakterisasi risiko menunjukkan bahwa tingkat risiko berada pada kategori tidak aman atau tidak dapat diterima (*unacceptable*). Batas aman yang dimaksud adalah ambang nilai terendah yang dapat menyebabkan risiko menjadi tidak dapat diterima. Strategi pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu pendekatan teknologi, pendekatan sosial ekonomi, dan pendekatan institusional.

Penentuan Batas Aman Konsentrasi untuk Kromium (Cr)

$$C = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{R \times f_E \times D_t}$$

$$C = \frac{0,003 \times 62,9667 \times 10950}{100,833 \times 95,2 \times 47,0667}$$

$$C = \frac{2.068,455}{496.616}$$

$$C = 0,00417$$

Jika dapat diasumsikan batas konsentrasi mengonsumsi kerang bakalang yang aman bagi masyarakat lansia apabila berat badan 63 kg dengan frekuensi 95 hari/tahun selama 47 tahun adalah 0,00417 mg/kg/hari.

Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan selama periode Februari hingga April 2025, dengan pengambilan sampel kerang bakalang dilakukan pada 6

titik lokasi yang berbeda yaitu masing-masing pengambilan satu sampel setiap titik dan proses wawancara pada masyarakat di Kelurahan Bira Kota Makassar selama 1 minggu. Pemeriksaan logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) pada sampel kerang dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Instalasi Laboratorium Tanah, Kabupaten Maros menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang bertujuan untuk memperkirakan potensi risiko terhadap kesehatan manusia. Proses ini mencakup identifikasi unsur ketidakpastian, penelusuran terhadap jalur pajanan tertentu, serta mempertimbangkan karakteristik agen berbahaya dan kelompok populasi yang menjadi target evaluasi.

Pelaksanaan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) terdiri atas 4 tahapan utama, yakni identifikasi bahaya, analisis hubungan dosis respon, penilaian pemajanan, dan karakterisasi risiko. Untuk memberikan pemahaman yang lebih utuh, pedoman teknis ini juga memuat uraian mengenai tahapan pengelolaan risiko serta komunikasi risiko sebagai bagian dari tindak lanjut hasil ARKL. Dengan demikian, pedoman ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis yang menyeluruh, baik dalam pelaksanaan analisis maupun dalam penetapan langkah-langkah mitigasi. Sebagai langkah awal,

perumusan masalah perlu dilakukan sebelum memasuki tahapan inti dalam proses ARKL.

1. Tingkat Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Kerang

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebanyak 6 titik yang berada di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar yang diperiksa hanya 1 yang tidak terdeteksi adanya logam berat yaitu pada titik 1 pada pemeriksaan kadmium (Cd) sedangkan titik yang lainnya positif mengandung logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr).

Pada titik 1 diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium untuk logam berat kadmium (Cd) tidak terdeteksi adanya logam berat yang artinya memenuhi syarat menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018 bahwa batas maksimum cemaran logam kadmium (cd) pada kerang yaitu 0,10 mg/kg. Adapun konsentrasi logam kromium (Cr) pada kerang bakalang sebesar 0,00061 mg/g atau 0,61 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi kromium (Cr) masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1mg/kg. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Titik 1 menunjukkan tidak adanya kandungan kadmium, namun kadar kromium terdeteksi. Lokasi ini diketahui berada di sekitar jalur lalu lintas kapal nelayan. Kromium kemungkinan berasal dari cat anti karat kapal atau pelumas yang mengandung logam berat, seperti *pigmen kromat* atau *zinc chromate* (ZnCrO_4), *additive* logam berat dalam pelumas, dan ausnya mesin (gesekan logam mesin kapal). Meskipun kadarnya masih di bawah ambang batas, keberadaan Cr menunjukkan bahwa aktivitas kapal berkontribusi terhadap pencemaran logam. Selain itu, hasil pemeriksaan pH didapatkan sebesar 6,49 yang artinya tergolong asam sehingga menjadi mudah larut atau diserap oleh kerang.

Pada titik pengambilan sampel ke-2, diperoleh konsentrasi logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/kg. Nilai ini masih memenuhi ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yaitu sebesar 0,10 mg/kg untuk cemaran Cd pada produk kerang. Sementara itu, konsentrasi logam berat kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar 0,92 mg/kg, yang berarti masih berada di bawah batas maksimum yang diatur dalam regulasi *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1 mg/kg. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Titik 2, logam terdeteksi dengan kadar Cr yang cukup tinggi, mendekati ambang batas aman. Titik ini berada dekat area industri, yang sangat mungkin menjadi sumber pencemaran logam berat, terutama Cr banyak digunakan dalam proses industri seperti pelapisan logam dan pembuatan cat. Kadar kadmium juga muncul meskipun tidak melampaui batas menandakan potensi pencemaran ganda. Oleh karena itu, titik ini dipilih untuk melihat bagaimana kontribusi industri terhadap kualitas lingkungan pesisir. Selain itu, pH pada titik ini sebesar 6,8 sedangkan suhu 29°C yang artinya pH tergolong asam dan suhu hangat yang memungkinkan logam berat tetap dalam bentuk terlarut dan aktif.

Lisna et al., (2023) melaporkan temuan di Indonesia yang memperlihatkan bahwa kandungan kadmium pada kerang darah (*Anadara granosa*) yang berasal dari perairan Pesisir Timur Jambi telah melampaui batas maksimum yang ditetapkan dalam PPRI No.22 Tahun 2021. Hal ini menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang serius bagi masyarakat yang mengonsumsi kerang tersebut. Temuan ini diperkuat oleh studi Shetty et al., (2025), yang menjelaskan bahwa logam berat seperti kromium dan kadmium dapat terakumulasi secara biologis sepanjang rantai makanan, sehingga memberikan dampak yang serius terhadap kesehatan manusia, terutama melalui asupan produk pertanian dan hasil laut yang telah tercemar.

Pada titik pengambilan sampel ke-3, diperoleh konsentrasi logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,10 mg/kg. Nilai ini tepat berada pada ambang batas maksimum yang ditetapkan dalam Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yaitu 0,10 mg/kg, sehingga dapat dikategorikan sebagai telah melampaui ambang batas yang diperkenankan secara praktis. Sementara itu, konsentrasi logam berat kromium (Cr) pada kerang Bakalang sebesar 0,69 mg/kg, yang masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1 mg/kg. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Titik 3 ini berada di sekitar permukiman warga, dan hasil menunjukkan bahwa kadar Cd sudah menyentuh batas maksimum yang diizinkan. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah domestik, seperti baterai bekas, detergen, dan produk rumah tangga lain berkontribusi terhadap pencemaran Cd, seperti *sodium hypochlorite* (pemutih), *Lead chromate*, *kadmium sulfida*. Kromium juga cukup tinggi, menandakan kemungkinan pencemaran campuran dari berbagai sumber rumah tangga atau usaha kecil. Titik ini dipilih untuk melihat dampak permukiman terhadap cemaran logam berat secara langsung. Selain itu, hasil pemeriksaan air laut pH

didapatkan sebesar 7,1 dan suhu 27,5°C yang artinya netral ke sedikit basa yang umumnya menurunkan kelarutan logam berat.

Pada titik 4 diperoleh, konsentrasi logam berat kadmium (Cd) yaitu 0,09 mg/kg yang artinya masih dibawah standar baku mutu menurut Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018 bahwa batas maksimum cemaran logam kadmium (Cd) pada kerang yaitu 0,10 mg/kg. kandungan logam berat kromium (Cr) yang ditemukan pada kerang bakalang sebesar 0,79 mg/kg, masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1 mg/kg sehingga dapat dikategorikan memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Lokasi titik 4 memiliki kadar Cd dan Cr yang cukup tinggi, meskipun masih di bawah ambang batas. Titik ini berada di sekitar hutan mangrove, yang dikenal mampu mengakumulasi logam berat dari perairan. Namun, kadar logam masih terdeteksi tinggi. Titik ini dipilih untuk mengevaluasi sejauh mana ekosistem mangrove dapat mengendalikan akumulasi logam berat. Selain itu, hasil pemeriksaan air laut pH didapatkan sebesar 6,6 dan suhu 28,5°C yang artinya pH agak asam membuat Cr dan Cd masih dalam

bentuk cukup larut dan suhu mendukung mobilisasi logam dari sedimen, maka logam berat tetap mudah terserap oleh organisme.

Pada titik pengambilan sampel ke-5, diperoleh konsentrasi logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/kg. Meskipun berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yakni sebesar 0,10 mg/kg, nilai ini tetap perlu mendapatkan perhatian karena mendekati ambang batas yang diperbolehkan. Sementara itu, konsentrasi logam berat kromium (Cr) yang terdeteksi pada kerang Bakalang sebesar 0,82 mg/kg, masih berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan oleh *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1 mg/kg. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Titik 5 berada di dekat dengan tambak kepiting dan ikan. Kandungan logam berat yang ditemukan menunjukkan adanya risiko kontaminasi silang dari air tambak ke lingkungan sekitarnya. Aktivitas tambak yang menggunakan pakan buatan, antibiotik, dan bahan kimia lainnya dapat menjadi sumber pencemaran tidak langsung. Bahan yang digunakan biasanya seperti pupuk, kapur, formalin, *peroksida*, *kalium permanganat*, *sodium bikarbonat*, *saponin* dan *kuprisulfat*. Selain itu, hasil pemeriksaan air laut pH

didapatkan sebesar 6,7 dan suhu 29,2°C yang artinya pH sedikit asam tetap memungkinkan Cr dan Cd dalam bentuk terlarut. Suhu yang tinggi mempercepat reaksi pelarutan logam dalam air.

Pada titik pengambilan sampel ke-6, diperoleh konsentrasi logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/kg. Nilai ini masih berada di bawah ambang batas maksimum cemaran yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yaitu sebesar 0,10 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat kromium (Cr) pada kerang Bakalang tercatat sebesar 0,00353 mg/g atau setara dengan 3,53 mg/kg. Nilai ini secara signifikan melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997, yaitu sebesar 1 mg/kg, sehingga dapat dikategorikan tidak memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Sebenarnya tidak ada batas khusus yang disebutkan untuk Cr dalam kerang, tetapi Cr(VI) dikenal sangat toksik dan dilarang sebagai kontaminan dalam makanan.

Titik 6 adalah titik dengan tingkat pencemaran tertinggi, terutama pada Cr yang jauh melampaui ambang batas aman (1 mg/kg). Titik ini berada di kawasan dengan kombinasi aktivitas padat, Pelabuhan kecil dan tambak. Kombinasi tersebut menciptakan tekanan lingkungan yang sangat tinggi, dan hasil analisis menunjukkan bahwa Cr sangat terakumulasi di kerang. Selain itu,

hasil pemeriksaan air laut pH didapatkan sebesar 6,5 dan suhu 30°C yang artinya pH ini tergolong cukup asam, yang sangat mendukung kelarutan logam berat dan suhu tertinggi sehingga bisa mempercepat pelarutan logam. Lokasi ini penting untuk dipantau karena mengindikasikan ancaman serius terhadap kesehatan lingkungan dan keamanan pangan jika kerang dari lokasi yang dikonsumsi masyarakat.

Berbeda penelitian yang dilakukan oleh Linda et al., (2023) di Pulau Sedanau, Natuna, yang menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam kerang masih dalam kisaran aman berdasarkan SNI, dan tidak dilakukan analisis lebih lanjut terkait dampaknya bagi konsumen manusia. penelitian ini menyoroti bahwa keberadaan logam berat dalam kerang tidak selalu disertai dengan penilaian risiko konkret terhadap kesehatan, sehingga dapat dikatakan belum cukup mendalam dalam menilai dampaknya pada kelompok rentan seperti lansia.

Perbedaan konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang terdeteksi pada kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira menunjukkan hubungan yang kuat dengan aktivitas manusia di sekitar area pengambilan sampel. Kadar kromium yang tinggi di titik 1 (0,61 mg/kg) diduga berasal dari kegiatan perkapalan, seperti penggunaan cat antikorosi dan pelumas yang mengandung logam berat. Sebagai organisme penyaring, kerang mampu

mengakumulasi logam berat dari air, sedimen, maupun partikel tersuspensi, sehingga dapat mencerminkan tingkat pencemaran lingkungan sekitarnya (Rainbow, 2024).

Penelitian terbaru mengungkap bahwa bioakumulasi logam berat pada invertebrata laut sangat dipengaruhi oleh lokasi dan spesies, dengan hewan penyaring seperti *Crassostrea gigas* dan *Octomeris angulosa* mampu menumpuk logam-logam seperti kadmium, kromium, arsenik, dan logam berat lainnya pada level yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Phorego et al., 2024). Aktivitas industri dan perkotaan di kawasan pesisir menjadi penyumbang utama pencemaran ini, sekaligus menegaskan peran invertebrata laut sebagai indikator biologis dan agen bioremediasi alami pada ekosistem pesisir yang terdampak urbanisasi. Tingginya kandungan logam berat di wilayah dengan aktivitas pelayaran yang intens menunjukkan bahwa pencemaran berasal dari sumber non-point dan bersifat kronis akibat aktivitas berulang di kawasan tersebut (El-Sharkawy et al., 2025).

Walaupun kadar kadmium di semua lokasi sampling masih berada di bawah ambang aman yang ditetapkan BPOM (2018), akumulasi dalam jangka panjang akibat paparan rata-rata lebih dari 47 tahun tetap menjadi isu yang perlu diwaspadai. Hasil studi epidemiologi mengungkap bahwa paparan logam berat secara kronis, meski pada dosis rendah, dapat menimbulkan efek kumulatif

yang berujung pada gangguan fungsi ginjal, kerusakan sistem saraf, serta peningkatan risiko kanker (Järup, 2003). Oleh sebab itu, meskipun nilai Risiko Kesehatan (RQ) saat ini sebagian besar responden masih di bawah angka 1, pemantauan berkala dan upaya edukasi terkait konsumsi kerang perlu digencarkan sebagai langkah antisipasi.

Klasifikasi dari *International Agency for Research on Cancer* (IARC), kadmium (Cd) dan senyawanya dikategorikan pada kelompok 1 bagi manusia, dengan bukti kuat yang menunjukkan kaitannya dengan kanker paru-paru akibat paparan melalui inhalasi, serta ada indikasi berhubungan dengan kanker prostat. Demikian pula, kromium heksavalen Cr(VI) diklasifikasikan dalam kelompok 1 sebagai agen mutagenik dan genotoksik, yang dapat menimbulkan kerusakan materi genetik.

2. Analisis Pemajanan

a. Laju Asupan (R)

Laju asupan merupakan jumlah kerang (dalam gram) yang dikonsumsi oleh individu setiap hari. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa masyarakat memiliki rata-rata konsumsi sebesar 110,83 gram per hari, dengan nilai konsumsi tertinggi sebesar 200 gram/hari dan terendah 60 gram/hari.

Variabel ini dianggap sebagai faktor paling dominan dalam menentukan besaran nilai risiko (*Risk Quotient/RQ*).

Peningkatan laju asupan akan memperbesar potensi risiko yang muncul, khususnya apabila dikaitkan dengan lamanya pajanan, frekuensi konsumsi, serta berat badan seseorang.

Hal serupa dikemukakan oleh Kusumawarni et al., (2020) bahwa laju asupan merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai RQ. Dalam penelitiannya, sebagian besar responden memiliki laju asupan ikan kembung ≥ 100 gram/hari (79%) dan kerang darah ≥ 25 gram/hari (65%). Umumnya, responden mengonsumsi hasil tangkapan sendiri. Dengan demikian, semakin besar jumlah konsumsi, semakin tinggi pula potensi risiko kesehatannya.

b. Frekuensi Pajanan (f_E)

Frekuensi pajanan mengacu pada jumlah hari dalam satu tahun di mana masyarakat mengonsumsi kerang yang berasal dari perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa frekuensi pajanan rata-rata pada masyarakat yang mengonsumsi kerang bakalang adalah 95,2 hari/tahun. Dengan frekuensi pajanan tertinggi sebesar 144 hari/tahun dan terendah sebesar 48 hari/tahun.

Perbedaan frekuensi pajanan antar individu dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kondisi kesehatan. Sebagian masyarakat tidak mengonsumsi kerang secara rutin

setiap hari karena adanya keluhan kesehatan seperti gatal-gatal, hipertensi, dan gangguan pernapasan.

Tingkat frekuensi konsumsi kerang akan mempengaruhi jumlah kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang masuk ke dalam tubuh, serta laju asupan masing-masing individu terhadap zat berisiko tersebut. Jika seseorang secara rutin mengonsumsi kerang yang mengandung kadmium (Cd) dan kromium (Cr) dari perairan Lantebung Bira Kota Makassar sepanjang tahun, maka risiko kesehatannya akan lebih tinggi dibandingkan dengan individu yang tidak mengonsumsi kerang sepanjang tahun, karena jumlah kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang masuk ke dalam tubuhnya juga lebih besar.

Hidayat et al., (2022) mengemukakan bahwa nilai frekuensi didapatkan dari banyaknya hari responden mengonsumsi kerang darah (*Anadara granosa*) dalam satu tahun, karena frekuensi konsumsi kerang darah (*Anadara granosa*) responden bervariasi dan tidak dibatasi sehingga frekuensi paparan (Fe) yang paling singkat adalah 52 hari/tahun sedangkan yang paling lama adalah 156 hari/tahun atau yang mengonsumsi setiap hari, sedangkan rata-rata frekuensi (fE) adalah 104 hari/tahun. Artinya semakin tinggi frekuensi paparan, maka semakin besar pula jumlah asupan timbal (Pb) dalam tubuh, karena keduanya memiliki hubungan yang sebanding secara langsung.

c. Durasi Paparan (D_t)

Durasi paparan merupakan lamanya waktu kontak individu dengan kadmium atau kromium yang terdapat dalam kerang bakalang yang berasal dari Perairan Lantebung Bira Kota Makassar. Hasil penelitian diketahui durasi paparan rata-rata yang mengonsumsi kerang bakalang sebesar 47,07 tahun. Dengan durasi paparan tertinggi yaitu 57 tahun dan terendah 40 tahun.

Menurut Kementerian Kesehatan (2012), durasi paparan merujuk pada lamanya waktu atau jumlah tahun seseorang terpapar suatu agen risiko. Untuk perhitungan paparan seumur hidup, digunakan nilai durasi paparan (Duration Time/ D_t) selama 30 tahun untuk risiko *non-karsinogenik*, dan 70 tahun untuk risiko karsinogenik. Tetapi hasil wawancara pada responden di Perairan Lantebung Bira, keseluruhannya tinggal dan menetap sejak lahir serta tidak pernah berpindah tempat maupun pendatang, sehingga durasi paparan dianggap mengikuti usia masing-masing responden.

d. Berat Badan (W_b)

Berat badan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan timbangan pada saat wawancara, dan dinyatakan dalam satuan kilogram terhadap masyarakat di Kelurahan Bira. Berat badan

merupakan faktor yang penting dalam analisis risiko kesehatan dan mempengaruhi besarnya intake dan dosis internal yang diterima oleh individu. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa berat badan rata-rata masyarakat lansia yang mengkonsumsi kerang adalah 62,96 kg, dengan berat badan tertinggi sebesar 73 kg dan terendah sebesar 46 kg.

Dalam studi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), individu dengan berat badan lebih rendah cenderung menerima asupan (*intake*) zat berbahaya yang lebih tinggi, karena berat badan berperan sebagai pembagi dalam perhitungan *intake*. Semakin besar berat badan seseorang, maka nilai *intake* yang dihitung akan semakin kecil. Oleh karena itu, berat badan turut memengaruhi besar kecilnya tingkat risiko, dan secara teori, individu dengan berat badan lebih besar memiliki kemungkinan yang lebih rendah untuk mengalami gangguan kesehatan akibat paparan zat berbahaya.

e. *Intake*

Intake merupakan besarnya konsentrasi agen risiko yang masuk ke dalam tubuh manusia per hari, disesuaikan dengan berat badan individu (kg). Nilai intake dihitung berdasarkan hasil perkalian antara konsentrasi logam berat pada kerang (C), laju asupan (R), frekuensi pajanan (f_E), dan durasi pajanan (D_t),

kemudian dibagi dengan berat badan (W_b) dan rata-rata waktu pajanan (T_{avg}).

Dalam penelitian ini, perhitungan nilai intake juga dilakukan untuk pajanan seumur hidup (*lifetime exposure*) sebagaimana ditetapkan oleh US EPA untuk risiko *non-karsinogenik*. Oleh karena itu, dalam perhitungan *intake lifetime* individu digunakan nilai D_t sebesar 30 tahun.

Dalam perhitungan analisis risiko kesehatan non-karsinogenik, nilai paparan logam berat kadmium (Cd) terhadap masyarakat secara real time diperoleh sebesar 0,000042 mg/kg/hari, dengan rentang nilai antara 0 hingga 0,000102 mg/kg/hari. Sementara itu, paparan logam berat kromium (Cr) terhadap masyarakat secara real time tercatat sebesar 0,00085 mg/kg/hari, dengan nilai minimum sebesar 0,00018 mg/kg/hari dan maksimum 0,0030 mg/kg/hari.

Menariknya, Silaen et al., (2025) melaporkan bahwa batas aman konsumsi kromium pada kerang bulu adalah 0,0002796 gram per minggu untuk pria dan 0,0002097 gram per minggu untuk wanita. Jika dihitung dalam bentuk konsumsi harian, angka tersebut setara dengan sekitar 0,00004 mg/kg/hari, yang jauh lebih rendah dibandingkan rata-rata asupan Cr pada penelitian ini sebesar 0,00085 mg/kg/hari. Kondisi ini menekankan pentingnya pengendalian frekuensi konsumsi serta perlunya

memberikan edukasi kepada masyarakat terkait risiko akumulasi logam berat, khususnya bagi kelompok rentan seperti lansia.

Dengan demikian, meskipun rata-rata asupan dalam studi ini masih berada di bawah batas yang ditetapkan lembaga regulator internasional, faktor paparan jangka panjang, usia responden yang sensitif, dan tingginya frekuensi konsumsi tetap harus menjadi perhatian. Pemantauan rutin terhadap mutu produk laut dan penyuluhan tentang pola konsumsi yang aman merupakan langkah penting dalam upaya mitigasi risiko kesehatan masyarakat.

3. Tingkat Risiko (RQ)

Tingkat risiko (RQ) yang melebihi nilai 1 mengindikasikan bahwa kerang tersebut tidak layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat Kelurahan Bira, Kota Makassar, karena berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan.

Pada penelitian yang dilakukan terhadap responden maka didapatkan hasil bahwa dari 30 masyarakat lansia yang di wawancara di Kelurahan Bira terdapat 1 masyarakat yang mempunyai $RQ > 1$ pada pemeriksaan Kromium (Cr) sedangkan 29 masyarakat lainnya dinyatakan masih aman atau tidak berisiko karena memiliki nilai $RQ \leq 1$. Sedangkan tingkat risiko terpajan kadmium (Cd) dari hasil perhitungan, masyarakat memiliki nilai $RQ \leq 1$ yang artinya 30 masyarakat tidak berisiko terhadap penyakit

non karsinogenik akibat Kadmium (Cd) dalam waktu 30 tahun mendatang.

Karakteristik risiko digunakan untuk menilai seberapa besar potensi risiko terhadap kesehatan pada tingkat konsentrasi tertentu yang dianalisis. Penilaian ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti jumlah konsumsi, berat badan, frekuensi, waktu dan lama paparan. Nilai karakteristik risiko dihitung dengan membagi nilai intake sesuai dengan metode yang digunakan dalam analisis. Perbedaan temuan antar lokasi ini menegaskan perlunya pengawasan rutin terhadap kualitas air dan hasil laut, mengingat tingkat pencemaran logam berat sangat fluktuatif dan dipengaruhi oleh aktivitas oleh aktivitas serta kondisi arus perairan.

Salsabila et al., (2024) mengemukakan bahwa berdasarkan hasil Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), konsumsi kerang hijau budidaya dari perairan Tambak Lorok dinyatakan tidak aman bagi manusia karena memiliki nilai Risk Quotient (RQ) yang melebihi angka 1. Meskipun demikian, hasil perhitungan ARKL menunjukkan bahwa batas aman asupan harian bagi orang dewasa dengan berat badan 58 kg adalah sebesar 0,45 mg/kg/hari untuk kerang berukuran besar, dan 0,54 mg/kg/hari untuk kerang berukuran kecil.

4. Gangguan Kesehatan

Logam berat merupakan polutan beracun yang dapat menimbulkan efek mematikan (*lethal*) maupun tidak mematikan (*sublethal*), seperti gangguan pertumbuhan, perilaku, dan morfologi pada organisme akuatik. Zat ini dapat masuk ke tubuh melalui insang, kulit, saluran pencernaan, otot, dan hati, lalu terakumulasi. Setelah diserap, terutama di lambung dan insang atau *alveoli* (tergantung jenis organisme), logam berat didistribusikan ke seluruh tubuh. Distribusinya dipengaruhi oleh aliran darah, membran sel, dan afinitas organ terhadap logam. Akumulasi logam dalam tubuh organisme air dapat berdampak negative bagi kesehatan manusia jika organisme tersebut dikonsumsi, seperti menyebabkan radang tenggorokan, sakit kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, hingga pneumonia (Pratiwi, 2020).

Tabel 5 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat lansia yang mengonsumsi kerang bakalang ada beberapa masyarakat yang mengalami berbagai gangguan kesehatan. Jenis gangguan kesehatan yang dialami ialah tekanan darah tinggi sebanyak 18 (60,0%) orang, muncul ruam merah yang menonjol disertai gatal sebanyak 11 (36,7%) orang, reaksi alergi seperti sesak napas sebanyak 10 (33,3%) orang dan sakit perut di area samoling atau punggung sebanyak 1 (3,3%) orang.

Hasil penelitian menunjukkan adanya beberapa gangguan kesehatan yang dialami oleh lansia. Namun demikian, gangguan-gangguan kesehatan tersebut tidak dapat langsung dinyatakan disebabkan oleh konsumsi kerang semata. Hal ini disebabkan karena dalam ARKL, evaluasi risiko tidak hanya mempertimbangkan satu faktor, misalnya konsumsi kerang yang tercemar logam berat, tetapi juga harus memperhatikan berbagai variabel lain yang dapat mempengaruhi tingkat risiko kesehatan. Variabel lainnya, seperti frekuensi dan durasi konsumsi, usia dan status gizi, kondisi dan faktor paparan lain, serta faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi pola konsumsi dan paparan secara umum. Oleh karena itu, dalam penilaian risiko, pendekatan yang komprehensif dan holistik sangat diperlukan agar penyebab gangguan kesehatan dapat diidentifikasi secara lebih tepat, dan tidak hanya dikaitkan dengan konsumsi kerang tanpa memperhitungkan kontribusi faktor lainnya.

Andini et al., (2024) dalam penelitiannya menyatakan bahwa logam kadmium (Cd) termasuk dalam kelompok logam berat yang memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan perairan. Cd dapat terakumulasi di sedimen dan selanjutnya masuk ke dalam tubuh biota akuatik melalui proses trofik saat organisme tersebut mengonsumsi makanan yang terkontaminasi. Proses bioakumulasi ini memungkinkan Cd berpindah dalam rantai makanan, sehingga berpotensi membahayakan kesehatan manusia apabila terpapar

dalam jumlah berlebihan. Paparan kronis terhadap Cd telah dikaitkan dengan peningkatan risiko berbagai jenis kanker, antara lain kanker payudara, paru-paru, prostat, nesofaging, pankreas, dan ginjal.

Peneliti lainnya, Jati et al., (2024) mengemukakan bahwa Jika air yang terkontaminasi krom dikonsumsi, dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan. Kromium dalam bentuk heksavalen (CR(VI)) sangat beracun dan termasuk dalam kategori logam berat berbahaya. Paparan kromium pada manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi kulit, gangguan sistem pencernaan dan pernapasan, serta kerusakan pada hati dan ginjal. Selain itu. Kromium berpotensi menyebabkan kanker dan genetik.

5. Pengelolaan Risiko

Tujuan dari pengelolaan risiko adalah untuk mengendalikan faktor-faktor yang dapat memicu gangguan kesehatan akibat konsumsi kerang bakalang yang mengandung kadmium dan kromium. Dalam penelitian ini, pengelolaan risiko dilakukan dengan berbagai upaya, seperti menurunkan kadar kadmium dan kromium dalam kerang, mengurangi tingkat asupan, menurunkan frekuensi paparan serta memperpendek durasi paparan.

Jika diasumsikan bahwa batas aman konsentrasi dalam mengonsumsi kerang bakalang bagi masyarakat dengan berat badan 63 kg, frekuensi konsumsi 95 hari per tahun selama 47 tahun

adalah sebesar 0,00417 mg/kg/hari, maka nilai tersebut dapat dijadikan acuan sebagai ambang batas asupan yang masih dapat diterima tanpa menimbulkan dampak kesehatan yang merugikan.. Dalam aplikasinya cara pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui 4 pendekatan yaitu :

a. Pendekatan Teknologi

Pengelolaan risiko melalui pendekatan teknologi mencakup pemanfaatan peralatan, bahan, metode, serta teknik khusus yang tersedia. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan ini antara lain pemetaan *digital* (GIS) lokasi dengan tingkat pencemaran tinggi, fitoremediasi menggunakan tanaman mangrove atau mikroalga penyerap logam berat, dan penerapan sistem pengolahan limbah industri sebelum dialirkan ke laut serta penempatan lokasi budidaya kerang jauh dari sumber pencemar. Selain itu, bisa dilakukan dengan cara bioremediasi untuk mengikat logam berat kromium (Cr) dan kadmium (Cd).

Terdapat 2 metode yang dapat diterapkan untuk menurunkan kadar logam berat dalam tubuh organisme akuatik, yakni transplantasi dan depurasi. Transplantasi dilakukan dengan cara memindahkan kerang dari perairan yang telah terkontaminasi ke lingkungan perairan yang bersih dan bebas polutan, lalu dibiarkan untuk menjalani proses pembersihan diri secara alami melalui ekskresi. Proses ini membutuhkan waktu

yang cukup lama, setidaknya satu musim pemijahan, dan umumnya efektif untuk mengurangi kontaminasi bakteri seperti *E. coli*, meskipun kurang optimal dalam menghilangkan polutan jenis logam berat (Gafur, 2021).

b. Pendekatan Regulasi

Pendekatan ini berperan sebagai dasar hukum dan pengendali teknis untuk melindungi kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan. Regulasi penting seperti Peraturan BPOM RI Nomor 5 Tahun 2018 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan harus menjadi acuan utama dalam pengawasan hasil laut, termasuk kerang. Selain itu, penegakan aturan terkait pembuangan limbah cair, izin industri pesisir, serta aturan perlindungan ekosistem mangrove dan tambak harus diperketat. Pemerintah daerah juga dapat menyusun Peraturan Daerah (Perda) yang lebih kontekstual terhadap kondisi wilayah masing-masing. Kepatuhan terhadap regulasi ini merupakan fondasi untuk mencegah masuknya bahan pangan tercemar ke masyarakat.

c. Pendekatan Sosial-Ekonomi

Pendekatan sosial-ekonomi dalam pengelolaan risiko mencakup keterlibatan berbagai pihak terkait, peningkatan efisiensi proses, penggunaan bahan pengganti yang lebih aman, serta penerapan mekanisme kompensasi yang sesuai.

Contohnya pelatihan kepada nelayan dan pembudidaya tentang bahaya logam berat dan cara budidaya berkelanjutan, penyuluhan pada masyarakat pesisir mengenai pentingnya tidak membuang limbah sembarangan, pemberian label atau sertifikasi “zona hijau bebas pencemar” untuk produk kerang dari lokasi yang aman.

d. Pendekatan Institusional

Pengelolaan risiko melalui pendekatan institusional dilakukan dengan membangun kerja sama lintas sektor atau dengan pihak terkait lainnya melalui mekanisme kelembagaan yang telah disepakati bersama. Pendekatan ini menekankan pentingnya koordinasi lintas sektor dalam pengawasan dan pengelolaan lingkungan pesisir. Keterlibatan aktif instansi seperti dinas lingkungan hidup, dinas perikanan, dinas kesehatan, serta aparat pengawasan pangan sangat krusial. Kelembagaan di tingkat lokal perlu diperkuat agar memiliki kapasitas dan kewenangan dalam memantau serta menanggulangi sumber pencemaran, termasuk pengelolaan data pemantauan logam berat secara berkala.