

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Letak Geografis

Secara geografis, Kelurahan Bira yang terletak di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar, berada pada koordinat 05°09'05.845" LS dan 119°47'13.044" BT. Berdasarkan aspek administratif, Kelurahan Bira merupakan wilayah dengan luas terbesar di Kecamatan Tamalanrea, yaitu mencapai 9,26 km². Wilayah ini termasuk dalam kawasan pesisir dengan ketinggian berkisar antara 1-22 meter di atas permukaan laut. Adapun batas-batas wilayah Kelurahan Bira adalah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara : Kelurahan Untia, Kecamatan Biringkanaya
- b. Sebelah selatan : Kelurahan Parangloe Kecamatan Tamalanrea
- c. Sebelah Timur : Kelurahan Bulurokeng, Kecamatan Tamalanrea
- d. Sebelah barat : Selat Makassar

Perairan Selat Makassar secara geografis di bagian utara berhubungan dengan Samudera Pasifik melalui Laut Sulawesi dan di bagian selatan terhubung dengan Laut Jawa serta Laut Flores, dengan batas wilayah di sebelah barat berupa Pulau Kalimantan dan di sebelah timur Pulau Sulawesi. Selat Makassar memiliki peranan strategis sebagai jalur utama transport massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia melalui sistem Arus Lintas Indonesia

(ARLINDO). Aliran ARLINDO bergerak dari Samudera Pasifik Tengah melalui Laut Sulawesi, kemudian berbelok ke arah selatan melewati Selat Makassar, sambil membawa massa air yang kaya sumber daya sehingga meningkatkan potensi kelautan wilayah tersebut. Selain itu, ARLINDO juga melintasi Kepulauan Spermonde dari arah utara ke selatan, termasuk perairan di sekitar pesisir Dusun Lantebung, Kelurahan Bira, yang turut dipengaruhi oleh dinamika oseanografi tersebut.

2. Letak Administratif

Kelurahan Bira merupakan salah satu wilayah administratif yang berada di Kecamatan Tamalate, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Wilayah kelurahan ini terbagi ke dalam beberapa Rukun Warga (RW) dan Rukun Tetangga (RT), dengan cakupan area yang meliputi kawasan permukiman hingga wilayah pesisir. Secara administratif, Kelurahan Bira berada di bawah pembinaan Pemerintah Kota Makassar serta berperan aktif dalam pelaksanaan berbagai program pemberdayaan masyarakat pesisir, khususnya yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan laut dan upaya konservasi sumber daya alam.

Pengelolaan administrasi wilayah pesisir memiliki peranan strategis dalam mendukung perencanaan pembangunan sektor kelautan. Kelurahan Bira telah terintegrasi dalam sejumlah program pesisir terpadu yang diinisiasi oleh Dinas Kelautan dan Perikanan

Kota Makassar, antara lain pengembangan kampung nelayan modern dan kegiatan konservasi laut. Keberhasilan program-program tersebut sangat bergantung pada keterlibatan aktif para pemangku kepentingan lokal dalam menjaga keberlanjutan lingkungan sekaligus mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

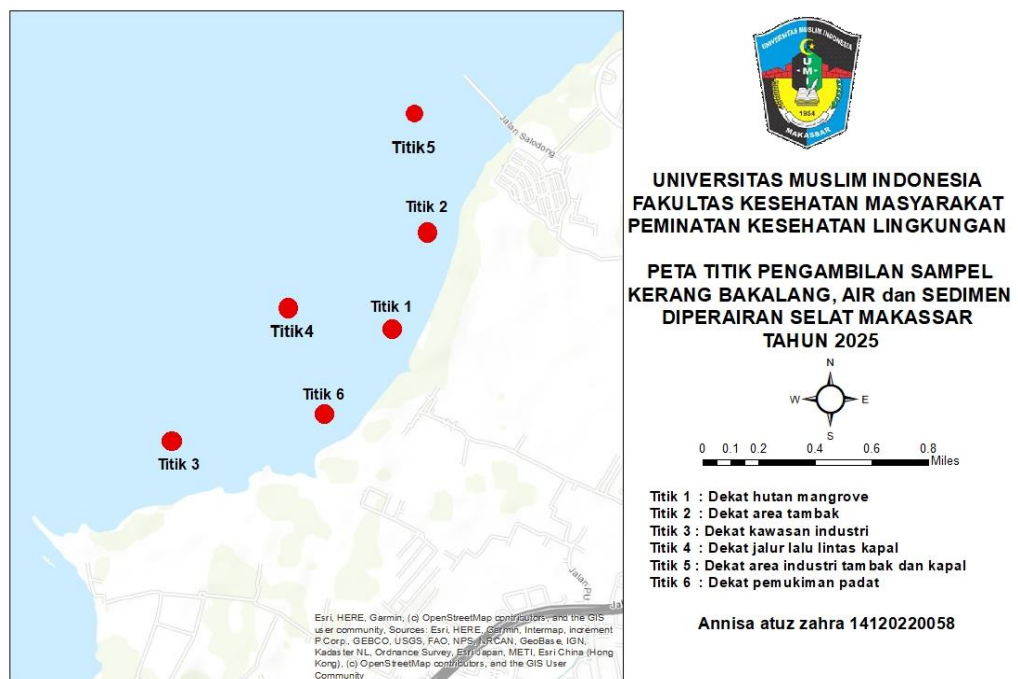
3. Gambaran Sosial Ekonomi

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.

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.

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.



B. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Lantebung Bira, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Pengumpulan data dilakukan sejak Januari-Februari 2026. Sampel manusia merupakan masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang sebanyak 30 orang. Jumlah masyarakat tersebut akan digunakan sebagai unit analisis dalam

desain estimasi risiko karsinogenik, di mana seluruh faktor risiko diukur untuk memprediksi besarnya risiko kesehatan akibat paparan logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) dari konsumsi kerang bakalang. Desain ini mengikuti pendekatan Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan (*Environmental Health Risk Assessment/EHRA*), dimana setiap individu merupakan sasaran yang akan dihitung risikonya setelah terpapar logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) dalam kerang bakalang. 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 Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. 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 Pegambilan Sampel

Tabel 5.1
Titik Pengambilan Sampel di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar

Titik	Koordinat		Lokasi
	Bujur	Lintang	
1	119.4660"E	-5.074754"S	Dekat dengan hutan mangrove

2	119.27'56"E	-5.068714"S	Dekat area tambak
3	119.083416"E	-5.083416"S	Dekat kawasan industri
4	119.4649"E	-5.077023"S	Jalur lalu lintas kapal
5	119.27'51"E	-5.3544""S	Dekat area industri, tambak, dan kapal
6	119.46'68"E	-5.079357"S	Pemukiman padat

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa titik pengambilan sampel di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar pada titik 1 di dekat dengan hutan mangrove, titik 2 di dekat area tambak, titik 3 di dekat kawasan industri, titik 4 di dekat jalur lalu lintas kapal, titik 5 di Dekat area industri, tambak, dan kapal, dan titik 6 di pemukiman padat.

2. Karakteristik Masyarakat Nelayan

Karakteristik masyarakat yang dikaji dalam penelitian ini meliputi umur, jenis kelamin, berat badan, lama tinggal, tingkat pendidikan di wilayah pesisir, serta riwayat gangguan kesehatan pada sampel masyarakat yang mengonsumsi kerang bakalang.

a. Umur

Distribusi responden berdasarkan umur dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.2
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Umur di Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar

No	Kelompok Umur	n	%
1	21-30 tahun	2	6,7
2	31-40 tahun	7	23,3
3	41-50 tahun	15	50,0
4	51-60 tahun	4	13,3
5	61-70 tahun	1	3,3
6	71-80 tahun	1	3,3

Total	30	100
--------------	-----------	------------

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat nelayan berdasarkan kelompok umur yang mengonsumsi kerang Bakalang di Perairan Lantebung, Kota Makassar. Dari 30 responden yang diteliti kelompok umur tertinggi pada umur 41-50 tahun sebanyak 15 orang (50,0%) dan kelompok umur terendah pada umur 61-70 tahun dan 71-80 tahun sebanyak masing-masing 1 orang (3,3%).

b. Jenis Kelamin

Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.3
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Jenis Kelamin di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Jenis Kelamin	n	%
1	Laki-laki	29	96,7
2	Perempuan	1	3,3
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan jenis kelamin di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden yang diteliti, sebagian besar responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 29 orang (96,7%) dan responden perempuan sebanyak 1 orang (3,3%).

c. Pendidikan Terakhir

Distribusi responden berdasarkan pendidikan terakhir dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.4
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Pendidikan Terakhir di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Pendidikan Terakhir	n	%
1	SD	23	76,7
2	SMP	4	13,3
3	SMA/SMK	3	10,0
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan pendidikan terakhir di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden, pendidikan terakhir tertinggi yaitu SD sebanyak 23 orang (76,7%) dan pendidikan terakhir yang terendah SMA/SMK sebanyak 3 orang (10,0%).

d. Berat Badan

Distribusi responden berdasarkan berat badan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.5
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Berat Badan di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Berat Badan	n	%
1	41-50 kg	2	6,7
2	51-60 kg	22	73,3
3	61-70 kg	6	20,3
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan berat badan di Perairan Lantebung Bira, Kota

Makassar. Dari 30 responden, kelompok berat badan tertinggi pada 51-60 kg yaitu sebanyak 22 orang (73,3%) dan kelompok berat badan terendah pada 41-50 kg sebanyak 2 orang (6,7%).

e. Lama Tinggal

Distribusi responden berdasarkan lama tinggal dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.6
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Lama Tinggal di Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar

No	Lama Tinggal	n	%
1	15-29 tahun	5	16,7
2	30-44 tahun	12	40,0
3	45-59 tahun	11	36,7
4	60-74 tahun	2	6,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan lama tinggal di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden yang diteliti, lama tinggal terbanyak terdapat pada kategori 30-44 tahun sebanyak 12 orang (40,0%), sedangkan lama tinggal paling sedikit terdapat pada kategori 60-74 tahun sebanyak 2 orang (6,7%).

f. Pola Konsumsi Kerang

Distribusi responden berdasarkan pola konsumsi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.7
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Pola Konsumsi di

**Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar**

No	Pola Konsumsi	n	%
1	2-3 kali/minggu	22	73,3
2	1 kali/minggu	6	20,0
3	< 1 kali/minggu	2	6,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.7 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan pola konsumsi kerang di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden yang diteliti, pola konsumsi terbanyak terdapat pada 2-3 kali/minggu sebanyak 22 orang (73,3%), sedangkan pola konsumsi paling sedikit terdapat pada < kali/minggu sebanyak 2 orang (6,7%).

g. Cara Perolehan Kerang

Distribusi responden berdasarkan lama tinggal dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 5.8
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Cara Perolehan
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar**

No	Cara Perolehan	n	%
1	Beli (pasar tradisional)	4	13,3
2	Tangkap Sendiri (nelayan langsung)	26	86,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.8 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat yang mengonsumsi kerang bakalang berdasarkan cara perolehan kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden, sebagian besar masyarakat memperoleh kerang dengan cara menangkap sendiri (nelayan langsung) yaitu

sebanyak 26 orang (86,7%) dan responden yang memperoleh kerang dengan cara membeli di pasar tradisional berjumlah 4 orang (13,3%).

h. Cara Memasak Kerang

Distribusi responden berdasarkan cara memasak kerang oleh masyarakat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 9
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Cara Memasak Kerang
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Cara Memasak	n	%
1	Direbus	28	93,3
2	Dibakar	2	6,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.9 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat dalam mengolah kerang bakalang berdasarkan cara memasak di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden, sebagian besar masyarakat memasak kerang dengan cara direbus, yaitu sebanyak 28 orang (93,3%) dan responden yang memasak kerang dengan cara dibakar sebanyak 2 orang (6,7%).

i. Cara Pengolahan Kerang

Distribusi responden berdasarkan cara pengolahan kerang oleh masyarakat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.10
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Diolah Tanpa dilepas

**Cangkangnya di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar**

No	Diolah Tanpa dilepas Cangkangnya	n	%
1	Dilepas	2	6,7
2	Tidak	28	93,3
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.10 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan pengolahan kerang Bakalang yang diolah tanpa dilepas cangkangnya di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden, sebagian besar masyarakat tidak mengolah kerang tanpa melepas cangkangnya, yaitu sebanyak 28 orang (93,3%) dan responden yang mengolah kerang tanpa dilepas cangkangnya sebanyak 2 orang (6,7%).

j. Gangguan Kesehatan

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

**Tabel 5.11
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Gangguan Kesehatan
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar**

No	Gangguan Kesehatan	n	%
1	Gangguan pada ginjal	1	3,3
2	Gangguan pada tulang	4	13,3
3	Gangguan pada kulit	14	46,7
4	Tidak ada gangguan	11	36,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.11 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan gangguan kesehatan di Perairan Lantebung Bira, Kota

Makassar. Dari 30 responden yang diteliti gangguan kesehatan yang paling banyak dialami adalah gangguan pada kulit, yaitu sebanyak 14 orang (46,7%) dan gangguan kesehatan yang paling sedikit dialami gangguan pada ginjal sebanyak 1 orang (3,3%).

k. Keluhan Setelah Konsumsi Kerang

Distribusi responden berdasarkan keluhan setelah mengonsumsi kerang bakalang oleh masyarakat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.12
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Keluhan Setelah
Konsumsi Kerang di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar

No	Keluhan Setelah Konsumsi Kerang	n	%
1	Nyeri perut / diare	12	40,0
2	Mual, muntah	1	3,3
3	Nyeri tulang dan sendi	4	13,3
4	Bengkak pada kaki atau tangan	2	6,7
5	Tidak ada keluhan	11	36,7
Total		30	100

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.12 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan keluhan setelah konsumsi kerang di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar. Dari 30 responden yang diteliti, keluhan yang paling banyak dialami adalah nyeri perut/diare sebanyak 12 orang (40,0%) dan keluhan yang paling sedikit dialami adalah mual/muntah sebanyak 1 orang (3,3%).

1. Gambaran Hasil Analisis Risiko

a. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Kerang Bakalang

Hasil pemeriksaan konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada kerang bakalang dilakukan melalui analisis laboratorium menggunakan metode atomisasi. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat yang terkandung dalam kerang bakalang yang diperoleh dari lokasi penelitian. Hasil pemeriksaan konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada kerang bakalang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.13
Distribusi Konsentrasi Kadmium (Cd) pada Kerang Bakalang
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Titik Pengambilan Sampe	Kadmium (Cd) (mg/kg)	Ket
1	T1	0,2973	MS
2	T2	0,4111	MS
3	T3	0,3538	MS
4	T4	0,3300	MS
5	T5	0,4993	TMS
6	T6	0,3264	MS

Sumber: Data Primer, 2026

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa kadar logam berat Kadmium (Cd) pada kerang bakalang yang tertinggi berada pada titik 5 yaitu sebesar 0,4993 mg/kg sedangkan terendah berada pada titik 1 dimana kadar logam berat kadmium (Cd) yaitu sebesar

0,2973 mg/kg. Berdasarkan hasil tersebut, sebagian besar sampel masih tergolong memenuhi syarat (MS) karena berada di bawah baku mutu yang ditetapkan, namun pada titik T5 dikategorikan tidak memenuhi syarat (TMS) karena konsentrasi kadmium melebihi batas yang diperbolehkan.

b. Konsentrasi Logam Berat Kromium (Cr) pada Kerang Bakalang

Hasil pemeriksaan konsentrasi logam berat kromium (Cr) pada kerang bakalang dilakukan melalui analisis laboratorium menggunakan metode atomisasi. Hasil pemeriksaan konsentrasi logam berat kromium (Cr) pada kerang bakalang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.14
Distribusi Konsentrasi Kromium (Cr) pada Kerang Bakalang
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	Titik Pengambilan Sampel	Kromium (Cr) (mg/kg)	Ket
1	T1	<0,01	MS
2	T2	<0,01	MS
3	T3	<0,01	MS
4	T4	<0,01	MS
5	T5	<0,01	MS
6	T6	<0,01	MS

Sumber: Data Primer, 2026

Keterangan:

Tt : Tidak terdeteksi

MS : Memenuhi Syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Tabel 5.14 menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Kromium (Cr) pada kerang bakalang yang diambil dari enam titik

pengambilan sampel (T1, T2, T3, T4, T5, dan T6) menunjukkan nilai $<0,01$ mg/kg. Nilai tersebut berada di bawah batas deteksi alat (*Limit of Detection*/LOD) yang digunakan dalam pemeriksaan laboratorium, sehingga keberadaan logam Kromium pada sampel tidak dapat terdeteksi secara kuantitatif. Hal ini menunjukkan bahwa kadar Kromium pada kerang bakalang di lokasi penelitian sangat rendah atau berada di bawah kemampuan alat untuk mendeteksinya. Dengan demikian, seluruh sampel pada titik pengambilan tersebut dikategorikan memenuhi syarat (MS) karena tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

c. Tingkat Paparan Harian *Intake* (I) Logam Berat Kadmium (Cd)

Tingkat paparan harian masyarakat nelayan terhadap logam berat kadmium (Cd) dihitung berdasarkan parameter analisis pemajanan, seperti konsentrasi logam dalam kerang, laju konsumsi, frekuensi pajanan, durasi pajanan, serta berat badan responden. Hasil perhitungan tingkat paparan harian (*intake*) kadmium (Cd) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.15
Asupan Karsinogenik Kadmium (Cd) Masyarakat Nelayan
yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar

No	<i>Intake</i> (mg/kg)	Kadmium (Cd)	
		<i>Real Time</i>	<i>Life Time</i>
1	<i>Mean</i>	$2,51 \times 10^{-4}$	$2,06 \times 10^{-4}$
2	Median	$2,27 \times 10^{-4}$	$1,95 \times 10^{-4}$
3	Minimum	$2,84 \times 10^{-5}$	$2,79 \times 10^{-5}$
4	Maksimum	$7,67 \times 10^{-4}$	$6,03 \times 10^{-4}$

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.15 menunjukkan bahwa *intake* (karsinogenik) logam berat Kadmium (Cd) masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira menunjukkan adanya variasi tingkat paparan pada *real time* maupun *life time*. Secara umum, nilai rata-rata asupan pada logam tersebut masih berada dalam kisaran yang relatif rendah.

Pada logam Kadmium (Cd), nilai rata-rata (*mean*) asupan sebesar $2,51 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $2,06 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai median masing-masing sebesar $2,27 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $1,95 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai median yang lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata menunjukkan bahwa terdapat sebagian kecil responden dengan tingkat asupan yang lebih tinggi sehingga memengaruhi nilai rata-rata secara keseluruhan. Nilai minimum sebesar $2,84 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $2,79 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan bahwa seluruh responden tetap mengalami paparan, meskipun dalam jumlah yang rendah. Sementara itu, nilai maksimum sebesar $7,67 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $6,03 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*) mengindikasikan adanya kelompok responden dengan tingkat paparan yang relatif lebih tinggi.

Berikut ini perhitungan nilai asupan harian (*intake*) logam berat Kadmium (Cd) untuk durasi paparan *real time* sebagai berikut pada sampel masyarakat no.21 (tertinggi) dan no. 27 (terendah).

1. Masyarakat No. 21 (tertinggi)

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

$$I = \frac{0,0004993 \times 300 \times 144 \times 50}{55 \times 25.550}$$

$$I = \frac{1.078.488}{1.405.250}$$

$$I = 0,00076747 = 7,76 \times 10^{-4}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.21 melalui nilai *intake* tertinggi $7,76 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari.

2. Masyarakat No. 27 (terendah)

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

$$I = \frac{0,0003264 \times 50 \times 60 \times 51}{68,9 \times 10950}$$

$$I = \frac{49.939,2}{1.760.395}$$

$$I = 0,000028368 = 2,84 \times 10^{-5}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.27 melalui nilai *intake* terendah $2,84 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari.

d. Tingkat Paparan Harian *Intake* (I) Logam Berat Kromium (Cr)

Tingkat paparan harian masyarakat nelayan terhadap logam berat kromium (Cr) dihitung berdasarkan parameter analisis pemajanan, seperti konsentrasi logam dalam kerang, laju konsumsi, frekuensi pajanan, durasi pajanan, serta berat badan

responden. Hasil perhitungan tingkat paparan harian (*intake*) kadmium (Cd) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.16
Asupan Karsinogenik Kromium (Cr) Masyarakat Nelayan
yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan
Lantebung Bira Kota Makassar

No	<i>Intake</i> (mg/kg)	Kromium (Cr)	
		<i>Real Time</i>	<i>Life Time</i>
1	<i>Mean</i>	$6,79 \times 10^{-3}$	$5,60 \times 10^{-3}$
2	Median	$5,70 \times 10^{-3}$	$4,90 \times 10^{-3}$
3	Minimum	$8,69 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-4}$
4	Maksimum	$1,73 \times 10^{-3}$	$8,92 \times 10^{-4}$

Sumber: Data Primer, 2026

Berdasarkan Tabel 5.15 menunjukkan bahwa nilai intake (karsinogenik) logam berat Kadmium (Cd) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar menunjukkan variasi tingkat pajanan baik pada kondisi *real time* maupun *life time*. Secara umum, nilai rata-rata asupan logam kadmium masih berada pada kisaran yang relatif rendah. Namun demikian, terdapat perbedaan antara nilai *mean* dan median yang menunjukkan adanya variasi distribusi tingkat pajanan di antara responden, sehingga mengindikasikan bahwa jumlah asupan kadmium yang diterima oleh masyarakat tidak merata dan dipengaruhi oleh perbedaan pola konsumsi kerang bakalang pada masing-masing responden.

Pada logam Kromium (Cr), nilai rata-rata (mean) asupan sebesar $6,79 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $5,60 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai median masing-masing sebesar $5,70 \times$

10^{-3} mg/kg/hari (*real time*) dan $4,90 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*life time*). Kondisi ini juga menunjukkan bahwa nilai median lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata, sehingga mencerminkan adanya distribusi pajanan yang tidak merata. Nilai minimum sebesar $8,69 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $1,21 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan bahwa seluruh responden tetap terpapar Kromium (Cr), meskipun pada tingkat yang rendah. Adapun nilai maksimum sebesar $1,73 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $8,92 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan adanya subkelompok responden dengan tingkat asupan yang lebih tinggi dibandingkan responden lainnya.

Berikut ini perhitungan nilai asupan harian (*intake*) logam berat Kromium (Cr) untuk durasi pajanan real time sebagai berikut pada sampel masyarakat no.21 (tertinggi) dan no. 27 (terendah).

1. Masyarakat No. 30 (tertinggi)

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

$$I = \frac{0,01 \times 300 \times 120 \times 70}{56,92 \times 25.550}$$

$$I = \frac{25.200}{1.454.306}$$

$$I = 0,0173227853 = 1,73 \times 10^{-2}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.30 melalui nilai *intake* tertinggi $1,73 \times 10^{-2}$ mg/kg/hari.

2. Masyarakat No. 27 (terendah)

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

$$I = \frac{0,01 \times 50 \times 60 \times 51}{68,9 \times 25.550}$$

$$I = \frac{1.530}{1.760.395}$$

$$I = 0,000869123 = 8,69 \times 10^{-4}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada masyarakat no.27 melalui nilai *intake* terendah $8,69 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari.

e. *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Logam Berat Kadmium (Cd)

Karakterisasi risiko karsinogenik dilakukan dengan menghitung nilai *excess cancer risk* (ECR) untuk mengetahui potensi risiko kanker akibat paparan logam berat kadmium (Cd) melalui konsumsi kerang bakalang. Hasil perhitungan nilai ECR kadmium (Cd) pada masyarakat nelayan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5.17
Karakteristik *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Kadmium (Cd) Masyarakat Nelayan yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

No	ECR	Kadmium (Cd)	
		<i>Real Time</i>	<i>Life Time</i>
1	<i>Mean</i>	$1,03 \times 10^{-4}$	$8,57 \times 10^{-5}$
2	Median	$9,02 \times 10^{-5}$	$7,64 \times 10^{-5}$
3	Minimum	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-5}$
4	Maksimum	$2,92 \times 10^{-4}$	$2,92 \times 10^{-4}$

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.17 menunjukkan bahwa nilai rata-rata (*mean*) *slope factor* (SF) karsinogenik untuk Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada nelayan yang mengonsumsi kerang darah di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar Tahun 2025 menunjukkan adanya potensi risiko kanker akibat paparan logam berat melalui konsumsi hasil laut tersebut, baik pada paparan *real time* maupun seumur hidup. Hal ini mengindikasikan bahwa paparan logam berat dalam jangka panjang berkontribusi terhadap peningkatan terjadinya efek karsinogenik.

Pada logam Kadmium (Cd), nilai rata-rata (*mean*) *excess cancer risk* (ECR) sebesar $1,03 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $8,57 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai median masing-masing sebesar $9,02 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $7,64 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai minimum sebesar $1,08 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $1,06 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan bahwa seluruh responden memiliki potensi risiko karsinogenik, meskipun pada tingkat yang relatif rendah. Sementara itu, nilai maksimum sebesar $2,92 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari pada kedua kondisi mengindikasikan adanya kelompok responden dengan tingkat risiko yang relatif lebih tinggi dibandingkan responden lainnya.

Berikut ini perhitungan tingkat risiko terjadinya efek karsinogenik dinyatakan dengan simbol *excess cancer risk* (ECR). Karakterisasi risiko untuk efek karsinogenik dihitung dengan mengalikan *intake*

dengan *slope factor* (SF) pada logam berat Kadmium (Cd) untuk durasi pajanan *real time* sebagai berikut pada sampel masyarakat no. 21 (tertinggi) dan no. 27 (terendah).

1. Masyarakat 21 (tertinggi)

$$ECR = I \times SF$$

$$ECR = 7,76 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/hari} \times 0,38 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$$

$$ECR = 2,92 \times 10^{-4}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *excess cancer risk* (ECR) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang, diperoleh nilai ECR sebesar $2,92 \times 10^{-4}$ pada responden nomor 21. Nilai tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *intake* (I) sebesar $7,76 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/hari}$ dengan *slope factor* (SF) sebesar $0,38 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$. Hasil ini menunjukkan bahwa responden tersebut memiliki tingkat risiko karsinogenik tertentu akibat pajanan logam berat melalui konsumsi kerang bakalang. Nilai ECR tersebut menggambarkan adanya potensi risiko kesehatan dalam jangka panjang apabila paparan terjadi secara terus-menerus.

2. Masyarakat 27 (terendah)

$$ECR = I \times SF$$

$$ECR = 2,84 \times 10^{-5} \text{ mg/kg/hari} \times 0,38 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$$

$$ECR = 1,08 \times 10^{-5}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *excess cancer risk* (ECR) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang, diperoleh nilai ECR sebesar $1,08 \times 10^{-5}$ pada responden nomor 27. Nilai tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *intake* (I) sebesar $2,84 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari dengan *slope factor* (SF) sebesar $0,38 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat risiko karsinogenik pada responden tersebut relatif rendah, namun tetap menggambarkan adanya potensi risiko kesehatan akibat paparan logam berat melalui konsumsi kerang bakalang dalam jangka waktu tertentu.

f. *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Logam Berat Kromium (Cr)

Karakterisasi risiko karsinogenik dilakukan dengan menghitung nilai *excess cancer risk* (ECR) untuk mengetahui potensi risiko kanker akibat paparan logam berat kromium (Cr) melalui konsumsi kerang bakalang. Hasil perhitungan nilai ECR kromium (Cr) pada masyarakat nelayan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5.18
Karakteristik *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik
Kromium
(Cr) Masyarakat Nelayan yang Mengonsumsi Kerang
Bakalang di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar

No	ECR	Kromium (Cr)	
		<i>Real Time</i>	<i>Life Time</i>
1	<i>Mean</i>	$3,59 \times 10^{-3}$	$2,65 \times 10^{-3}$
2	Median	$2,87 \times 10^{-3}$	$2,48 \times 10^{-3}$
3	Minimum	$4,35 \times 10^{-4}$	$4,28 \times 10^{-4}$
4	Maksimum	$8,66 \times 10^{-3}$	$7,05 \times 10^{-3}$

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.18 menunjukkan bahwa logam Kromium (Cr), nilai rata-rata (*mean*) ECR sebesar $3,59 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $2,65 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*life time*). Nilai median masing-masing sebesar $2,87 \times 10^{-3}$ (*real time*) dan $2,48 \times 10^{-3}$ (*life time*). Nilai minimum sebesar $4,35 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $4,28 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan bahwa seluruh responden memiliki potensi risiko karsinogenik akibat paparan Kromium (Cr). Adapun nilai maksimum sebesar $8,66 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*) dan $7,05 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*life time*) menunjukkan adanya subkelompok responden dengan tingkat risiko yang jauh lebih tinggi dibandingkan responden lainnya.

Berikut ini perhitungan tingkat risiko terjadinya efek karsinogenik dinyatakan dengan simbol *excess cancer risk* (ECR). Karakterisasi risiko untuk efek karsinogenik dihitung dengan mengalikan *intake* dengan *slope factor* (SF) pada logam berat kromium (Cr) untuk durasi paparan *real time* sebagai berikut pada sampel masyarakat no. 30 (tertinggi) dan no. 27 (terendah).

1. Masyarakat 30 (tertinggi)

$$ECR = I \times SF$$

$$ECR = 1,73 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hari} \times 0,5 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$$

$$ECR = 8,66 \times 10^{-3}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *excess cancer risk* (ECR) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang,

diperoleh nilai ECR tertinggi sebesar $8,66 \times 10^{-3}$ pada responden nomor 30. Nilai tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *intake* (I) sebesar $1,73 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari dengan *slope factor* (SF) sebesar $0,5 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai ECR pada responden tersebut tergolong tinggi, sehingga mengindikasikan adanya potensi risiko karsinogenik akibat paparan logam berat melalui konsumsi kerang bakalang. Nilai ini menggambarkan kemungkinan terjadinya risiko kanker pada populasi yang terpapar dalam jangka waktu tertentu akibat akumulasi logam berat dalam tubuh.

2. Masyarakat 27 (terendah)

$$\text{ECR} = I \times \text{SF}$$

$$\text{ECR} = 8,69 \times 10^{-4} \text{ mg/kg/hari} \times 0,5 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$$

$$\text{ECR} = 4,35 \times 10^{-4}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *excess cancer risk* (ECR) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang, diperoleh nilai ECR terendah sebesar $4,35 \times 10^{-4}$ pada responden nomor 27. Nilai tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara *intake* (I) sebesar $8,69 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari dengan *slope factor* (SF) sebesar $0,5 \text{ mg/kg/hari}^{-1}$. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat risiko karsinogenik pada responden tersebut relatif lebih rendah dibandingkan responden lainnya, namun tetap menunjukkan

adanya potensi risiko kesehatan akibat paparan logam berat melalui konsumsi kerang bakalang.

4. Analisis Pemajanan

a. Logam Berat Kadmium (Cd)

Nilai analisis pemajanan logam berat kadmium (Cd) dihitung untuk mengetahui besarnya paparan yang diterima oleh masyarakat nelayan melalui konsumsi kerang bakalang. Analisis pemajanan ini dilakukan untuk memperkirakan jumlah asupan logam berat kadmium yang masuk ke dalam tubuh masyarakat akibat konsumsi kerang yang berasal dari Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar.

Perhitungan analisis pemajanan atau intake logam berat kadmium (Cd) dilakukan dengan menggunakan konsentrasi logam berat (C), laju asupan (R), frekuensi paparan (f_E), durasi paparan (D_t), berat badan masyarakat (W_b), periode waktu rata-rata (T_{avg}).

Tabel 5.19
Nilai Analisis Pemajanan Logam Kadmium (Cd) Masyarakat Nelayan yang Mengonsumsi Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar

Titik	Res p	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan							
		C (mg/kg)	R (gr/hr)	D _t (th)	f _E (hr/th)	W _b (kg)	T _{avg} (hr)	Intake (mg/kg/hr)	ECR
1	1	0,2973	300	28	144	57,2	25550	$2,46 \times 10^{-4}$	$9,35 \times 10^{-5}$
	2	0,2973	150	30	120	55	25550	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,14 \times 10^{-5}$
	3	0,2973	150	32	120	56,8	25550	$1,18 \times 10^{-4}$	$4,48 \times 10^{-5}$
	4	0,2973	150	33	156	57,7	25550	$1,56 \times 10^{-4}$	$5,92 \times 10^{-5}$
	5	0,2973	150	33	144	66,3	25550	$1,25 \times 10^{-4}$	$4,75 \times 10^{-5}$
2	6	0,4111	150	20	156	59	25550	$1,28 \times 10^{-4}$	$4,85 \times 10^{-5}$

	7	0,4111	50	28	144	58,5	25550	$5,54 \times 10^{-5}$	$2,11 \times 10^{-5}$
	8	0,4111	150	40	132	53,4	25550	$2,39 \times 10^{-4}$	$9,07 \times 10^{-5}$
	9	0,4111	150	40	156	68,6	25550	$2,20 \times 10^{-4}$	$8,34 \times 10^{-5}$
	10	0,4111	150	43	144	54	25550	$2,77 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$
3	11	0,3538	150	43	156	59	25550	$2,36 \times 10^{-4}$	$8,97 \times 10^{-5}$
	12	0,3538	150	44	132	60	25550	$2,01 \times 10^{-4}$	$7,64 \times 10^{-5}$
	13	0,3538	150	44	108	60,4	25550	$1,63 \times 10^{-4}$	$6,21 \times 10^{-5}$
	14	0,3538	150	45	72	57,2	25550	$1,18 \times 10^{-4}$	$4,47 \times 10^{-5}$
	15	0,3538	150	45	72	55,9	25550	$1,20 \times 10^{-4}$	$4,57 \times 10^{-5}$
4	16	0,3300	300	46	144	56,5	25550	$4,54 \times 10^{-4}$	$1,73 \times 10^{-4}$
	17	0,3300	150	48	144	71	25550	$1,89 \times 10^{-4}$	$1,89 \times 10^{-4}$
	18	0,3300	300	49	156	58,65	25550	$5,05 \times 10^{-4}$	$1,92 \times 10^{-4}$
	19	0,3300	150	49	120	60	25550	$1,90 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-4}$
	20	0,3300	150	50	156	54,73	25550	$2,76 \times 10^{-4}$	$1,05 \times 10^{-4}$
5	21	0,4993	300	50	144	55	25550	$7,67 \times 10^{-4}$	$2,92 \times 10^{-4}$
	22	0,4993	150	50	108	44,7	25550	$3,54 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-4}$
	23	0,4993	150	50	96	60	25550	$2,35 \times 10^{-4}$	$8,91 \times 10^{-5}$
	24	0,4993	150	50	120	67,6	25550	$2,60 \times 10^{-4}$	$9,89 \times 10^{-5}$
	25	0,4993	150	51	132	61	25550	$3,24 \times 10^{-4}$	$1,23 \times 10^{-5}$
6	26	0,3264	300	51	156	57,4	25550	$5,31 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-4}$
	27	0,3264	50	51	60	68,9	25550	$2,84 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-5}$
	28	0,3264	50	38	84	50	25550	$4,08 \times 10^{-5}$	$1,55 \times 10^{-5}$
	29	0,3264	150	70	108	51,6	25550	$2,81 \times 10^{-4}$	$1,07 \times 10^{-4}$
	30	0,3264	300	70	120	56,92	25550	$5,66 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.19 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat di perairan Lantebung Bira yang diwawancarai, masyarakat yang memiliki laju asupan tertinggi yaitu sebesar 300 gram/hari. Sedangkan laju asupan terendah yaitu sebesar 50 gram/hari. Pada durasi pajanan nilai tertinggi yaitu 70 tahun sedangkan nilai terendah yaitu 20 tahun. Pada frekuensi pajanan tertinggi yaitu 156 hari/tahun sedangkan nilai terendah yaitu 60 hari/tahun. Berat badan tertinggi 71 kg sedangkan terendah yaitu sebesar 44,7 kg. Sementara itu, periode waktu rata-rata yang digunakan semuanya sebesar 25.550 untuk karsinogenik.

b. Logam Berat Kromium (Cr)

Tabel 5.20
Nilai Analisis Pemajanan Logam Kromium (Cr) Masyarakat

**Nelayan yang Mengonsumsi Kerang Bakalang
di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar**

Titi k	Res p	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan							
		C (mg/kg)	R (gr/ hr)	D _t (th)	f _E (hr/th)	W _b (kg)	T _{avg} (hr)	Intake (mg/kg/hr)	ECR
1	1	<0,01	300	28	144	57,2	25550	$8,28 \times 10^{-3}$	$4,14 \times 10^{-3}$
	2	<0,01	150	30	120	55	25550	$3,84 \times 10^{-3}$	$1,92 \times 10^{-3}$
	3	<0,01	150	32	120	56,8	25550	$3,97 \times 10^{-3}$	$1,98 \times 10^{-3}$
	4	<0,01	150	33	156	57,7	25550	$5,24 \times 10^{-3}$	$2,62 \times 10^{-3}$
	5	<0,01	150	33	144	66,3	25550	$4,21 \times 10^{-3}$	$2,10 \times 10^{-3}$
2	6	<0,01	150	20	156	59	25550	$3,10 \times 10^{-3}$	$1,55 \times 10^{-3}$
	7	<0,01	50	28	144	58,5	25550	$1,35 \times 10^{-3}$	$6,74 \times 10^{-4}$
	8	<0,01	150	40	132	53,4	25550	$5,80 \times 10^{-3}$	$2,90 \times 10^{-3}$
	9	<0,01	150	40	156	68,6	25550	$5,34 \times 10^{-3}$	$2,67 \times 10^{-3}$
	10	<0,01	150	43	144	54	25550	$6,73 \times 10^{-3}$	$3,37 \times 10^{-3}$
3	11	<0,01	150	43	156	59	25550	$6,67 \times 10^{-3}$	$3,34 \times 10^{-3}$
	12	<0,01	150	44	132	60	25550	$5,68 \times 10^{-3}$	$2,84 \times 10^{-3}$
	13	<0,01	150	44	108	60,4	25550	$4,62 \times 10^{-3}$	$2,31 \times 10^{-3}$
	14	<0,01	150	45	72	57,2	25550	$3,33 \times 10^{-3}$	$1,66 \times 10^{-3}$
	15	<0,01	150	45	72	55,9	25550	$3,40 \times 10^{-3}$	$1,70 \times 10^{-3}$
4	16	<0,01	300	46	144	56,5	25550	$1,38 \times 10^{-2}$	$6,88 \times 10^{-3}$
	17	<0,01	150	48	144	71	25550	$5,72 \times 10^{-3}$	$5,72 \times 10^{-3}$
	18	<0,01	300	49	156	58,65	25550	$1,53 \times 10^{-2}$	$7,65 \times 10^{-3}$
	19	<0,01	150	49	120	60	25550	$5,75 \times 10^{-3}$	$5,75 \times 10^{-3}$
	20	<0,01	150	50	156	54,73	25550	$8,37 \times 10^{-3}$	$4,18 \times 10^{-3}$
5	21	<0,01	300	50	144	55	25550	$1,54 \times 10^{-2}$	$7,69 \times 10^{-3}$
	22	<0,01	150	50	108	44,7	25550	$7,09 \times 10^{-3}$	$3,55 \times 10^{-3}$
	23	<0,01	150	50	96	60	25550	$4,70 \times 10^{-3}$	$2,35 \times 10^{-3}$
	24	<0,01	150	50	120	67,6	25550	$5,21 \times 10^{-3}$	$2,61 \times 10^{-3}$
	25	<0,01	150	51	132	61	25550	$6,48 \times 10^{-3}$	$3,24 \times 10^{-3}$
6	26	<0,01	300	51	156	57,4	25550	$1,63 \times 10^{-2}$	$8,14 \times 10^{-3}$
	27	<0,01	50	51	60	68,9	25550	$8,69 \times 10^{-4}$	$4,35 \times 10^{-4}$
	28	<0,01	50	38	84	50	25550	$1,25 \times 10^{-3}$	$6,25 \times 10^{-4}$
	29	<0,01	150	70	108	51,6	25550	$8,60 \times 10^{-3}$	$4,30 \times 10^{-3}$
	30	<0,01	300	70	120	56,92	25550	$1,73 \times 10^{-2}$	$8,66 \times 10^{-3}$

Sumber: Data Primer, 2026

Keterangan:

C : Kosentrasi agen risiko

R : Laju asupan

D_t : Durasi pajanan

f_E : Frekuensi pajanan

W_b : Berat badan

T_{avg} : Periode waktu rata-rata

Analisis pemajanan logam berat kadmium (Cd) pada masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang,

diperlukan beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan nilai intake. Parameter tersebut meliputi konsentrasi logam berat dalam kerang bakalang (C), laju asupan atau laju konsumsi kerang (R), frekuensi pajanan (f_E), durasi pajanan (D_t), berat badan responden (W_b), serta periode waktu rata-rata (time averaging/ T_{avg}). Parameter pemajanan masyarakat nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5.21
Parameter Pemajanan Masyarakat Nelayan yang
Mengonsumsi
Kerang Bakalang di Perairan Lantebung Bira
Kota Makassar

No	Analisis Pemajanan	Mean	Median	Min	Max
1	Laju Asupan (R)	170	150	50	300
2	Frekuensi Pajanan (f_E)	126,8	132	60	156
3	Durasi Pajanan (D_t)	44,03333	45	20	70
4	Berat Badan (W_b)	58,4	57,6	44,7	71
5	Waktu Perata-rata (T_{avg})	70 tahun x 365 hari/tahun			

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5.21 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat nelayan di perairan Lantebung Bira yang diwawancarai, masyarakat yang memiliki laju asupan tertinggi yaitu sebesar 300 gram/hari. Sedangkan laju asupan terendah yaitu sebesar 50 gram/hari. Pada durasi pajanan nilai tertinggi yaitu 70 tahun sedangkan nilai terendah yaitu 20 tahun. Pada frekuensi pajanan tertinggi yaitu 156 hari/tahun

sedangkan nilai terendah yaitu 60 hari/tahun. Berat badan tertinggi 71 kg sedangkan terendah yaitu sebesar 44,7 kg. Sementara itu, periode waktu rata-rata yang digunakan semuanya sebesar 25.550 untuk karsinogenik.

a. Laju Asupan (R)

Laju asupan (R) adalah jumlah 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 (*mean*) laju asupan masyarakat nelayan di wilayah Perairan Lantebung, Kelurahan Bira, adalah sebesar 170 g/hari, dengan nilai median 150 g/hari. Sementara itu, nilai terendah tercatat sebesar 50 g/hari dan nilai tertinggi mencapai 300 g/hari.

b. Frekuensi Paparan (f_E)

Frekuensi paparan (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 paparan masyarakat nelayan di Perairan Lantebung Bira adalah 126,8 hari/tahun, nilai tengah (*median*) frekuensi konsumsi kerang oleh responden adalah sebesar 132 hari/tahun. Adapun frekuensi konsumsi terendah tercatat sebanyak 60 hari/tahun, sedangkan frekuensi tertinggi mencapai 156 hari/tahun.

c. Durasi Paparan (D_t)

Durasi Paparan (D_t) adalah lama waktu (tahun) kontak responden dengan paparan (*risk agent*) di tempat tinggal dengan satuan tahun yang diperoleh melalui wawancara. Berdasarkan hasil wawancara pada responden di Perairan Lantebung Bira, keseluruhan tinggal dan menetap sejak lahir serta beberapa berpindah tempat maupun pendatang. Diketahui bahwa rata-rata (*mean*) durasi paparan masyarakat nelayan di Perairan Lantebung Bira adalah 44,03333 gram/hari, nilai tengah (*median*) yaitu 45 gram/hari. Adapun durasi paparan terendah 20 gram/hari dan durasi paparan tertinggi 70 gram/hari. Tetapi dalam perhitungan analisis risiko *lifetime*, peneliti menggunakan nilai *default* yakni efek karsinogenik selama 70 tahun.

d. Berat Badan (W_b)

Berat Badan (W_b) dalam penelitian ini mengacu pada berat badan responden yang merupakan masyarakat nelayan 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 58,4 kg, dengan nilai *median* 57,6 kg. Berat badan terendah ditemukan sebesar 44,7 kg, sedangkan yang tertinggi mencapai 71 kg.

e. Periode Waktu Rata-Rata (T_{avg})

Periode Waktu Rata-Rata (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 karsinogenik, yaitu selama 25.550 hari, yang ekuivalen dengan 70 tahun.

5. Karakteristik Risiko Karsinogenik

Slopee Factor (SF) merupakan besarnya risiko yang dinyatakan dalam angka tanpa satuan yang merupakan perhitungan antara *intake* dengan dosis/konsentrasi referensi dari suatu agen risiko karsinogenik serta dapat juga dipresentasikan sebagai aman atau tidak amannya suatu agen risiko terhadap organisme sistem atau sub populasi.

Langkah awal dalam memperoleh nilai *Slopee Factor* (SF) 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 (Cd) dan Kromium (Cr). 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 nelayan yang bermukim di perairan Lantebung Bira Kota Makassar.

Tingkat risiko terjadinya efek karsinogenik dinyatakan dengan parameter *Excess Cancer Risk* (ECR). Karakterisasi risiko karsinogenik dihitung dengan mengalikan nilai intake dengan *slope factor* (SF). Suatu paparan dinilai aman apabila nilai $ECR \leq 10^{-4}$, sedangkan paparan dinyatakan tidak aman apabila nilai $ECR > 10^{-4}$. Nilai karakterisasi risiko yang diperoleh dari perhitungan kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada kerang bakalang yang dikonsumsi oleh masyarakat nelayan di wilayah perairan Lantebung, Kelurahan Bira, Kota Makassar, disajikan pada tabel berikut.

6. Pengelolaan Risiko

Berdasarkan petunjuk teknis ARKL, Dirjen P2PL Kemenkes 2012, pengelolaan risiko tidak termasuk dalam tahapan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), melainkan merupakan langkah tindak lanjut jika hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko tidak aman atau tidak dapat diterima (*unacceptable*). Batas aman adalah ambang nilai terendah yang menyebabkan risiko menjadi tidak dapat diterima. Strategi pengelolaan risiko untuk Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) dapat dilakukan melalui tiga pendekatan:

- a. Pendekatan teknologi: pengolahan kerang sebelum dikonsumsi, monitoring kadar Cd dan Cr, serta pengendalian sumber pencemar.
- b. Pendekatan sosial ekonomi: edukasi masyarakat mengenai frekuensi konsumsi kerang yang aman, pengembangan alternatif pangan, dan penerapan praktik konsumsi yang aman.
- c. Pendekatan institusional: regulasi keamanan pangan, pemantauan rutin kualitas kerang, dan pengawasan oleh dinas kesehatan.

Adapun penentuan Batas Aman Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr), yaitu:

1. Kadmium (Cd)

$$\begin{aligned}
 C_k (\text{Aman}) &= \frac{(0,0001/\text{SF}) \times W_b \times 70 \times 365}{R \times f_E \times D_t} \\
 &= \frac{(0,0001/0,38) \times 58,4 \times 70 \times 365}{170 \times 126,8 \times 44,03333} \\
 &= \frac{392,663157}{949.183,46} \\
 &= 0,000414 \\
 &= C_k \approx 4,14 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

2. Kromium (Cr)

$$\begin{aligned}
 C_k (\text{Aman}) &= \frac{(0,0001/\text{SF}) \times W_b \times 70 \times 365}{R \times f_E \times D_t} \\
 &= \frac{(0,0001/0,5) \times 58,4 \times 70 \times 365}{170 \times 126,8 \times 44,03333} \\
 &= \frac{298,424}{949.183,46}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0003144$$

$$= C_k \approx 3,14 \times 10^{-4}$$

C. Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan selama periode Januari-Februari 2026, 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 Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS).

Estimasi risiko kesehatan merupakan proses ilmiah untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya dampak kesehatan pada manusia akibat pajanan suatu bahaya, baik kimia, fisik, maupun biologis. Dalam penelitian kesehatan lingkungan, estimasi risiko dilakukan untuk mengetahui besarnya risiko yang diterima individu atau populasi akibat paparan kontaminan melalui media lingkungan seperti air, udara, tanah, maupun pangan. Hasil estimasi risiko memberikan gambaran apakah paparan tersebut masih berada dalam batas aman atau berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan.

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu proses yang dimana 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.

Salah satu keterbatasan dalam penelitian ini adalah tidak dilakukannya pengambilan sampel secara berkala pada musim yang berbeda, khususnya saat musim hujan. Perubahan curah hujan yang tinggi pada musim tersebut berpotensi memengaruhi kadar logam berat di perairan melalui lampisan permukaan (*run off*) dari daratan, yang dapat membawa limbah domestik, pertanian, atau industri ke lingkungan laut. Selain itu, peningkatan volume air dan arus dapat menyebabkan pengenceran atau justru redistribusi logam berat dari sedimen ke kolom air. Oleh karena itu, hasil penelitian ini hanya merepresentasikan kondisi

pada waktu dan musim tertentu, dan belum menggambarkan dinamika kadar logam secara menyeluruh sepanjang tahun.

1. Karakteristik Masyarakat Nelayan

Penelitian ini memfokuskan pada 30 nelayan di Lantebung yang merupakan kelompok berisiko karena memiliki kebiasaan mengonsumsi kerang bakalang secara rutin. Mayoritas responden adalah laki-laki dengan karakteristik umur yang didominasi kelompok usia dewasa hingga lansia. Analisis pemajanan menunjukkan laju asupan kerang (*Intake Rate*, IR) rata-rata sebesar 170 g/hari dengan durasi pajanan (*Duration of Exposure*, D_t) yang panjang yaitu median 45 tahun. Kondisi tersebut, ditambah dengan rata-rata berat badan (W_b) responden sebesar 58,4 kg, berkontribusi terhadap peningkatan Dosis Harian rata-rata (*Average Daily Dose*, ADD), sehingga menjadi faktor penting dalam menentukan risiko kesehatan nelayan yang mengonsumsi kerang bakalang (USEPA,2005).

Karakteristik demografis responden seperti jenis kelamin dan usia memainkan peran penting dalam risiko paparan logam berat. Dalam konteks pedoman kanker, karakterisasi bahaya dan potensi risiko tidak bersifat seragam, melainkan dapat berbeda bergantung pada kondisi tertentu, seperti tingkat paparan, jalur paparan, serta tahap kehidupan individu yang terpapar. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan analisis integratif diperlukan pendekatan yang lebih spesifik melalui proses stratifikasi agar setiap variasi kondisi dapat

terakomodasi secara tepat. Dengan mempertimbangkan kombinasi parameter pada seluruh durasi paparan yang relevan, analisis yang dilakukan mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi risiko kesehatan, khususnya dalam konteks evaluasi risiko karsinogenik (USEPA, 2011).

Logam berat yang terakumulasi dalam makanan laut yang layak konsumsi berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, khususnya pada populasi dengan tingkat konsumsi hasil laut yang tinggi, seperti masyarakat nelayan. Konsumsi makanan laut yang terkontaminasi secara terus-menerus dalam jangka panjang dapat menyebabkan penumpukan logam berat di dalam tubuh manusia, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan kronis. Selain itu, ketidakseimbangan asupan logam esensial juga memiliki konsekuensi kesehatan, di mana asupan berlebih dapat menimbulkan efek toksik, sedangkan asupan yang kurang dapat memicu gangguan defisiensi.

Konsumsi kerang bakalang yang berpotensi mengandung logam berat seperti kadmium (Cd) dan kromium (Cr) menjadi jalur paparan utama yang relevan untuk dianalisis secara karsinogenik. Akumulasi kedua logam tersebut melalui konsumsi rutin dapat meningkatkan nilai intake dan berkontribusi terhadap besarnya *Excess Cancer Risk* (ECR), sehingga memperkuat pentingnya

estimasi risiko karsinogenik untuk menilai potensi dampak kesehatan jangka panjang pada masyarakat nelayan (Immaculate J.K., 2025).

Variabel berat badan yang relatif rendah berkontribusi terhadap peningkatan dosis paparan per kilogram berat badan akibat konsumsi kerang yang dilakukan secara rutin. Evaluasi risiko karsinogenik menggunakan *excess cancer risk* (ECR) menunjukkan bahwa peningkatan paparan jangka panjang terhadap logam berat melalui konsumsi kerang berpotensi meningkatkan probabilitas risiko kanker sepanjang masa hidup. Nilai ECR yang lebih tinggi mencerminkan besarnya kemungkinan terjadinya efek karsinogenik dibandingkan batas risiko yang direkomendasikan dalam pedoman penilaian risiko kesehatan lingkungan (Singhato, *et al.*, 2025).

Paparan kronis terhadap Cd telah dikaitkan dengan kerusakan nefron ginjal, gangguan mineralisasi tulang, dan komplikasi paru, sedangkan Cr dalam spesies valensi tertentu (terutama Cr(VI)) memiliki potensi toksisitas sistemik yang lebih tinggi daripada bentuk Cr(III). Studi kontemporer di Asia menunjukkan bahwa paparan Cd melalui makanan laut dapat berdampak pada fungsi ginjal secara kumulatif dan menimbulkan ancaman kesehatan yang relevan untuk kelompok lansia yang telah terkena paparan panjang waktu (Singhato, *et al.*, 2025).

Paparan kronis terhadap Cd telah dikaitkan dengan gangguan fungsi ginjal, termasuk penurunan laju filtrasi glomerulus yang

merupakan indikator awal nefrotoksisitas, serta berpotensi meningkatkan risiko penyakit ginjal kronis pada populasi umum dengan paparan lingkungan yang berkepanjangan. Selain itu, bukti epidemiologis juga menunjukkan bahwa paparan Cd berhubungan dengan penurunan kepadatan mineral tulang dan peningkatan risiko osteoporosis, terutama pada individu dengan paparan lingkungan jangka panjang atau konsentrasi tubuh yang lebih tinggi (Doccioli. C *et al.*, 2024).

a. *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Logam Berat Kadmium (Cd)

b. *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Logam Berat Kromium (Cr)

2. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Kerang Bakalang

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebanyak 6 titik yang berada di Perairan Lantebung Bira Kota Makassar yang diperiksa pada pemeriksaan Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) mengandung logam berat.

Pada titik 1 diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat kadmium (Cd) di titik 1 sebesar 0,2973 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran

Kadmium pada kerang sebesar 0,10 mg/kg. Adapun konsentrasi logam Kromium (Cr) pada kerang bakalang di titik 1 sebesar <0,01 mg/kg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar Kromium (Cr) masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan dalam standar *Food Adulteration (Metallic Contamination)* Hong Kong Tahun 1997 sebesar 1 mg/kg. Meskipun tidak terdapat batas khusus kromium total pada kerang, bentuk kromium heksavalen (Cr(VI)) diketahui bersifat sangat toksik dan tidak diperbolehkan sebagai kontaminan dalam pangan.

Lokasi titik 1 menunjukkan bahwa kadar Kadmium (Cd) terdeteksi relatif tinggi dan tidak memenuhi syarat karena melebihi ambang batas yang ditetapkan, sedangkan kadar Kromium (Cr) masih berada di bawah ambang batas. Kondisi ini mengindikasikan adanya pencemaran kadmium pada perairan di sekitar titik 1 yang berpotensi memengaruhi kualitas biota, khususnya kerang sebagai organisme akumulator. Meskipun titik ini berada di sekitar kawasan hutan mangrove yang secara ekologis berfungsi sebagai penyaring alami (biofilter) karena vegetasi mangrove mampu mengakumulasi dan menjerap logam berat dari perairan maupun sedimen, tingginya kadar kadmium menunjukkan bahwa beban pencemar yang masuk ke lingkungan kemungkinan melebihi kapasitas mangrove dalam menahan dan menstabilkan logam berat.

Pada titik pengambilan sampel ke-2, diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat

Kadmium (Cd) sebesar 0,4111 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran Kadmium (Cd) pada kerang sebesar 0,10 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat Kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar <0,01 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.

Kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang ditemukan pada titik 2 menunjukkan adanya kemungkinan risiko kontaminasi dari air tambak ke lingkungan perairan sekitarnya. Aktivitas budidaya tambak dapat menjadi sumber pencemar tidak langsung karena penggunaan berbagai bahan selama proses pemeliharaan. Pakan buatan, antibiotik, serta bahan kimia pengelolaan kualitas air berpotensi membawa residu logam berat ke perairan melalui aliran limbah tambak. Beberapa bahan yang umum digunakan dalam kegiatan tambak seperti pupuk, kapur, formalin, hidrogen peroksida, kalium permanganat, natrium bikarbonat, saponin, dan kupri sulfat dapat berkontribusi terhadap perubahan karakteristik kimia perairan serta meningkatkan mobilitas logam berat

dalam sedimen dan kolom air. Limbah dari aktivitas tersebut dapat terakumulasi di sedimen dan kemudian diserap oleh organisme bentik seperti kerang yang memiliki mekanisme filter *feeder*.

Pada titik pengambilan sampel ke-3, diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,3538 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran Kadmium (Cd) pada kerang sebesar 0,10 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat Kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar <0,01 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.

Lokasi titik 3 berada di dekat area industri yang sangat berpotensi menjadi sumber pencemaran logam berat. Kromium (Cr) merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai proses industri, seperti pelapisan logam (*electroplating*), pembuatan cat, pigmen, serta bahan pelindung anti karat. Limbah industri yang tidak dikelola dengan baik dapat masuk ke perairan pesisir melalui aliran limbah cair maupun deposisi sedimen, sehingga meningkatkan risiko

kontaminasi pada organisme perairan. Tingginya kadar Kadmium (Cd) yang terdeteksi pada titik ini mengindikasikan kemungkinan adanya pencemaran ganda, yaitu berasal dari aktivitas industri maupun sumber lain seperti limpasan daratan dan aktivitas pelabuhan. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun Kromium (Cr) masih berada di bawah ambang batas, tekanan pencemaran logam berat secara keseluruhan tetap terjadi dan dapat menyebabkan akumulasi jangka panjang pada biota. Hasil pada titik ini memberikan gambaran bahwa kawasan industri berpotensi menjadi sumber utama pencemaran logam berat, sehingga diperlukan pengawasan limbah industri, pemantauan kualitas perairan secara berkala, serta penguatan pengelolaan lingkungan untuk mencegah peningkatan akumulasi logam berat pada biota dan risiko kesehatan masyarakat.

Pada titik pengambilan sampel ke-4, diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,3300 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran Kadmium (Cd) pada kerang sebesar 0,10 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat Kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar <0,01 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.

Lokasi titik 4 diketahui berada di sekitar jalur lalu lintas kapal nelayan, sehingga keberadaan kromium diduga berkaitan dengan aktivitas perkapalan. Tingginya kadar Kadmium (Cd) mengindikasikan adanya sumber pencemar tambahan selain aktivitas perkapalan, seperti limpasan daratan, aktivitas pelabuhan, atau input dari kegiatan pesisir lainnya. Kromium (Cr) dapat berasal dari penggunaan cat anti karat kapal yang mengandung pigmen kromat, seperti *zinc chromate* (ZnCrO_4), bahan aditif logam dalam pelumas, serta proses keausan mesin akibat gesekan logam. Partikel logam dari aktivitas tersebut dapat terlepas ke perairan, mengendap di sedimen, dan selanjutnya terakumulasi pada organisme bentik seperti kerang. Meskipun kadar Kromium (Cr) masih berada di bawah ambang batas, keberadaannya menunjukkan bahwa aktivitas kapal berkontribusi terhadap pencemaran logam di perairan.

Pada titik pengambilan sampel ke-5, diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,4993 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran Kadmium (Cd) pada kerang sebesar 0,10 mg/kg.

Sementara itu, konsentrasi logam berat Kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar $<0,01$ 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.

Gafur, A., & Syam, N. (2026) mengungkapkan bahwa distribusi logam berat pada kerang darah menunjukkan variasi spasial yang signifikan, yang mengindikasikan adanya kontaminasi antropogenik bersifat lokal di titik pengambilan sampel tertentu. Akumulasi Kadmium (Cd) tertinggi ditemukan pada lokasi T4 dengan konsentrasi mencapai 0,356 mg/kg. Paparan kronis terhadap logam berat ini sangat berisiko terhadap kesehatan manusia, terutama pada gangguan fungsi ginjal di bagian tubulus proksimal. Akumulasi jangka panjang dapat memicu terjadinya proteinuria serta kerusakan ginjal progresif, sebagaimana dilaporkan dalam berbagai studi penilaian risiko kesehatan pada masyarakat pesisir yang mengonsumsi biota laut terkontaminasi.

Lokasi titik 5 berada pada kawasan dengan aktivitas pesisir yang cukup padat dan beragam seperti area industri, tambak dan jalur lintas kapal, sehingga berpotensi meningkatkan beban pencemaran logam berat di perairan. Berbagai aktivitas manusia di wilayah pesisir

dapat menghasilkan limbah yang mengandung residu logam berat, baik melalui aliran permukaan, pembuangan sisa kegiatan, maupun akumulasi pada sedimen. Kombinasi berbagai sumber pencemar tersebut dapat menciptakan tekanan lingkungan yang tinggi dan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi logam berat di biota perairan. Akumulasi Kadmium (Cd) yang tinggi pada kerang menunjukkan bahwa logam berat tersebut telah tersimpan dalam sedimen dan kolom air, kemudian terakumulasi melalui mekanisme filtrasi makanan. Kondisi ini menandakan bahwa pencemaran yang terjadi bersifat berkelanjutan dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan apabila kerang dikonsumsi secara terus-menerus. Lokasi ini penting untuk dipantau karena mengindikasikan ancaman serius terhadap kesehatan lingkungan dan keamanan pangan jika kerang dari lokasi yang dikonsumsi masyarakat.

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-6, diperoleh konsentrasi logam berat melalui pemeriksaan laboratorium bahwa logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,3264 mg/kg, sehingga memenuhi tidak memenuhi persyaratan menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 5 Tahun 2018, yang menetapkan batas maksimum cemaran Kadmium (Cd) pada kerang sebesar 0,10 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat Kromium (Cr) yang terdeteksi dalam kerang Bakalang sebesar <0,01 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.

Lokasi titik 6 diduga berkaitan dengan pengaruh limbah dari kawasan pemukiman padat di sekitar perairan. Limbah domestik seperti air cucian, deterjen, produk pembersih, baterai, cat rumah tangga, serta limbah elektronik skala rumah tangga dapat mengandung logam berat termasuk kadmium dan kromium. Pembuangan limbah domestik yang tidak melalui pengolahan memadai memungkinkan logam berat masuk ke badan air melalui

aliran drainase, limpasan permukaan, maupun akumulasi pada sedimen. Akumulasi logam berat dari limbah pemukiman dapat bersifat bertahap namun berkelanjutan. Kadmium dapat berasal dari produk rumah tangga tertentu dan partikel limbah padat, sedangkan kromium dapat berasal dari bahan pembersih, pewarna, dan residu cat. Logam yang masuk ke perairan kemudian mengendap di sedimen dan diserap oleh organisme benthik seperti kerang melalui mekanisme filtrasi makanan, sehingga kadar dalam jaringan organisme meningkat.

Winerungan *et al.*, (2025) mengungkapkan bahwa hasil konsentrasi kromium (Cr) pada kerang teridentifikasi berada pada rentang 0,10-0,24 mg/kg dengan nilai rata-rata sebesar 0,18 mg/kg. Temuan tersebut melampaui ambang batas aman yang direkomendasikan oleh *World Health Organization Food and Agriculture Organization* sebesar 0,1 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi kerang secara rutin dari wilayah tersebut berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, khususnya apabila dikonsumsi dalam jumlah besar dan dalam jangka waktu yang panjang.

Korelasi yang signifikan antara aktivitas manusia di sekitar Perairan Lantebung Bira dengan variasi konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada kerang bakalang sangat terlihat jelas. Tingginya kadar Kadmium di titik 4, yang mencapai 0,4993 mg/kg, diyakini bersumber dari berbagai aktivitas manusia di

wilayah pesisir dapat menghasilkan limbah yang mengandung residu logam berat, baik melalui aliran permukaan, pembuangan sisa kegiatan, maupun akumulasi pada sedimen. Kombinasi berbagai sumber pencemar tersebut dapat menciptakan tekanan lingkungan yang tinggi dan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi logam berat di biota perairan. Mengingat sifatnya sebagai *filter feeder*, kerang memiliki kemampuan menyerap logam berat dari sedimen, air, dan partikel tersuspensi, sehingga organisme ini menjadi indikator yang akurat bagi kualitas lingkungan (Rainbow, 2024).

Meskipun konsentrasi kadmium di seluruh titik pengambilan sampel masih memenuhi standar keamanan yang ditetapkan oleh BPOM (2018), durasi paparan yang melampaui tahun secara akumulatif tetap menjadi isu krusial yang memerlukan perhatian khusus. Berdasarkan studi epidemiologi, paparan logam berat yang bersifat kronis walaupun dalam dosis rendah berpotensi menimbulkan efek kumulatif yang berdampak pada kerusakan sistem saraf, gangguan fungsi ginjal, hingga peningkatan risiko kanker (Jarup.L, 2003). Oleh karena itu, kendati mayoritas nilai *Risk Quotient* (RQ) responden saat ini masih di bawah ambang batas ($RQ < 1$), langkah preventif berupa pemantauan rutin dan edukasi mengenai pola konsumsi kerang sangat penting untuk dilakukan sebagai upaya mitigasi risiko di masa depan.

2. Tingkat Paparan Harian *Intake* (I) Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr)

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 (fE), dan durasi pajanan (Dt), kemudian dibagi dengan berat badan (Wb) dan rata-rata waktu pajanan (T_{avg}).

Dalam penelitian ini, perhitungan nilai intake juga dilakukan untuk pajanan seumur hidup (*lifetime exposure*) sebagaimana ditetapkan oleh USEPA untuk risiko karsinogenik. Oleh karena itu, dalam perhitungan intake lifetime individu digunakan nilai Di sebesar 70 tahun

Pada logam Kadmium (Cd), nilai rata-rata (*mean*) asupan sebesar $2,51 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*). Nilai median masing-masing sebesar $2,27 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*). Nilai minimum sebesar $2,84 \times 10^{-5}$ mg/kg/hari (*real time*) dan nilai maksimum sebesar $7,67 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*). Pada logam Kromium (Cr), nilai rata-rata (*mean*) asupan sebesar $6,79 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*). Nilai median masing-masing sebesar $5,70 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*). Nilai minimum sebesar $8,69 \times 10^{-4}$ mg/kg/hari (*real time*) dan sebesar $1,73 \times 10^{-3}$ mg/kg/hari (*real time*).

Kadmium merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam tubuh, terutama pada organ ginjal dan hati apabila terpapar dalam jangka waktu yang lama. Paparan kadmium pada manusia umumnya berasal dari konsumsi pangan yang terkontaminasi, termasuk biota laut seperti kerang yang memiliki sifat *filter feeder*, sehingga berpotensi mengakumulasi logam berat dari lingkungan perairan. Oleh karena itu, meskipun nilai asupan yang diperoleh relatif kecil, paparan secara terus-menerus dalam jangka panjang tetap perlu diwaspadai karena kadmium memiliki sifat bioakumulatif.

Kromium merupakan unsur logam yang secara alami terdapat di lingkungan dan dapat berasal dari aktivitas antropogenik seperti limbah industri, aktivitas pelabuhan, maupun aliran limbah domestik yang masuk ke perairan. Dalam jumlah tertentu kromium dapat bersifat esensial bagi tubuh, namun pada konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan efek toksik. Oleh karena itu, keberadaan kromium dalam biota laut perlu diperhatikan karena konsumsi biota laut yang tercemar secara terus-menerus dapat meningkatkan risiko paparan bagi masyarakat yang mengonsumsinya.

Menurut Satriawan *et al.*, (2021) tercatat pada bulan Agustus 2020 dan nilai terendah pada bulan Maret 2020. Besaran ECR pada bulan Maret, Juni, dan Juli 2020 masih berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 1×10^{-4} (Depkes, 2012), sehingga

pada periode tersebut belum menunjukkan potensi risiko terjadinya kanker. Namun demikian, hasil pengujian pada bulan Agustus 2020 menunjukkan nilai ECR melebihi 1×10^{-4} , yang mengindikasikan adanya potensi risiko karsinogenik akibat konsumsi kerang darah (*Anadara granosa*) pada periode tersebut. Oleh karena itu, pada pengambilan sampel ulang di bulan Agustus 2020 diperlukan penerapan strategi pengelolaan risiko dalam kerangka Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) secara lebih komprehensif. Langkah ini bertujuan untuk memperkirakan batas aman konsentrasi cemaran serta batas aman konsumsi, sehingga risiko terjadinya kanker dapat diminimalkan secara optimal.

Dengan demikian, meskipun nilai rata-rata asupan kedua logam masih berada dalam batas yang diperbolehkan, adanya nilai maksimum yang relatif lebih tinggi menunjukkan perlunya pengawasan berkala serta pengendalian sumber pencemaran untuk mencegah peningkatan risiko kesehatan di masa mendatang, terutama apabila konsumsi berlangsung secara terus-menerus dalam jangka panjang.

3. *Excess Cancer Risk* (ECR) Karsinogenik Logam Berat Kadmium (Cd)

Excess Cancer Risk (ECR) adalah parameter dalam analisis risiko kesehatan lingkungan yang digunakan untuk memperkirakan besarnya kemungkinan kejadian kanker pada seseorang akibat paparan zat karsinogenik selama periode waktu tertentu, umumnya

sepanjang hidup (*lifetime exposure*). ECR dihitung dengan mengalikan nilai asupan harian (intake) dengan *slope factor* (SF), yaitu faktor kemiringan yang menunjukkan potensi suatu zat dalam menimbulkan kanker.

Hasil analisis tingkat risiko karsinogenik menggunakan parameter *Excess Cancer Risk* (ECR) menunjukkan bahwa nilai risiko tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada pajanan logam berat Kromium (Cr), yaitu sebesar $8,66 \times 10^{-3}$ pada salah satu responden nelayan, sedangkan nilai ECR tertinggi pada logam Kadmium (Cd) sebesar $2,92 \times 10^{-4}$. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa risiko karsinogenik akibat pajanan Cr secara signifikan lebih tinggi dibandingkan Cd. Secara keseluruhan, dari 30 responden nelayan di Kelurahan Bira, terdapat 1 responden dengan nilai ECR Cr yang melebihi batas aman ($ECR > 10^{-4}$), sementara responden lainnya masih berada pada kategori dapat diterima. Pada pajanan Cd, sebagian besar nilai ECR masih berada dalam batas aman, meskipun terdapat nilai yang mendekati ambang batas. Mengacu pada pedoman dari *United States Environmental Protection Agency*, nilai ECR yang melebihi 1×10^{-4} mengindikasikan adanya peningkatan probabilitas terjadinya kanker akibat pajanan kronis dalam jangka panjang.

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat risiko karsinogenik yang dinyatakan dalam parameter *excess cancer risk* (ECR),

diperoleh bahwa pada pajanan logam berat Kadmium (Cd) durasi *real time*, nilai ECR tertinggi terdapat pada responden nelayan nomor 21 sebesar $2,92 \times 10^{-4}$, sedangkan nilai terendah pada responden nomor 27 sebesar $1,08 \times 10^{-5}$. Sementara itu, pada pajanan logam berat Kromium (Cr), nilai ECR tertinggi ditemukan pada responden nomor 30 sebesar $8,66 \times 10^{-3}$ dan nilai terendah pada responden nomor 27 sebesar $4,35 \times 10^{-4}$. Perhitungan ECR dilakukan dengan mengalikan nilai intake dengan *slope factor* (SF) sebesar $0,38 \text{ (mg/kg/hari)}^{-1}$ sesuai pedoman dari *United States Environmental Protection Agency*. Mengacu pada batas risiko kanker yang dapat diterima yaitu $\text{ECR} \leq 10^{-4}$, maka nilai ECR pada pajanan Cd menunjukkan bahwa sebagian responden masih berada dalam kategori dapat diterima, meskipun nilai tertinggi telah melampaui ambang batas.

Menurut Miyenfa *et al.*, (2023) menunjukkan tingkat risiko kesehatan karsinogenik dinyatakan menggunakan parameter *excess cancer risk* (ECR). Berdasarkan nilai rerata ECR pada setiap dusun di Kecamatan Pleret, diketahui bahwa paparan Cr (VI) berpotensi menimbulkan kasus kanker karena nilai ECR yang diperoleh melebihi batas aman 1×10^{-4} . Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai ECR akibat pajanan Cr (VI) melalui jalur ingesti di Kecamatan Pleret sebesar $1,94 \times 10^{-1}$, yang mengindikasikan potensi terjadinya sekitar 1,9 kasus kanker per 10.000 penduduk yang terpajan. Secara berurutan, nilai ECR tertinggi hingga terendah ditemukan di Dusun

Kerto Lor sebesar $2,84E-01$ dengan rerata nilai *Chronic Daily Intake* (CDI) sebesar $0,568 \text{ mg/kg/hari}$.

Fatmayani *et al.*, (2022) mengemukakan bahwa tingkat risiko atau RQ (Risk Quotients) adalah rasio intake dengan dosis referensi. Nilai RQ menunjukkan tingkat risiko untuk efek-efek non karsinogenik. Diketahui bahwa dari 80 responden, didapatkan tingkat risiko pada masyarakat kelurahan Bira Kota Makassar dengan nilai $RQ \leq 1$ sebanyak 7 orang (8,8%) sedangkan sebanyak 73 orang (91,3%) memiliki nilai $RQ > 1$.

4. Analisis Pemajanan

a. Laju Asupan

Laju asupan (R) adalah jumlah kerang (dalam gram) yang dikonsumsi oleh responden setiap hari. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa masyarakat memiliki *mean* sebesar 170 g/hari , dengan nilai median 150 g/hari . Sementara itu, nilai konsumsi tertinggi sebesar 300 g/hari dan nilai terendah mencapai 50 g/hari .

Variabel ini dianggap sebagai faktor paling dominan dalam menentukan besaran nilai risiko *Slope Factor* (SF). 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 Sembiring (2023) mengungkapkan bahwa laju asupan kromium harian di Kecamatan Banguntapan berada pada rentang 0-4,25 mg/kg/hari dengan rata-rata sebesar 1,06 mg/kg/hari. Nilai tersebut diketahui melampaui ambang batas baku mutu yang ditetapkan, yaitu 0,023 mg/kg/hari. Selain itu, faktor-faktor yang terbukti memiliki hubungan atau korelasi signifikan dalam Analisis Risiko Kesehatan meliputi usia, berat badan, serta lama tinggal responden.

b. Frekuensi Paparan

Frekuensi paparan (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 paparan masyarakat nelayan di Perairan Lantebung Bira adalah 126,8 hari/tahun, nilai tengah (*median*) frekuensi konsumsi kerang oleh responden adalah sebesar 132 hari/tahun. Adapun frekuensi konsumsi terendah tercatat sebanyak 60 hari/tahun, sedangkan frekuensi tertinggi mencapai 156 hari/tahun.

Perbedaan frekuensi paparan 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

Ghifari *et al.*, (2022) mengemukakan bahwa asumsi responden laki-laki dewasa memiliki berat badan rata-rata 60 kg. Lama pajanan diasumsikan berlangsung selama 30 tahun sebagai representasi durasi paparan, sedangkan periode 70 tahun digunakan sebagai dasar perhitungan efek karsinogenik sesuai pedoman Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2012). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, nilai EDI berada pada rentang 0,000026 mg/kg hingga 0,000626 mg/kg/hari.

c. Durasi Pajanan

Durasi Pajanan (D_t) merupakan lamanya waktu (tahun) kontak responden dengan Kadmium dan Kromium yang terdapat dalam kerang bakalang yang berasal dari Perairan Lantebung Bira. Diketahui bahwa rata-rata (*mean*) durasi pajanan masyarakat nelayan di Perairan Lantebung Bira adalah 44,03333 gram/hari. Adapun durasi pajanan terendah 20 gram/hari.

Menurut Kementerian Kesehatan (2012), durasi pajanan merujuk pada lamanya waktu atau jumlah tahun seseorang terpapar suatu agen risiko. Untuk perhitungan pajanan seumur hidup, digunakan nilai durasi pajanan (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 beberapa berpindah tempat maupun pendatang.

d. Berat Badan

Berat Badan (W_b) 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 58,4 kg, dengan berat badan tertinggi sebesar 71 kg dan terendah sebesar 44 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.

5. Gangguan Kesehatan

Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang banyak ditemukan di lingkungan akibat proses alami maupun aktivitas antropogenik dan keduanya berpotensi menimbulkan dampak kesehatan apabila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah melebihi ambang batas. Kromium umumnya terdapat dalam dua bentuk valensi utama, yaitu Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Cr^{3+} masih dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil untuk membantu proses metabolisme zat gizi, sedangkan Cr^{6+} bersifat toksik dan karsinogenik sehingga dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi kulit, kerusakan ginjal, serta meningkatkan risiko kanker akibat paparan kronis.

Kadmium (Cd) merupakan logam berat non-esensial yang tidak memiliki fungsi fisiologis dalam tubuh dan bersifat sangat toksik meskipun dalam konsentrasi rendah. Kadmium cenderung terakumulasi dalam jaringan tubuh, terutama ginjal dan hati, sehingga paparan jangka panjang dapat menimbulkan gangguan fungsi ginjal, kerusakan tulang, gangguan sistem reproduksi, serta potensi efek

karsinogenik. Keberadaan kedua logam ini di lingkungan sering dikaitkan dengan aktivitas industri, pertambangan, limbah pabrik, serta akumulasi dalam biota perairan yang kemudian dapat masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan (Tanhan, *et al.*, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan gangguan kesehatan di Perairan Lantebung Bira, Kota Makassar Tahun 2026. Dari 30 responden yang diteliti gangguan kesehatan yang paling banyak dialami adalah gangguan pada kulit, yaitu sebanyak 14 orang (46,7%) dan gangguan kesehatan yang paling sedikit dialami gangguan pada ginjal sebanyak 1 orang (3,3%).

Logam berat yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kadmium (Cd), yang tergolong sebagai logam berat non-esensial dan tidak memiliki fungsi biologis bagi tubuh manusia. Paparan kadmium dapat menimbulkan dampak toksik dengan merusak organ serta mengganggu proses pertumbuhan, perkembangan, dan sistem kekebalan tubuh. Dalam jangka panjang, akumulasi kadmium berpotensi menyebabkan kerusakan pada paru-paru, hati, ginjal, dan jaringan tulang (Ghifari *et al.*, 2022).

6. Pengelolaan Risiko

Pemantauan rutin terhadap kadar logam berat di perairan dan biota laut merupakan langkah krusial untuk mengidentifikasi tren perubahan tingkat pencemaran sekaligus mengevaluasi efektivitas upaya mitigasi yang telah diterapkan. Kegiatan ini perlu dilaksanakan

secara berkelanjutan oleh instansi yang berwenang, seperti dinas kesehatan, dinas kelautan dan perikanan, serta laboratorium lingkungan yang terakreditasi. Data hasil pemantauan tersebut berfungsi sebagai dasar ilmiah dalam peninjauan dan pembaruan pedoman penilaian risiko maupun perumusan strategi pengendalian lanjutan.

Menurut Gafur, (2021) menunjukkan bahwa proses depurasi menggunakan kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) efektif sebagai strategi pengelolaan risiko dalam menurunkan kadar logam berat Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) pada kerang darah (*Anadara granosa*). Pemanfaatan kulit pisang sebagai adsorben alami memungkinkan terjadinya proses pengikatan ion logam sehingga konsentrasi kontaminan dalam jaringan kerang berkurang dan potensi paparan melalui konsumsi dapat diminimalkan. Pendekatan ini merepresentasikan upaya mitigasi risiko pada tahap pascapanen yang bersifat sederhana, ekonomis, dan berkelanjutan, sekaligus mendukung peningkatan keamanan pangan serta perlindungan kesehatan masyarakat, terutama pada kelompok dengan tingkat konsumsi kerang yang tinggi.

Pendekatan kebijakan terkini juga menyoroti pentingnya integrasi antara penilaian risiko, sistem pengawasan lingkungan, dan mekanisme tanggap darurat guna meminimalkan dampak paparan bahan berbahaya, khususnya pada kelompok nelayan yang memiliki

ketergantungan tinggi terhadap sumber daya laut. OECD (2022) merekomendasikan penerapan government risk management approaches dalam pengelolaan bahan kimia, dengan pengendalian sumber pencemar sebagai strategi utama untuk menekan paparan logam berat di wilayah pesisir. Strategi ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas perairan secara berkelanjutan serta mengurangi proses bioakumulasi logam berat dalam rantai makanan laut.

Selain upaya pengendalian di tingkat lingkungan, edukasi kepada masyarakat mengenai pola konsumsi seafood yang aman juga perlu disertai penyuluhan gizi. Informasi mengenai alternatif sumber protein dengan risiko kontaminan lebih rendah serta teknik pengolahan pangan yang dapat menurunkan bioavailabilitas logam berat menjadi bagian penting dari strategi ini. Pendekatan tersebut membantu nelayan untuk tetap memenuhi kebutuhan gizi sehari-hari tanpa meningkatkan risiko paparan logam berat.

Pengelolaan risiko konsumsi seafood sebaiknya tidak hanya berfokus pada pembatasan paparan kontaminan, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan antara manfaat gizi dan potensi dampak kesehatan. Produk perikanan diketahui memberikan manfaat signifikan, terutama sebagai sumber asam lemak omega-3, namun juga berpotensi menjadi jalur masuk kontaminan kimia apabila berasal dari perairan tercemar atau dikonsumsi secara berlebihan. Oleh

karena itu, rekomendasi konsumsi perlu dirumuskan secara proporsional dengan mempertimbangkan kedua aspek tersebut secara bersamaan.

Implementasi pengelolaan risiko kesehatan lingkungan yang efektif memerlukan kolaborasi lintas sektor yang terkoordinasi antara bidang kesehatan, lingkungan, perikanan, perencanaan wilayah, dan pemangku kepentingan lokal. Pendekatan ini selaras dengan konsep *Health in All Policies* (HiAP) yang dikembangkan oleh *World Health Organization*, yang menekankan bahwa perlindungan kesehatan masyarakat harus menjadi pertimbangan utama dalam setiap kebijakan publik, termasuk kebijakan pengelolaan lingkungan dan sumber daya alam. Sejalan dengan itu, *World Bank* melalui kerangka *Pollution Management and Environmental Health* menegaskan bahwa pencemaran lingkungan merupakan determinan penting kesehatan masyarakat, khususnya di wilayah pesisir dengan populasi nelayan yang bergantung pada sumber daya laut, sehingga diperlukan pengendalian sumber pencemar, penguatan tata kelola lingkungan, dan integrasi kebijakan kesehatan lingkungan untuk menurunkan beban penyakit akibat paparan kronis polutan, termasuk logam berat dalam pangan laut.