

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Selat Makassar merupakan selat yang terletak di Indonesia, memisahkan Pulau Kalimantan di barat dan Pulau Sulawesi di timur. Selat ini membentang ± 800 km dari utara ke selatan dengan lebar rata-rata sekitar 200 km dan kedalaman mencapai lebih dari 2.000 meter di beberapa bagian. Secara geografis, Selat Makassar berada pada kisaran 5° LU– 3° LS dan 118° – 123° BT, menempati posisi strategis antara dua pulau besar Indonesia. Selat ini menjadi jalur perairan penting yang menghubungkan Samudra Pasifik di utara dengan Laut Java di selatan, di mana arus lautnya dipengaruhi oleh pasang surut, angin muson, dan sirkulasi regional, sehingga menghasilkan pola pergerakan air dan distribusi sedimen yang dinamis.

Dasar Selat Makassar terdiri dari kombinasi sedimen lumpur, pasir, dan batuan vulkanik, sedangkan wilayah pesisirnya didominasi ekosistem mangrove, padang lamun, dan terumbu karang, yang berperan sebagai habitat penting bagi berbagai jenis ikan, kerang, dan biota laut lainnya. Kondisi geografis dan ekosistem ini menjadikan Selat Makassar sebagai wilayah dengan produktivitas laut tinggi, namun juga rentan terhadap tekanan antropogenik seperti polusi, aktivitas perikanan, dan transportasi laut. Oleh karena itu, pemahaman mengenai

keadaan geografis dan karakteristik ekosistemnya menjadi penting untuk pengelolaan lingkungan perairan yang berkelanjutan dan penelitian kualitas air maupun biota laut.

Tabel 5. 1
Titik Pengambilan Sampel Di Perairan Selat Makassar
Tahun 2026

Sampel	Titik Koordinat		Deskripsi Lokasi
	LS	BT	
Titik 1	-5.074754	119.4660	Dekat hutan mangrove
Titik 2	-5.083416	119.4557	Dekat area tambak
Titik 3	-5.079357	119.4564	Dekat kawasan industri
Titik 4	-5.077023	119.4649	Jalur lalu lintas kapal
Titik 5	-5.354337	119.2759	Dekat dengan area industri tambak dan kapal
Titik 6	-5.068714	119.4668	Dekat degan pemukiman padat penduduk

Tabel 5.1 menunjukkan enam titik pengambilan sampel di perairan Selat Makassar beserta koordinat dan deskripsi lokasi, mulai dari hutan mangrove, area tambak, kawasan industri, jalur kapal, hingga pemukiman padat penduduk. Data ini digunakan sebagai dasar penentuan lokasi pengambilan sampel kerang, Air dan Sedimen untuk analisis kandungan logam berat.

B. Hasil Penelitian

1. Hasil pengukuran Kadmium Pada kerang

Tabel 5.2
Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Bakalang
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Titik	Satuan	Parameter	Ket.
		Kadmium	
Titik 1	mg/kg	0,2973	TMS
Titik 2	mg/kg	0,4111	TMS
Titik 3	mg/kg	0,3538	TMS
Titik 4	mg/kg	0,3300	TMS
Titik 5	mg/kg	0,4993	TMS
Titik 6	mg/kg	0,3264	TMS

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Baku Mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 5.2, kandungan Kadmium (Cd) pada kerang bakalang di Perairan Selat Makassar berkisar antara 0,2973–0,4993 mg/kg, dengan nilai tertinggi pada Titik 5 dan terendah pada Titik 1. Jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yang ditetapkan sebesar 0,001 mg/kg, maka seluruh nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan atau Tidak Memenuhi Syarat (TMS).

2. Hasil pengukuran kromium pada kerang

Tabel 5.3
Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kerang Bakalang
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Sampel	Satuan	Parameter	Ket .
		Kromium	
Titik 1	mg/kg	<0,01	MS
Titik 2	mg/kg	<0,01	MS
Titik 3	mg/kg	<0,01	MS
Titik 4	mg/kg	<0,01	MS
Titik 5	mg/kg	<0,01	MS
Titik 6	mg/kg	<0,01	MS

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan WHO/FAO sebesar 0,1 mg/kg

Berdasarkan Tabel 5.3, kandungan logam berat kromium (Cr) pada kerang bakalang di Perairan Selat Makassar tahun 2026 tercatat <0,01 mg/kg pada seluruh titik sampling (Titik 1–6). Jika dibandingkan dengan batas aman WHO/FAO sebesar 0,1 mg/kg, kadar kromium ini jauh berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan, sehingga seluruh sampel kerang memenuhi syarat (MS) dan aman untuk dikonsumsi.

3. Hasil pengukuran Kadmium pada air

Tabel 5.4
Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Air
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Sampel	Satuan	Parameter	Ket .
		kadmium	
Titik 1	mg/L	<0,003	MS
Titik 2	mg/L	<0,003	MS
Titik 3	mg/L	<0,003	MS
Titik 4	mg/L	<0,003	MS
Titik 5	mg/L	<0,003	MS
Titik 6	mg/L	<0,003	MS

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan:

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 5.4, konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) pada air di perairan Selat Makassar pada seluruh titik sampling adalah <0,003 mg/L. Nilai tersebut masih di bawah Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 sebesar 0,01 mg/L, sehingga seluruh sampel dinyatakan memenuhi syarat (MS).

4. Hasil pengukuran Kromium Pada Air

Tabel 5.5
Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Sampel	Satuan	Parameter	Ket .
		Kromium	
Titik 1	mg/L	<0,01	BDD
Titik 2	mg/L	<0,01	BDD
Titik 3	mg/L	<0,01	BDD
Titik 4	mg/L	<0,01	BDD
Titik 5	mg/L	<0,01	BDD
Titik 6	mg/L	<0,01	BDD

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

BDD : Belum Dapat Dievaluasi

Baku Mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 5.5, seluruh titik sampling menunjukkan konsentrasi Kromium (Cr) <0,01 mg/L. Namun, karena batas deteksi metode (0,01 mg/L) lebih tinggi dari baku mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI sebesar 0,005 mg/L, maka kesesuaian terhadap standar tidak dapat dipastikan. Oleh sebab itu, seluruh sampel dikategorikan sebagai BDD.

5. Hasil Pengukuran Kadmium Pada Sedimen

Tabel 5.6
Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Sampel	Satuan	Parameter	Ket.
		Kadmium	
Titik 1	mg/kg	<0,003	MS
Titik 2	mg/kg	<0,003	MS
Titik 3	mg/kg	<0,003	MS
Titik 4	mg/kg	<0,003	MS
Titik 5	mg/kg	<0,003	MS
Titik 6	mg/kg	<0,003	MS

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Standar yang digunakan merujuk pada ANZECC/AMRCANZ (2000)

Berdasarkan Tabel 5.6, konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Selat Makassar pada seluruh titik sampling adalah <0,003 mg/L, yang menunjukkan kandungan sangat rendah. Jika dibandingkan dengan standar kualitas sedimen menurut pedoman ANZECC/ARMCANZ (2000) yaitu sebesar 1,5 mg/kg, maka seluruh nilai masih berada di bawah ambang batas, sehingga seluruh sampel dinyatakan memenuhi syarat (MS).

6. Hasil Pengukuran Kromium Pada Sedimen

Tabel 5.7
Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Sedimen
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Sampel	Satuan	Parameter	Ket.
		Kromium	
Titik 1	mg/kg	3,9174	TMS
Titik 2	mg/kg	3,1054	TMS
Titik 3	mg/kg	6,0875	TMS
Titik 4	mg/kg	0,9504	TMS
Titik 5	mg/kg	3,1537	TMS
Titik 6	mg/kg	1,6924	TMS

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

MS : Memenuhi syarat

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Standar yang digunakan merujuk pada ANZECC/AMRCANZ (2013)(Water & Management, 2000)

Berdasarkan Tabel 5.7, kandungan Kromium (Cr) pada sedimen di Perairan Selat Makassar berkisar antara 0,9504–6,0875 mg/kg dan seluruh titik termasuk kategori TMS (Tidak Memenuhi Syarat). Hal ini karena nilai tersebut telah melebihi standar ANZECC/ARMCANZ (2013) yaitu 0,001 mg/kg, sehingga menunjukkan bahwa sedimen di lokasi penelitian telah mengalami kontaminasi logam berat Kromium.

7. Hasil Perhitungan Faktor Bioakumulasi

Tabel 5.8
Hasil Perhitungan Faktor Bioakumulasi Kerang Pada Air
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Titik	Nilai BAF		Kategori
	Kadmium (Cd)	Kromium (Cr)	
1	99,1	1,0	Tinggi
2	137,03	1,0	Tinggi
3	177,93	1,0	Tinggi
4	110,0	1,0	Tinggi
5	166,43	1,0	Tinggi
6	108,8	1,0	Tinggi

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

BAF Rendah <1

BAF Sedang $= 1$

BAF Tinggi >1

Berdasarkan Tabel 5.8, nilai faktor bioakumulasi (BAF) Kadmium (Cd) pada kerang berkisar antara 99,1–177,93 dan termasuk dalam kategori tinggi (BAF >1), yang menunjukkan bahwa kerang memiliki kemampuan tinggi dalam mengakumulasi logam Cd dari air. Sedangkan nilai BAF Kromium (Cr) pada seluruh titik sebesar 1,0, yang termasuk kategori sedang, menunjukkan bahwa kemampuan akumulasi Cr oleh kerang relatif seimbang dengan konsentrasi di air. Tingginya nilai BAF Cd menunjukkan bahwa kerang Bakalang berpotensi menjadi bioindikator pencemaran logam berat Kadmium di Perairan Selat Makassar.

Tabel 5.9
Hasil Perhitungan Faktor Bioakumulasi Kerang Pada Sedimen
Di Perairan Selat Makassar Tahun 2026

Titik	Nilai BAF		Kategori
	Kadmium (Cd)	Kromium (Cr)	
1	5,874	0,0025	Tinggi
2	8,222	0,0032	Tinggi
3	7,076	0,0016	Tinggi
4	6,600	0,0105	Tinggi
5	9,986	0,0031	Tinggi
6	7,280	0,0059	Tinggi

(Sumber: Data Primer 2026)

Keterangan

BAF Rendah <1

BAF Sedang = 1

BAF Tinggi >1

Berdasarkan Tabel 5.9, nilai faktor bioakumulasi (BAF) Kadmium (Cd) pada kerang terhadap sedimen berkisar 5,874–9,986 dan termasuk kategori tinggi (BAF >1), menunjukkan kemampuan akumulasi Cd yang tinggi. Sedangkan nilai BAF Kromium (Cr) berkisar 0,0016–0,0105 dan termasuk kategori rendah (BAF <1), yang menunjukkan akumulasi Cr dalam tubuh kerang relatif kecil meskipun terdapat dalam sedimen. Hal ini menunjukkan bahwa kerang lebih mudah mengakumulasi Cd dibandingkan Cr dari sedimen.

C. Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Selat Makassar dengan tujuan untuk menganalisis konsentrasi dan faktor bioakumulasi logam berat pada kerang, air, dan sedimen. Pengambilan sampel dilakukan pada enam titik sampling yang telah ditentukan, dimana pada setiap titik diambil masing-masing satu sampel kerang, air, dan sedimen. Parameter logam berat yang dianalisis meliputi Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr). Dengan demikian, sampel yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup komponen biotik dan komponen abiotik sebagai media yang berperan dalam proses akumulasi logam berat di lingkungan perairan.

Untuk mengevaluasi kadar logam berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di perairan Selat Makassar, penelitian ini mengambil sampel dari enam titik yang mewakili berbagai kondisi lingkungan: Titik 1 dekat hutan mangrove, Titik 2 area tambak, Titik 3 kawasan industri, Titik 4 jalur lalu lintas kapal, Titik 5 area industri-tambak-kapal, dan Titik 6 pemukiman padat penduduk. Pada setiap lokasi, diambil sampel kerang, air, dan sedimen, yang dianalisis untuk menentukan konsentrasi logam berat. Hasil pengukuran ini digunakan untuk menilai bioakumulasi dan distribusi logam berat, sehingga memberikan gambaran jelas tentang keamanan lingkungan dan potensi risiko bagi ekosistem serta kesehatan manusia.

Kadar logam berat di perairan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia seperti industri, tambak, dan lalu lintas kapal, serta kondisi alami seperti keberadaan hutan mangrove dan karakteristik sedimen. Faktor-faktor ini menentukan apakah konsentrasi Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) menjadi tinggi atau rendah di setiap lokasi. Beberapa logam, seperti Cr, kadang berada pada kadar yang sangat rendah hingga mendekati atau di bawah batas deteksi alat, sehingga tidak terukur secara langsung. Pemahaman terhadap pengaruh ini penting untuk menilai risiko ekologis dan mengatur pemantauan lingkungan secara efektif.

1. Logam Berat Kadmium

a. Kerang

Kerang merupakan organisme *filter feeder* yang menyaring partikel dari air untuk memperoleh makanan, sehingga lebih mudah mengabsorpsi logam berat yang terdapat di lingkungannya dan memungkinkan logam tersebut terakumulasi dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama. Organisme dengan mekanisme *filter feeder* memiliki kemampuan lebih besar dalam mengakumulasi logam berat karena proses penyaringan berlangsung secara terus-menerus dan mobilitasnya relatif rendah, sehingga paparan logam berat dari lingkungan cenderung terjadi secara konstan dan terakumulasi di dalam jaringan tubuhnya (Ernaningsih *et al.*, 2023).

Kadmium (Cd) bersifat beracun bagi organisme meskipun terdapat dalam konsentrasi yang sangat rendah. Tingkat toksisitasnya dipengaruhi oleh durasi dan konsentrasi paparan; paparan jangka panjang dengan konsentrasi tinggi meningkatkan risiko efek toksik yang lebih serius. Paparan sekali saja pada dosis tinggi dapat menimbulkan gangguan pada saluran pencernaan, sementara paparan berulang pada dosis rendah berpotensi merusak fungsi ginjal. Karena kemampuannya menumpuk baik di sedimen maupun dalam tubuh organisme, Cd dapat mengganggu sistem biologis. Logam berat ini tergolong berbahaya karena tidak dapat diuraikan oleh organisme hidup (Pulungan & Wahyuni, 2021).

Berdasarkan Tabel 5.2, kandungan Kadmium (Cd) pada kerang bakalang di Perairan Selat Makassar berkisar 0,2973–0,4993 mg/kg dan seluruh titik termasuk kategori Tidak Memenuhi Syarat (TMS). Titik 1 (0,2973 mg/kg) yang berada dekat hutan mangrove menunjukkan nilai terendah, diduga karena fungsi mangrove sebagai penyaring alami. Titik 2 (0,4111 mg/kg) di area tambak dan Titik 3 (0,3538 mg/kg) dekat kawasan industri menunjukkan pengaruh aktivitas budidaya dan industri terhadap keberadaan Cd. Titik 4 (0,3300 mg/kg) pada jalur lalu lintas kapal mengindikasikan kontribusi aktivitas transportasi laut. Titik 5 (0,4993 mg/kg) merupakan nilai tertinggi karena berada

dekat industri, tambak, dan jalur kapal, sehingga potensi sumber pencemar lebih besar. Sementara itu, Titik 6 (0,3264 mg/kg) dekat pemukiman padat penduduk menunjukkan kemungkinan pengaruh limbah domestik terhadap akumulasi Cd pada kerang.

Selain itu, tingginya kandungan Cd pada kerang bakalang juga berkaitan dengan sifat biologis kerang sebagai organisme *filter feeder* yang memperoleh makanan dengan cara menyaring partikel dan plankton dari air. Proses penyaringan ini memungkinkan logam berat yang terlarut maupun yang terikat pada partikel tersuspensi ikut masuk dan terakumulasi di dalam jaringan tubuh kerang.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Island & Regency. 2023 melaporkan bahwa kandungan Kadmium (Cd) dalam daging kerang darah (*Anadara granosa*) di dua stasiun sampling masing-masing sebesar 0,0781 mg/kg dan 1,1123 mg/kg. Hasil ini menunjukkan variasi kadar Cd pada kerang di lokasi yang berbeda, yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan lokal seperti kualitas sedimen, aktivitas antropogenik, dan tingkat pencemaran perairan.

Namun, hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Salman. 2020 yaitu hasil survei menunjukkan bahwa kadar Cd pada kerang hijau (*Perna viridis*) berada di bawah batas deteksi alat ($<0,00011$ mg/L), masih di bawah baku

mutu logam berat yang ditetapkan untuk biota laut. Temuan tersebut memberikan bukti bahwa di beberapa perairan, konsentrasi Cd pada kerang dapat sangat rendah, terutama di lokasi yang belum mengalami pencemaran berat. Perbedaan nilai ini kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lokal, seperti tingkat pencemaran, dinamika arus, dan karakteristik sedimen, yang secara langsung memengaruhi akumulasi logam berat pada *biota filtrator*.

Akumulasi Kadmium (Cd) yang tinggi pada kerang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat yang mengonsumsi kerang dari perairan tercemar. Cd bersifat toksik dan persisten, sehingga apabila dikonsumsi dalam jangka panjang dapat menumpuk dalam tubuh manusia, terutama di ginjal dan hati, serta berpotensi menimbulkan gangguan fungsi organ, kerusakan sistem pencernaan, dan masalah kesehatan kronis seperti hipertensi atau osteoporosis (Nurrizal *et al.*, 2025). Konsumsi kerang yang terkontaminasi Cd secara rutin, meskipun kadarnya terlihat rendah per porsi, dapat menimbulkan akumulasi dosis berbahaya secara bertahap, sehingga masyarakat yang tinggal atau bergantung pada hasil laut dari perairan dengan pencemaran logam berat memiliki risiko kesehatan yang lebih tinggi.

b. Air

Logam berat merupakan jenis pencemar air yang bersifat persisten dan sulit terdegradasi di lingkungan atau ekosistem. Selain berada di fase perairan, logam berat juga cenderung mengendap dan terakumulasi dalam sedimen. Pencemar ini bersifat toksik bagi organisme akuatik dan berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Al *et al.*, 2024).

Keberadaan logam berat di perairan berdampak langsung pada biota karena organisme mampu mengakumulasi logam yang ada di air. Logam berat juga cenderung menumpuk di air dan sedimen, sehingga dapat masuk ke dalam jaringan biota. Pada konsentrasi tertentu, akumulasi ini dapat terjadi secara simultan di air, biota, dan sedimen, yang berpotensi menimbulkan efek toksik dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Winerungan *et al.*, 2025). Untuk mengetahui kondisi aktual pada media air, dilakukan analisis konsentrasi Kadmium (Cd) pada setiap titik sampling.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada air di seluruh titik sampling di perairan Selat Makassar berada pada nilai $<0,003$ mg/L. Nilai ini berada di bawah baku mutu kualitas air laut yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yaitu sebesar 0,01

mg/L, sehingga secara umum kondisi perairan pada lokasi penelitian masih tergolong memenuhi syarat dari aspek kandungan Cd di media air. Rendahnya konsentrasi kadmium pada air dapat disebabkan oleh sifat logam berat yang cenderung tidak stabil berada dalam kolom air. Kadmium biasanya lebih mudah berikatan dengan partikel tersuspensi dan bahan organik yang terdapat di perairan, kemudian mengalami proses pengendapan dan terakumulasi pada sedimen. Proses ini menyebabkan konsentrasi Cd yang terdeteksi pada air relatif lebih rendah dibandingkan pada biota perairan. Selain itu, faktor hidrodinamika seperti arus laut, pasang surut, dan proses pengenceran oleh massa air juga dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam air.

Nilai $<0,003$ mg/L menunjukkan bahwa kandungan kadmium berada di bawah batas *Limit of Detection (LOD)* yang digunakan dalam analisis laboratorium, sehingga kadarnya sangat rendah dan tidak dapat terukur secara pasti, meskipun kemungkinan masih ada dalam jumlah kecil. *Limit of Detection (LOD)* adalah batas terendah konsentrasi analit pada sampel yang masih dapat terdeteksi oleh suatu instrumen analitik, meskipun hasilnya belum dapat dinyatakan dengan akurasi atau presisi tinggi (Akhil et al., 2019).. Meskipun demikian, keberadaan logam berat di perairan tetap perlu diperhatikan

karena bersifat persisten dan sulit terdegradasi di lingkungan, sehingga berpotensi terakumulasi pada sedimen dan organisme perairan. Dalam jangka panjang, akumulasi logam berat pada biota seperti kerang dapat masuk ke rantai makanan dan berpotensi menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia yang mengonsumsinya.

Temuan ini sejalan dengan Chasimira *et al.* 2025 yang melaporkan konsentrasi Kadmium (Cd) di air laut pada Periode 1 (18 September 2024) sebesar $<0,0008$ mg/L pada seluruh titik pengukuran, dan pada Periode 2 (22 Oktober 2024) sebesar $<0,001$ mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar Cd di perairan laut berada sangat rendah, bahkan di bawah batas deteksi alat, menandakan tingkat kontaminasi logam berat yang minimal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa dinamika perairan dan pencampuran alami efektif menjaga kualitas air, sehingga risiko toksik bagi biota dan manusia melalui rantai makanan relatif rendah (Chasimira *et al.*, 2025).

Temuan lain yang mendukung diperoleh dari penelitian yang dilakukan Fikri *et al.*, 2026 di perairan Cilegon juga menunjukkan bahwa konsentrasi Kadmium (Cd) dalam air laut berada pada kisaran $<0,00003$ mg/L di seluruh stasiun pengamatan, yang menunjukkan bahwa Cd umumnya ditemukan dalam konsentrasi sangat rendah di perairan laut. Hal ini

menegaskan bahwa logam Cd di lingkungan perairan cenderung berada dalam jumlah kecil, namun tetap berpotensi mengalami akumulasi dalam sedimen dan organisme perairan apabila terjadi masukan pencemar secara terus-menerus.

Namun berbeda dengan yang dilakukan oleh Anggraini & Puryanti, 2019 dalam penelitian nya Cd dalam air laut mencapai 0,005 mg/L, yang dilaporkan telah melebihi baku mutu lingkungan yang berlaku untuk air laut di beberapa standar lokal. Kandungan logam berat Cd yang melebihi baku mutu air laut ini disebabkan kegiatan yang terdapat di sekitar pelabuhan seperti kegiatan rumah tangga dan industri. Hal ini menunjukkan bahwa Cd tidak selalu berada pada konsentrasi sangat rendah, terutama di wilayah dengan aktivitas pelabuhan dan urban.

Dengan demikian, meskipun konsentrasi Kadmium (Cd) di perairan Pelat Makassar tercatat sangat rendah dan memenuhi baku mutu, kondisi ini tidak sepenuhnya menghilangkan risiko akumulasi logam berat pada ekosistem. Air yang relatif bersih mencerminkan kemampuan alami perairan dalam mendispersikan dan mencampur kontaminan, namun logam berat tetap dapat mengendap di sedimen atau terserap oleh organisme tertentu jika terjadi masukan pencemar secara terus-menerus.

c. Sedimen

Sedimen terbentuk melalui proses alami yang kompleks, dimulai dari pengikisan dan pelapukan material di lingkungan asalnya. Partikel-partikel ini kemudian tersebar dan mengendap di lokasi baru, mengalami pemadatan bertahap hingga membentuk batuan sedimen. Proses ini tidak hanya mencerminkan dinamika alam, tetapi juga berperan penting dalam siklus ekosistem dan akumulasi zat kimia, termasuk logam berat, yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan dan kesehatan biota (Alfadillah & Dewi, 2024).

Logam berat adalah unsur dengan massa jenis $>5 \text{ g/cm}^3$ yang bisa bersifat toksik bila terakumulasi. Pencemaran logam berat dapat merusak ekosistem dan kesehatan biota. Melalui sedimentasi, logam berat mengendap di dasar perairan, menjadikan sedimen sebagai sumber kontaminasi jangka Panjang (Salsabila & Dewi, 2024). Secara umum, kandungan logam berat pada sedimen dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, ukuran partikel, dan komposisi mineralnya. Sedimen yang memiliki tekstur lempung atau liat cenderung memiliki konsentrasi logam berat yang lebih tinggi (Salman, 2020).

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi kadmium (Cd) pada seluruh titik sampling sedimen di perairan Selat Makassar berada pada nilai $<0,003 \text{ mg/kg}$. Nilai ini masih berada

di bawah standar kualitas sedimen menurut ANZECC/ARMCANZ 2000, sehingga secara umum sedimen di lokasi penelitian tergolong aman dari pencemaran kadmium. Rendahnya konsentrasi Cd pada sedimen dapat dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamika perairan Selat Makassar yang memiliki arus laut cukup kuat. Arus yang dinamis menyebabkan partikel sedimen dan bahan tersuspensi terus mengalami pencampuran dan transportasi, sehingga menghambat proses pengendapan dan akumulasi logam berat pada dasar perairan. Selain itu, secara kimia kadmium dapat berikatan dengan partikel tersuspensi dan bahan organik, sehingga distribusinya di lingkungan perairan bersifat dinamis antara kolom air dan sedimen.

Meskipun konsentrasi Cd pada sedimen terdeteksi rendah, keberadaan logam berat ini tetap perlu diperhatikan karena sifatnya yang persisten dan berpotensi tersedia secara biologis (*bioavailable*). Logam berat yang terdapat di sedimen dapat diserap oleh organisme benthik seperti kerang melalui kontak langsung dengan sedimen atau melalui proses makan. Akumulasi logam berat pada biota perairan berpotensi masuk ke dalam rantai makanan dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Dari perspektif kesehatan masyarakat, paparan kadmium dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti kerusakan ginjal, gangguan metabolisme tulang, dan efek toksik

kronis lainnya. Oleh karena itu, meskipun kadar Cd pada sedimen masih berada di bawah baku mutu, pemantauan kualitas perairan secara berkala tetap diperlukan untuk mencegah potensi peningkatan pencemaran logam berat di masa mendatang.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Salsabila & Dewi. 2024, yang melaporkan konsentrasi Kadmium (Cd) pada sedimen di Muara Sungai Musang $<0,002$ mg/kg, masih jauh di bawah baku mutu ANZECC/AMRCANZ (2000). Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun dekat sumber pencemar seperti jalur kapal, tambak, dan industri, proses pengenceran perairan, deposisi sedimen, dan kemampuan mangrove menyerap logam berat efektif menjaga konsentrasi Cd tetap rendah, sehingga sedimen di lokasi penelitian dapat dikategorikan relatif aman.

Selain itu Kusmana *et al.* 2025 studi di perairan Selat Cunda (Lhokseumawe) melaporkan bahwa konsentrasi kadmium (Cd) di sedimen laut berada pada rentang 0,00–0,03 mg/kg, dengan sebagian besar sampel bahkan di bawah batas deteksi alat. Temuan ini menegaskan bahwa di beberapa kondisi lingkungan perairan Indonesia, logam berat Cd cenderung tidak terakumulasi secara signifikan dalam sedimen, sehingga risiko pencemaran dan bioakumulasi pada biota akuatik relatif rendah.

Dengan demikian, meskipun konsentrasi Kadmium (Cd) pada sedimen tercatat sangat rendah dan berada di bawah

standar ANZECC/AMRCANZ (2000), kondisi ini menunjukkan bahwa sedimen di Perairan Selat Makassar berperan efektif sebagai penyangga logam berat, membatasi penyebaran Cd ke kolom air. Sedimen yang relatif bersih mencerminkan pengaruh arus laut, deposisi alami, dan proses lingkungan lain yang menjaga kestabilan kualitas perairan. Namun, logam berat tetap memiliki potensi bioavailabilitas, sehingga pemantauan rutin terhadap sedimen tetap penting untuk memastikan ekosistem tetap aman dan mencegah peningkatan kontaminasi logam berat di masa mendatang.

2. Logam Berat Kromium

a. Kerang

Logam berat merupakan salah satu kontaminan yang paling umum dan tersebar luas pada biota perairan di seluruh dunia. Tingginya tingkat bahaya yang ditimbulkan menyebabkan banyak penelitian dilakukan untuk mengkaji keberadaan dan dampaknya terhadap organisme perairan. Berbagai penelitian tersebut melibatkan beragam jenis biota seperti ikan, invertebrata, moluska, dan krustasea. Logam berat dapat terakumulasi di dalam air dan organisme serta sedimen karena stabilitas dan sifat non-biodegradasinya di lingkungan perairan (Suryono & Indardjo, 2023).

Berdasarkan hasil analisis Tabel 5.3, kandungan Kromium (Cr) pada kerang bakalang di Perairan Selat Makassar tercatat $<0,01$ mg/L di seluruh titik sampling (Titik 1–6), jauh di bawah batas aman WHO/FAO sebesar 0,1 mg/kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa kerang bakalang tetap aman untuk dikonsumsi dan tidak menunjukkan akumulasi logam berat yang signifikan, meskipun beberapa sedimen di lokasi penelitian tercemar Cr. Rendahnya kadar Cr pada kerang kemungkinan dipengaruhi oleh rendahnya bioavailabilitas Cr di kolom air, proses pengenceran akibat dinamika arus Selat Makassar, serta sifat Cr yang lebih banyak terikat kuat pada partikel sedimen sehingga sulit terserap ke dalam jaringan biota. Dengan demikian, meskipun berada dekat dengan berbagai sumber pencemar, mekanisme fisik dan kimia perairan membatasi proses akumulasi Cr pada kerang.

kromium di perairan umumnya terdapat dalam dua bentuk utama, yaitu Cr(III) dan Cr(VI), yang memiliki sifat berbeda terhadap biota. Cr(III) bersifat lebih stabil, kurang larut, dan cenderung berikatan kuat dengan partikel sedimen atau bahan organik sehingga ketersediaannya bagi organisme perairan relatif rendah. Sebaliknya, Cr(VI) lebih mudah larut dan bersifat lebih toksik karena dapat lebih mudah masuk ke dalam jaringan organisme. Pada biota bentik seperti kerang, proses penyerapan

logam berat terjadi melalui penyaringan air dan kontak dengan sedimen, namun karena kromium umumnya terikat kuat pada sedimen dalam bentuk yang kurang tersedia secara biologis, maka tingkat akumulasi dalam jaringan kerang cenderung rendah meskipun logam tersebut terdapat di lingkungan perairan

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gafur & Abbas. 2022 pada kerang *Anadara granosa* di Sungai Tallo yang menunjukkan bahwa kandungan Kromium (Cr) pada beberapa stasiun pengamatan tergolong rendah, yaitu berada di bawah batas deteksi alat AAS ($<0,01$ mg/kg) dan masih jauh di bawah baku mutu. Rendahnya konsentrasi Kromium tersebut diduga disebabkan oleh rendahnya kandungan Kromium pada media lingkungan seperti air dan sedimen, sehingga proses bioakumulasi pada jaringan kerang juga rendah. Hasil ini mendukung temuan penelitian ini bahwa rendahnya kadar Kromium pada kerang berkaitan dengan rendahnya tingkat pencemaran Kromium di perairan.

Kondisi serupa juga dilaporkan oleh Indrawan *et al.* 2023 melaporkan bahwa konsentrasi berbagai logam berat termasuk kromium (Cr) di dalam jaringan biota laut di Teluk Benoa menunjukkan variabilitas antar spesies. Pada beberapa jenis kerang dan siput laut yang dianalisis, kadar Cr terdeteksi tetapi dengan tingkat yang berbeda-beda antar organisme yang diteliti.

Beberapa spesies mencatat kandungan Cr dalam jaringan mereka, sementara pada spesies lain kadar logam berat seperti Cr tidak terdeteksi atau sangat rendah dibanding jenis logam berat lain yang diukur. Temuan ini menunjukkan bahwa keberadaan Cr dalam biota laut di Teluk Benoa bervariasi bergantung pada spesies dan kondisi lingkungan lokal, serta memberikan gambaran bahwa Cr dalam kerang tidak selalu konsisten di semua lokasi atau jenis organisme.

Berbeda dengan hasil penelitian ini, penelitian Handayani et al. 2020, di mana kadar kromium (Cr) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dilaporkan 0,089 mg/kg, dan pada kerang kepah (*Polymesoda erosa*) 0,105 mg/kg. Nilai ini menunjukkan bahwa kadar Cr pada kerang relatif rendah, dengan variasi antar spesies dan lokasi akibat kondisi lingkungan dan pencemaran lokal.

Selain itu, penelitian lain juga melaporkan bahwa Rudiyantri et al., 2023 Kadar Chromium (Cr) pada kerang (*musse*) di tiga stasiun sampling bervariasi antara 0,15–0,41 mg/kg, dengan Stasiun 1 terendah yaitu 0,15–0,16 mg/kg dan Stasiun 2–3 lebih tinggi 0,15–0,41 mg/kg dan 0,18–0,35 mg/kg, mencerminkan pengaruh kondisi lingkungan lokal terhadap bioakumulasi, menunjukkan kemampuan kerang sebagai organisme filtrator menyerap Cr dari lingkungan, khususnya dari

sedimen yang bertindak sebagai reservoir logam berat. Perbedaan kadar antar stasiun menegaskan bahwa aktivitas antropogenik, kedekatan dengan jalur transportasi laut, dan tingkat kontaminasi sedimen secara langsung memengaruhi akumulasi Cr dalam kerang.

Perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan konsentrasi Kromium pada air dan sedimen sebagai faktor utama yang mempengaruhi proses bioakumulasi, serta dipengaruhi oleh kedekatan lokasi dengan sumber pencemar, kandungan bahan organik, dan kondisi lingkungan perairan. Selain itu, kemampuan kerang *Anadara granosa* sebagai organisme *filter feeder* yang menyaring partikel dari air juga sangat menentukan jumlah logam yang terakumulasi, sehingga semakin rendah konsentrasi Kromium di lingkungan, maka semakin rendah pula kandungan Kromium dalam tubuh kerang. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya kadar Kromium pada kerang mencerminkan rendahnya tingkat pencemaran Kromium di perairan dan menunjukkan kondisi lingkungan yang masih relatif baik.

b. Air

Konsentrasi logam dalam air dapat mengalami perubahan tergantung pada kondisi lingkungan dan faktor iklim. Pada musim hujan, kadar logam cenderung lebih rendah akibat adanya pengenceran oleh air hujan, sedangkan pada musim kemarau

konsentrasi logam biasanya meningkat karena berkurangnya volume air yang menyebabkan logam menjadi lebih terkonsentrasi (Permana *et al.*, 2022).

Logam berat secara alami terdapat di lingkungan dalam konsentrasi sangat rendah, namun dapat meningkat hingga membahayakan organisme akibat masuknya limbah dari aktivitas industri, pertambangan, pemukiman, pertanian, dan transportasi. Sifat logam berat yang bioakumulatif juga menyebabkan konsentrasinya terus meningkat. Selain itu, distribusi logam berat di perairan dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika seperti arus, pasang surut, dan pencampuran massa air (Najamuddin *et al.*, 2024).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi Kromium (Cr) pada seluruh titik sampling berada pada nilai $<0,01$ mg/L. Temuan ini secara umum menunjukkan bahwa kandungan Cr di kolom air Perairan Selat Makassar berada pada tingkat yang sangat rendah dan tidak terdeteksi secara kuantitatif oleh metode analisis yang digunakan. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pada saat penelitian dilakukan, tidak terdapat indikasi akumulasi Cr dalam air pada level yang dapat terukur, sehingga secara ekologis perairan masih berada dalam kondisi relatif terkendali dari tekanan pencemaran Kromium.

Meskipun area penelitian memiliki banyak sumber logam berat, seperti lalu lintas kapal, aktivitas industri, pertambangan, dan pemukiman penduduk, konsentrasi Kromium (Cr) di air tetap rendah ($<0,01$ mg/L). Secara kimia, Cr dapat berada dalam bentuk Cr(VI) yang mudah larut dan toksik, maupun Cr(III) yang lebih stabil dan kurang larut. Di perairan, Cr(VI) cenderung direduksi menjadi Cr(III) melalui reaksi alami dengan senyawa organik atau ion besi terlarut, sehingga Cr membentuk kompleks yang mudah mengendap atau menempel pada sedimen. Proses ini, ditambah dengan adsorpsi Cr pada partikel padat, menyebabkan kadar Cr terlarut di air tetap rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat banyak sumber pencemar, reaksi kimia alami dan mekanisme pengendapan menjaga kualitas air untuk parameter Cr tetap aman dan berada di bawah ambang batas baku mutu.

Dengan demikian, hasil ini tidak dapat secara ilmiah dinyatakan memenuhi maupun melampaui baku mutu, melainkan berada pada kategori belum dapat dievaluasi (BDD). Keterbatasan ini bersifat metodologis, bukan menunjukkan adanya pencemaran, tetapi menegaskan bahwa diperlukan metode analisis dengan sensitivitas lebih tinggi agar penilaian kesesuaian terhadap baku mutu dapat dilakukan secara akurat dan defensibel secara ilmiah.

Sejalan dengan hal tersebut, Penelitian yang di lakukan oleh Jais *et al.* 2020 menyatakan di Sungai Tallo, Kota Makassar menunjukkan bahwa kadar kromium (Cr) dalam air pada semua titik sampling berada di bawah batas deteksi alat ($< 0,012$ mg/L), menunjukkan bahwa level Cr di perairan tersebut sangat rendah meskipun beberapa aktivitas antropogenik di kawasan hulu dapat mempengaruhi bioakumulasi logam berat pada biota akuatik.

Sama halnya dengan Penelitian oleh Suteja *et al.* 2020 di perairan Teluk Benoa, Bali, melaporkan bahwa kadar Kromium (Cr) di air permukaan sebagian besar titik sampling hampir tidak terdeteksi, meskipun logam ini tetap ditemukan dalam sedimen dan plankton. Temuan ini menunjukkan bahwa Cr cenderung terikat pada partikel atau sedimen sehingga konsentrasi di air permukaan sangat rendah, menegaskan bahwa sebagian besar air permukaan Teluk Benoa masih bebas dari kontaminasi Cr yang berarti.

Ini memandakan Kromium (Cr) di air laut cenderung sangat rendah, hampir tidak terdeteksi, yang menunjukkan bahwa logam ini jarang berada dalam bentuk terlarut. Sebagian besar Cr justru melekat pada sedimen atau partikel, sehingga konsentrasi di air tetap minimal dan risiko pencemaran bagi ekosistem air relatif kecil.

c. Sedimen

Logam berat yang menumpuk di sedimen berpotensi membahayakan kelangsungan hidup biota air dan mengganggu keseimbangan ekosistem dasar perairan jika melebihi baku mutu yang ditetapkan. Pencemaran ini juga dapat mengancam kehidupan berbagai jenis ikan, terumbu karang, hutan mangrove, serta menurunkan kualitas wisata Pantai (Nurjanah *et al.*, 2025).

Penanganan pencemaran logam berat sangat penting karena dapat menimbulkan kerusakan lingkungan dan gangguan pada ekosistem secara keseluruhan. Logam berat dalam air pada akhirnya akan mengendap di dasar perairan, membentuk sedimentasi. Organisme dasar perairan yang mengonsumsi bahan di sedimen, seperti kerang, udang, dan kepiting, berisiko terkontaminasi logam berat tersebut. Akumulasi ini juga berpotensi membahayakan masyarakat di sekitar wilayah tersebut, khususnya mereka yang mengonsumsi biota yang terkontaminasi (Salsabila & Dewi, 2024).

Berdasarkan Tabel 5.7, kandungan logam berat Kromium (Cr) pada sedimen di perairan Selat Makassar berkisar antara 0,9504–6,0875 mg/kg, dan seluruh titik termasuk kategori Tidak Memenuhi Syarat (TMS). Konsentrasi tertinggi terdapat pada Titik 3 (6,0875 mg/kg) yang berada dekat kawasan industri, menunjukkan tingginya akumulasi logam berat di sedimen pada

wilayah dengan aktivitas industri. Titik 1 (3,9174 mg/kg) di area hutan mangrove juga menunjukkan nilai relatif tinggi karena sedimen di kawasan mangrove cenderung menahan dan mengakumulasi partikel logam berat. Titik 5 (3,1537 mg/kg) yang berada dekat area industri tambak dan jalur kapal serta Titik 2 (3,1054 mg/kg) di area tambak menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi seiring dengan intensitas aktivitas budidaya, industri, dan transportasi laut di sekitarnya. Sementara itu, Titik 6 (1,6924 mg/kg) di sekitar pemukiman padat penduduk menunjukkan adanya kontribusi dari aktivitas domestik, sedangkan Titik 4 (0,9504 mg/kg) pada jalur lalu lintas kapal memiliki konsentrasi terendah, namun tetap menunjukkan adanya akumulasi logam berat pada sedimen.

Kromium memiliki sifat mudah berikatan dengan partikel halus dan bahan organik yang terdapat pada sedimen, sehingga logam ini cenderung terakumulasi di dasar perairan. Kondisi ini menjelaskan mengapa konsentrasi Cr di sedimen tinggi, sedangkan di air dan kerang relatif rendah, karena sebagian besar Cr tertahan di sedimen dan hanya sedikit yang larut di air untuk dapat masuk ke tubuh organisme. Akumulasi Cr pada sedimen dapat mempengaruhi organisme benthik yang hidup di dasar perairan dan memungkinkan perpindahan logam berat ke rantai makanan. Keberadaan logam berat yang terus menumpuk

di lingkungan perairan berpotensi menurunkan kualitas ekosistem serta meningkatkan risiko pencemaran yang berdampak pada biota laut dan kesehatan manusia.

Temuan ini sejalan dengan Ainun *et al.* 2023 dilaporkan pada penelitian sedimen di Muara Sungai Tallo, dimana konsentrasi logam berat Kromium (Cr) tercatat rata-rata 0,50 ppm dan mencapai nilai maksimum 35,0983 ppm, sehingga telah melampaui ambang batas ANZECC (2013) sebesar 0,001 ppm. Tingginya konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa sedimen berperan sebagai tempat akumulasi utama logam berat yang berasal dari aktivitas antropogenik seperti limbah industri, domestik, dan transportasi perairan. Kondisi ini menegaskan bahwa peningkatan kadar Cr dalam sedimen berkaitan erat dengan intensitas aktivitas di sekitar perairan, serta menunjukkan adanya tekanan pencemaran yang signifikan pada lingkungan perairan tersebut.

Akumulasi Kromium (Cr) di sedimen menunjukkan bahwa logam berat ini cenderung menetap di dasar perairan, sehingga memiliki potensi dampak jangka panjang bagi ekosistem. Penumpukan Cr yang tinggi dapat membahayakan organisme dasar seperti kerang, udang, dan kepiting, sekaligus mengganggu keseimbangan rantai makanan. Jika tidak dilakukan pemantauan dan pengelolaan, peningkatan kadar Cr di sedimen

berisiko merusak kualitas lingkungan, mengancam keanekaragaman hayati, dan menurunkan fungsi ekosistem perairan secara keseluruhan.

Sedimen lebih tepat dijadikan bioindikator pencemaran dibandingkan air karena sedimen berfungsi sebagai tempat akumulasi berbagai bahan pencemar, termasuk logam berat. Partikel logam yang masuk ke perairan cenderung mengendap dan terikat pada partikel sedimen, sehingga konsentrasinya dapat tersimpan dalam waktu lama. Hal ini membuat sedimen mampu menggambarkan riwayat pencemaran dalam jangka panjang.

Sebaliknya, konsentrasi pencemar dalam air lebih mudah berubah karena dipengaruhi oleh arus, pasang surut, pengenceran oleh air hujan, serta proses pencampuran di perairan. Akibatnya, kadar logam dalam air sering bersifat fluktuatif dan hanya mencerminkan kondisi sesaat. Oleh karena itu, sedimen dianggap lebih stabil dan representatif untuk menunjukkan tingkat pencemaran logam berat di suatu perairan dibandingkan air.

3. Faktor Bioakumulasi

Faktor Bioakumulasi (BAF) didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi logam dalam tubuh organisme dengan konsentrasi logam yang sama di air pada kondisi setimbang.

Penyerapan logam pada setiap organisme dapat berbeda-beda, yang diduga terjadi melalui mekanisme difusi pasif, serupa dengan proses penyerapan oksigen. Pada sedimen, nilai BAF dihitung menggunakan prinsip yang sama, yaitu dengan membandingkan konsentrasi logam dalam organisme dengan konsentrasi logam dalam sedimen.

Nilai *Bioaccumulation Factor* (BAF) kerang bakalang terhadap media air menunjukkan bahwa akumulasi kadmium (Cd) tergolong sangat tinggi, dengan kisaran 99,1–177,93. Nilai terendah terdapat pada Titik 1 yang berada di sekitar kawasan hutan mangrove, sedangkan nilai tertinggi ditemukan pada Titik 3 yang berdekatan dengan kawasan industri. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan sekitar sangat memengaruhi tingkat akumulasi logam pada kerang. Area mangrove cenderung memiliki tekanan pencemaran yang lebih rendah karena vegetasi mangrove mampu berperan sebagai penyaring alami, sehingga konsentrasi logam di air relatif lebih kecil. Sebaliknya, kedekatan dengan aktivitas industri berpotensi meningkatkan kandungan Cd di perairan, sehingga lebih banyak logam yang terserap oleh kerang. Untuk kromium (Cr), nilai BAF dari air sebesar 1,0 (kategori sedang), yang menunjukkan bahwa akumulasinya tidak sebesar Cd.

Nilai *Bioaccumulation Factor* (BAF) kerang terhadap air yang tinggi meskipun konsentrasi Kadmium (Cd) di air rendah berkaitan

dengan sifat biologis kerang sebagai organisme filter feeder yang menyaring air secara terus-menerus untuk memperoleh makanan. Kadmium yang larut dalam air maupun menempel pada partikel halus tetap dapat tertangkap oleh kerang selama proses penyaringan, sehingga masuk dan terakumulasi di jaringan tubuh. Selain itu, Cd bersifat persisten dan memiliki afinitas tinggi terhadap protein dan jaringan biologis, sehingga cenderung terikat dan sulit dikeluarkan dari tubuh organisme. Akumulasi yang berlangsung dalam waktu lama menyebabkan konsentrasi Cd pada kerang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cd di air, sehingga menghasilkan nilai BAF yang tinggi meskipun kadar Cd terlarut di perairan relatif rendah.

Kandungan Kadmium (Cd) pada kerang yang melebihi baku mutu menunjukkan adanya indikasi pencemaran kronis di perairan tersebut. Kondisi ini menandakan bahwa logam Cd telah masuk ke lingkungan perairan secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama hingga terakumulasi dalam biota. Sifat Cd yang persisten, sulit terdegradasi, dan mudah terakumulasi dalam sedimen maupun organisme menyebabkan logam ini dapat bertahan lama di lingkungan perairan. Kerang sebagai organisme *filter feeder* yang menyaring air secara terus-menerus juga lebih mudah menyerap logam tersebut, sehingga konsentrasi Cd dalam jaringan tubuhnya dapat meningkat dan melampaui ambang batas yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa perairan berpotensi mengalami paparan

logam berat secara berkelanjutan yang dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem.tulang, serta gangguan pada sistem saraf dan sistem reproduksi

Sementara itu, terhadap media sedimen, nilai BAF Cd pada kerang berkisar antara 5,874–9,986 dan termasuk kategori tinggi, meskipun lebih rendah dibandingkan dari air. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen tetap menjadi sumber akumulasi Cd, namun bukan jalur utama. Kondisi ini berkaitan dengan sifat kimia Cd yang relatif mudah larut dan lebih mobil di perairan, sehingga sebagian besar Cd berada dalam bentuk ion Cd^{2+} di kolom air dan lebih mudah diserap oleh kerang melalui proses filtrasi. Akibatnya, meskipun kadar Cd di sedimen tidak terlalu tinggi, kerang tetap dapat mengakumulasi Cd dalam jaringan tubuhnya. Untuk Cr, nilai BAF dari sedimen sangat rendah (0,0016–0,0105), yang menunjukkan bahwa kerang hampir tidak mengakumulasi Cr melalui sedimen karena secara kimia Cr di sedimen cenderung berada dalam bentuk ikatan stabil dan kurang larut, sehingga ketersediaan biologisnya bagi organisme menjadi rendah.

Kadmium (Cd) rendah di sedimen karena bersifat lebih larut dalam air dan kurang mudah mengendap, terutama jika sedimen mengandung banyak partikel mineral yang tidak terlalu reaktif terhadap Cd. Sebagian Cd tetap berada dalam bentuk ion terlarut atau menempel pada partikel halus yang mudah tersuspensi,

sehingga konsentrasinya di sedimen relatif rendah. Di sisi lain, nilai Bioaccumulation Factor (BAF) kerang terhadap sedimen tinggi karena kerang sebagai organisme filter feeder secara terus-menerus menyaring air dan partikel tersuspensi di sekitarnya. Cd yang larut atau menempel pada partikel halus tertangkap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh kerang. Afinitas Cd yang tinggi terhadap protein biologis membuat logam ini sulit dikeluarkan dari tubuh, sehingga akumulasi bertahap menghasilkan BAF tinggi meskipun konsentrasi di sedimen rendah.

Sebaliknya, kromium (Cr) menunjukkan pola berbeda. Meskipun konsentrasi total Cr di sedimen tinggi, sebagian besar Cr berada dalam bentuk ikatan kompleks stabil dengan mineral, oksida besi, dan bahan organik, terutama sebagai Cr(III) yang kurang larut dan tidak mudah tersedia secara biologis. Kerang lebih banyak menyerap logam melalui kolom air daripada langsung dari sedimen, sehingga akumulasi Cr di jaringan kerang rendah. Kondisi ini menjelaskan mengapa BAF Cr terhadap sedimen tetap kecil, berbeda dengan Cd yang mudah terlarut dan terakumulasi oleh kerang.

Sejalan dengan Ainun *et al.* (2021) melaporkan bahwa kerang (*Anadara* sp.) di Muara Sungai Tallo, Kota Makassar memiliki nilai BCF Cadmium (Cd) >1 , menunjukkan akumulasi logam Cd yang sangat tinggi dari sedimen, sedangkan BCF Chromium (Cr) <1 ,

menandakan akumulasi Cr yang rendah. Temuan ini menegaskan bahwa kerang secara selektif lebih efisien mengakumulasi Cd dibanding Cr, dan menegaskan peran kerang sebagai bioindikator sensitif terhadap pencemaran logam berat Cadmium di perairan, sekaligus memberikan dasar ilmiah bagi pemantauan kualitas lingkungan berbasis bioakumulasi logam berat.

Hal ini diperkuat oleh berbagai studi terbaru yang meneliti bioakumulasi logam berat di biota akuatik. Penelitian oleh Niloy *et al.*, 2024 di Karnafully Estuary, Bangladesh menunjukkan bahwa kromium (Cr) memang terakumulasi dalam jaringan mollusk, namun tingkatnya jauh lebih rendah dibanding logam lain seperti kadmium dan timbal, mengindikasikan bahwa Cr cenderung kurang terserap oleh biota. Review terkini oleh Ao *et al.*, 2025 tentang transformasi Cr di perairan menegaskan bahwa bentuk kimia Cr (Cr(III) dan Cr(VI)) sangat memengaruhi akumulasi biologis, di mana Cr(III) lebih banyak tetap terikat pada sedimen dan partikel sehingga akumulasi dalam jaringan organisme tetap minimal. Temuan serupa dilaporkan di perairan Jawa Tengah oleh Suryono & Indardjo, 2023 di mana Cr terdeteksi dalam udang, rajungan, dan kerang, tetapi konsentrasinya secara konsisten lebih rendah dibanding logam lain seperti Fe, menegaskan pola bahwa Cr memiliki potensi bioakumulasi yang rendah pada biota laut.

Perbedaan bioakumulasi Cadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada kerang berkaitan dengan sifat kimia dan ketersediaan biologis masing-masing logam, serta memiliki implikasi penting bagi pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat. Cd cenderung mudah terakumulasi dalam tubuh kerang karena larut dalam air, lebih mobil di lingkungan perairan, dan mudah berikatan dengan jaringan biologis. Kerang sebagai organisme filter feeder secara terus-menerus menyaring air sehingga Cd yang terlarut maupun menempel pada partikel halus dapat masuk dan tersimpan dalam jaringan tubuh. Sifat Cd yang toksik dan persisten memungkinkan logam ini terakumulasi dalam jangka waktu lama, menghasilkan nilai bioakumulasi tinggi. Akumulasi ini menunjukkan bahwa Cd mudah masuk ke rantai makanan, sehingga konsumsi kerang dari perairan tercemar dapat meningkatkan risiko paparan Cd bagi manusia, dengan potensi efek toksik pada ginjal, hati, tulang, sistem saraf, dan reproduksi jika terpapar jangka panjang.

Sebaliknya, kromium (Cr) umumnya menunjukkan tingkat bioakumulasi yang lebih rendah. Di lingkungan sedimen, Cr banyak berada dalam bentuk Cr(III) yang memiliki kelarutan rendah dan cenderung membentuk ikatan stabil dengan mineral, oksida besi, dan bahan organik. Ikatan ini menyebabkan Cr kurang tersedia secara biologis bagi organisme. Akibatnya, meskipun konsentrasi Cr di sedimen dapat tinggi, jumlah yang dapat diserap oleh kerang relatif

kecil sehingga tingkat bioakumulasinya lebih rendah dibandingkan Cd.

4. Keterbatas dalam Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang tidak terlepas dari dinamika alam dan kondisi lapangan. Musim hujan yang tidak menentu serta pasang surut air di perairan Selat Makassar secara nyata memengaruhi distribusi logam berat dalam kerang, sehingga beberapa sampel menunjukkan kadar yang sangat rendah bahkan hampir tidak terdeteksi. Ditambah dengan jadwal aktivitas nelayan yang fleksibel, pengambilan sampel harus disesuaikan dengan kondisi lapangan, sehingga variasi hasil antar titik sampling menjadi tidak merata meskipun semua sampel diambil bersamaan. Kondisi ini menunjukkan kompleksitas lingkungan yang memerlukan kehati-hatian dalam interpretasi data.