

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan salah satu permasalahan global yang sangat serius karena memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pencemaran logam berat memiliki waktu paruh yang lama sehingga meningkatkan risiko pencemarannya terhadap lingkungan. Karakteristik tersebut menyebabkan logam berat sangat sulit diurai secara alami dan dapat terakumulasi di dalam jaringan tubuh organisme maupun lingkungan (Mitra *et al.*, 2022). Data menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi logam berat pada badan air tercatat sebesar 36.2% di Eropa, 38.4% di Tiongkok selatan, 34.2% di Tiongkok utara, 33.4% di Amerika Serikat, 31.2% di Karibia, dan 30.5% di Timur Tengah. Polutan didominasi oleh merkuri (Hg), Cadmium (Cd), Timbal (Pb), Arsen (As), dan Tembaga (Cu) yang berasal dari aktivitas industri, pertanian, dan domestik (Zhao *et al.*, 2024).

Kasus pencemaran logam berat di Indonesia mendominasi kawasan pesisir utara Pulau Jawa yang diuji dari *P. viridis* dari kawasan tersebut. Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi ditemukan di Kali Baru, Jakarta, yaitu 29,4 mg.kg⁻¹, jauh melebihi batas aman 0,2 mg.kg⁻¹ menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No 5 Tahun 2018. Konsentrasi kadmium (Cd) melebihi ambang batas 0,1 mg.kg⁻¹ ditemukan di Karangreja, Cirebon (0,73 mg.kg⁻¹), Karangampel (0,75 mg.kg⁻¹) (Saleh *et al.*, 2021). Konsentrasi Pb pada air laut di Kawasan Perairan Teluk Awur telah dilakukan penelitian pada bulan November

2017 dan Januari 2018 dengan rata-rata di setiap bulannya yaitu $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$. Data tersebut bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik dan kondisi lingkungan lainnya (Azizah dkk., 2018).

Teluk Awur, Jepara merupakan salah satu lokasi yang sangat strategis sebagai sentra marikultur karena memiliki faktor oseanografi yang sangat ideal untuk menopang produksi perikanan setempat (Ayuningtyas *et al.*, 2024). Kawasan ini juga mendukung berbagai aktivitas lainnya ditandai dengan keberadaan berbagai lembaga pendidikan dan riset kelautan, tambak, pelabuhan, pariwisata, dan permukiman (Arief *et al.*, 2023). Selain itu, Kabupaten Jepara dikenal sebagai sentra industri mebel yang melayani pasar domestik dan internasional, sehingga industri ini menjadi salah satu penggerak ekonomi daerah. Aktivitas industri mebel menghasilkan limbah yang salah satunya adalah logam berat Kadmium, Timbal, dan Arsenik sebagai bahan pewarna mebel (Widiyanto *et al.*, 2019), sehingga bahan tersebut berpotensi mengontaminasi lingkungan.

Logam berat yang masuk ke lingkungan akan terakumulasi ke dalam jaringan tubuh organisme laut terjadi ketika logam berat masuk ke dalam rantai makanan melalui air, sedimen, atau udara. Kontaminasi logam berat dimulai dari organisme tingkat trofik terendah yang menyerap logam berat langsung dari lingkungan, kemudian kadar logam berat terus meningkat pada tiap tingkatan trofik akibat proses biomagnifikasi. Proses tersebut menyebabkan predator puncak dan manusia lebih rentan terhadap toksisitas logam berat (Saidon *et al.*, 2024). Permasalahan puncak terjadi ketika logam tersebut terakumulasi ke

dalam jaringan dan organ manusia yang dapat menimbulkan masalah kesehatan serius dan efek toksik lainnya berdasarkan sifat dan konsentrasinya (Ray & Vashishth, 2024).

Logam berat memiliki perbedaan efek yang ditimbulkan berdasarkan konsentrasi dan jenisnya, seperti tembaga (Cu) tergolong esensial karena dalam jumlah tertentu diperlukan oleh organisme (Jadaa dan Mohammed, 2023). Paparan yang berlebihan menyebabkan peningkatan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS), sehingga menimbulkan efek toksik. Logam berat non-esensial seperti Cd, dan Pb dapat bersifat toksik bahkan pada kadar yang rendah (Jadaa dan Mohammed, 2023). Efek karsinogenik Cd menyebabkan stres oksidatif, gangguan metabolisme sel serta kerusakan DNA yang memicu kanker, sedangkan efek karsinogenik dari Pb karena kemampuannya menembus *Blood-Brain Barrier* (BBB) yang dapat mengganggu komunikasi antar sel syaraf, memicu gangguan neurokognitif, serta kemampuan inaktivasi enzim antioksidan yang mengakibatkan rusaknya struktur sel yang memicu kanker (Saravanan *et al.*, 2024). Tingginya risiko ekologis dan kesehatan yang ditimbulkan oleh kontaminasi logam berat, dengan demikian pemantauan kualitas perairan penting dilakukan untuk menjaga kualitas hasil laut sebagai sumber pangan (Pastorino *et al.*, 2020).

Salah satu pendekatan yang efektif untuk memantau kualitas perairan yaitu dengan memanfaatkan organisme bioindikator. Organisme ini dapat mencerminkan konsentrasi logam berat melalui kemampuan akumulasi dari lingkungan hingga risiko toksisitasnya terhadap ekosistem laut dan kesehatan

manusia (Kim *et al.*, 2025). Organisme laut yang umum dimanfaatkan sebagai bioindikator yaitu dari kelompok Bivalvia, Gastropoda, Spons, dan Ikan (Vidyalakshmi *et al.*, 2024). Bivalvia khususnya *Perna viridis* merupakan spesies yang paling dominan melekat pada struktur akuakultur. Spesies ini memiliki kemampuan dasar menyaring partikel makanan maupun polutan (*Filter feeder*) (Phaenark *et al.*, 2024). *Perna viridis* menggunakan insang (*ctenidia*) sebagai penyaring alami (Miller, 2022). Partikel yang tersuspensi diseleksi oleh *palpus labial*, sehingga partikel yang kaya nutrisi seperti mikroalga, plankton, dan partikel organik lainnya akan diarahkan ke mulut dan diproses pada sistem pencernaan dan diekskresikan berupa *pseudofeces* (Rosa *et al.*, 2018). Proses ini yang memungkinkan logam berat di air akan terakumulasi pada insang dan saluran pencernaan.

Perna viridis memiliki karakteristik penting seperti mudah ditemukan di habitatnya, memiliki distribusi yang luas, mudah dikoleksi, dan sensitif terhadap perubahan lingkungan sehingga menjadikan *Perna viridis* sebagai kandidat bioindikator yang ideal (Vidyalakshmi *et al.*, 2024), selain itu, *Perna viridis* dipilih karena jenis tersebut dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh masyarakat karena memiliki kandungan gizi seperti protein 21,9%, karbohidrat 18,5% dan lemak 14,5% (Ernaningsih *et al.*, 2023). Logam berat yang terakumulasi dalam jaringan *P. viridis* memberikan risiko kesehatan karsinogenik atau non-karsinogenik jika dikonsumsi secara terus-menerus (Saleh *et al.*, 2021), sehingga perlu mengevaluasi risikonya terhadap kesehatan manusia.

Evaluasi risiko kesehatan dilakukan dengan mengestimasi paparan logam berat akibat konsumsi bahan pangan berdasarkan lima parameter yaitu *Estimated Daily Intake* (EDI) dan *Estimated Weekly Intake* (EWI) untuk dibandingkan dengan batas yang dapat ditoleransi oleh tubuh. Risiko non-karsinogenik dianalisis menggunakan *Target Hazard Quotient* (THQ) dan *Hazard Index* (HI), sedangkan probabilitas terjadinya kanker diestimasi menggunakan *Target Cancer Risk* (TCR) (Khan *et al.*, 2025). Estimasi dilakukan berdasarkan data temporal, karena kadar logam berat dapat dipengaruhi oleh perubahan aktivitas antropogenik, intensitas hujan, dan variabilitas musim (Olowoyo *et al.*, 2025). Faktor tersebut dapat mempengaruhi tingkat paparan logam dan perbedaan risiko kesehatan yang ditimbulkan.

Kawasan pesisir Teluk Awur mendukung berbagai aktivitas masyarakat yang berpotensi menyebabkan pencemaran logam berat. Penelitian mengenai akumulasi logam berat di Teluk Awur masih terbatas yaitu hanya memanfaatkan lamun jenis *Enhalus acoroides* sebagai bioindikator dengan fokus pada kadar Pb (Rianda *et al.*, 2019) dan Zn (Putra *et al.*, 2019) tanpa mengintegrasikan dengan aspek risiko kesehatan yang ditimbulkan serta kajian secara temporal. Penelitian ini menggunakan *P. viridis* yang memiliki kemampuan akumulasi logam berat dalam jaringannya dan umum dikonsumsi oleh masyarakat di kawasan pesisir (Saleh *et al.*, 2021). Pendekatan temporal selama periode Juni, Juli dan Agustus dilakukan untuk menganalisis dinamika kadar logam berat pada air laut dan jaringan lunak *P. viridis*, serta variasi risiko kesehatan yang ditimbulkan pada setiap periode. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi data ilmiah

yang komprehensif terkait tingkat kontaminasi logam berat di perairan dan keamanan konsumsi hasil laut khususnya *P. viridis*, serta sebagai langkah mitigasi dan pengelolaan lingkungan di kawasan perairan Teluk Awur secara berkelanjutan.

1.2.Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana konsentrasi logam berat Cu, Cd, dan Pb pada air laut dan jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) dari kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal dan dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku?
- 1.2.2 Bagaimana potensi risiko kesehatan non-karsinogenik pada manusia akibat mengonsumsi *Perna viridis* dari kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal berdasarkan nilai *Estimated Daily Intake* (EDI), *Estimated Weekly Intake* (EWI), *Target Hazard Quotient* (THQ) dan *Hazard Index* (HI)?
- 1.2.3 Bagaimana potensi risiko kesehatan karsinogenik pada manusia akibat mengonsumsi *Perna viridis* dari kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal berdasarkan nilai dan *Target Cancer Risk* (TCR)?

1.3.Tujuan

- 1.3.1 Menganalisis konsentrasi logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) pada air laut dan jaringan lunak *Perna viridis* di kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal dan membandingkannya dengan baku mutu yang berlaku.
- 1.3.2 Menganalisis potensi risiko kesehatan non-karsinogenik pada manusia

akibat mengonsumsi *Perna viridis* dari kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal berdasarkan nilai *Estimated Daily Intake* (EDI), *Estimated Weekly Intake* (EWI), *Target Hazard Quotient* (THQ) dan *Hazard Index* (HI).

1.2.4 Menganalisis potensi risiko kesehatan karsinogenik pada manusia akibat mengonsumsi *Perna viridis* dari kawasan pesisir Teluk Awur secara temporal berdasarkan nilai dan *Target Cancer Risk* (TCR).

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan pemahaman mengenai proses akumulasi logam berat pada jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) secara temporal, yang merupakan organisme bioindikator penting dalam ekosistem laut. Manfaat bagi aspek lingkungan yaitu sebagai sumber data kualitas perairan pada periode tertentu yang dapat digunakan sebagai dasar dalam upaya perencanaan, pencegahan dan pengendalian pencemaran logam berat, sehingga dapat meminimalkan risiko toksisitasnya terhadap ekosistem laut.

Manfaat bagi aspek kesehatan yaitu sebagai sumber informasi ilmiah terkait tingkat paparan logam berat pada periode tertentu dan kaitan dengan potensi risiko kesehatan yang ditimbulkan akibat konsumsi *Perna viridis* berdasarkan *Estimated Daily Intake* (EDI), *Estimated Weekly Intake* (EWI), *Target Hazard Quotient* (THQ), *Hazard Index* (HI), dan *Target Cancer Risk* (TCR). Parameter tersebut penting untuk menilai tingkat keamanan konsumsi *Perna viridis* sebagai bahan pangan masyarakat setempat.