

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Perairan Belawan

Perairan Belawan adalah area pesisir strategis di Medan yang memiliki peran penting bagi kegiatan ekonomi. Banyak sungai yang mengalir ke dalam daerah ini, yang menghubungkan kota Medan dan sekitarnya. Daerah ini berdekatan dengan kawasan industri, fasilitas pelabuhan dan area pemukiman penduduk (Indirawati, 2017). Belawan termasuk dalam kategori ketiga pelabuhan tersibuk di Indonesia yang memiliki luas 12.072,33 (ha) di daerah lingkungan kerja. Pelabuhan di Belawan memiliki karakteristik khusus karena terletak di daerah estuaria, yaitu tempat pertemuan dua sungai besar yaitu Sungai Deli dan Sungai Belawan (Yolanda, 2023).

Perairan Belawan memiliki sistem hidrodinamika yang kompleks karena adanya penggabungan antara air laut dan air tawar. Perubahan pasang surut air laut sangat penting dalam mempengaruhi arus, kecepatan, arah, distribusi salinitas, serta pergerakan sedimen di area tersebut. Pada saat sedang pasang, air laut cenderung mengalir ke area estuaria dan meningkatkan kadar salinitas, sedangkan pada saat surut, air tawar dari sungai menjadi lebih dominan. Sungai-sungai ini membawa air tawar beserta sedimen, nutrient, dan limbah dari daratan menuju estuaria. Hal ini mengakibatkan perairan Belawan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara sistem sungai, laut, dan aktivitas masyarakat di sekitarnya (Ahmad et al., 2025)

Peneliti di Indonesia telah melakukan evaluasi mengenai kualitas air di perairan Belawan dengan berbagai metode indeks. Salah satunya dengan menggunakan metode *Pollution Index*, *Malaysian Marine Water Quality Index* (MMWQI), dan *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCME WQI), yang menunjukkan bahwa tingkat pencemaran di Belawan berada pada kategori antara sedang hingga berat. Parameter kualitas air yang sering melebihi batas standar mencakup kekeruhan, bahan organik, dan beberapa parameter tertentu terkait limbah dari aktivitas masyarakat. Hal ini menyebabkan

biota laut di daerah tersebut terkontaminasi oleh limbah-limbah sekitar (Muhtadi et al., 2025)

B. Jenis-Jenis Kerang

Kerang adalah kelompok organisme yang memiliki banyak spesies, terutama di daerah pantai tropis. Kerang tergolong dalam beberapa keluarga yang berbeda seperti, *Veneridae*, *Arcidae*, *Mytilidae*, dan *Pinnidae*. Jenis-jenis kerang diantaranya adalah:

1. Kerang kepah tahu (*Meretrix meretrix*), habitatnya berada di perairan dangkal berpasir dan berlumpur. Kerang ini memiliki cangkang yang tebal dan berwarna putih.
2. Kerang dara (*Anadara granosa*), habitatnya berada di lumpur berpasir tetapi banyak ditemukan di lumpur halus. Kerang ini memiliki permukaan cangkang kasar dan bergaris-garis.
3. Kerang batik (*Paratapes undulatus*), habitatnya berada di perairan pesisir dangkal, dan dangkal berpasir. Kerang ini memiliki cangkang dengan pola zig-zag yang khas.
4. Kerang hijau (*Perna viridis*), habitatnya berada di tempat berlumpur dan berlempung. Kerang ini memiliki warna bergradasi dari hitam kehijauan gelap ke gradasi cerah kehijauan.
5. Kerang tiram (*Crassostrea gigas*), kerang ini banyak dibudidayakan secara global dan sering di temukan menempel di substrat keras seperti batu atau beton.

Beberapa jenis kerang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti jenis tanah, kedalaman air, kadar garam, dan jumlah bahan organik dalam sedimen. Kerang dari keluarga *Veneridae* biasanya dapat ditemukan di tanah berpasir hingga pasir berlumpur, sedangkan keluarga *Arcidae* lebih umum di tanah berlumpur yang memiliki tinggi bahan organik (Putri et al., 2025).

C. Kerang Kepah Tahu (*Meretrix meretrix*)

Kerang kepah tahu yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1 merupakan salah satu jenis sumber daya alam yang bukan termasuk dalam kategori ikan. Kerang ini tergolong dalam keluarga *Veneridae* dan kelas *Bivalvia*. Spesies ini dikenal luas

sebagai kerang yang hidup dominan di daerah pantai berpasir dan estuaria, serta memiliki peran penting dalam menyediakan kebutuhan ekonomi dan gizi untuk masyarakat (Sakila et al., 2018). Berdasarkan Putri et al., (2025) taksonomi dari kerang kepah tahu adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Filum : Mollusca

Kelas : Bivalvia

Sub Kelas : Autobranchia

Ordo : Venerida

Famili : Veneridae

Genus : *Meretrix*

Spesies : *Meretrix meretrix*



Gambar 2.1 Kerang Kepah Tahu (*Meretrix meretrix*)

(Sumber : Dokumen Peneliti, 2026)

Kerang banyak di jumpai saat sedang pasang surut air laut. Kerang ini hidup di dasar laut sebagai infauna yang berada pada kedalaman 10-15 cm, sehingga hewan ini tidak terpapar oleh matahari. Hewan ini memanfaatkan nutrisi di perairan melalui celah/lubang yang terhubung dengan exhalant siphon. Kerang aktif mencari makanan dengan menyaring berbagai benda yang ada di air. Kerang menggunakan plankton dan bahan organik sebagai sumber energi untuk tubuh mereka (Bahtiar & Purnama, 2023).

1. Ciri-Ciri Kerang Kepah Tahu

Kerang kepah tahu yang merupakan bagian dari kelas *Bivalvia* memiliki morfologi tabung seperti sifon dicirikan oleh keberadaan dua saluran yaitu saluran untuk mengambil air dan saluran untuk membuang air. Karena adanya kedua saluran ini kerang kepah di klasifikasikan sebagai *Filter feeder* (penyaring makanan), yang memperoleh nutrisi esensial melalui proses penyaringan air (Jafar et al., 2023). Kerang kepah dari famili *Veneroida* dikenal karena cangkangnya yang kuat dan simetris, sering dimanfaatkan masyarakat, serta memiliki ciri morfologi yang khas yang mudah dikenali dibandingkan jenis kerang lainnya (Jabarsyah & Arizono, 2016).

Cangkang kerang kepah tahu memiliki bentuk oval hingga agak membulat dengan kedua katup (cangkang) yang simetris. Kedua cangkang ini mempunyai otot aduktor yang berfungsi untuk membuka dan menutup cangkang. Ketika otot ini tidak aktif kedua bagian cangkang akan terbuka akibat ligamen yang berada di belakang umbo. Umbo merupakan titik tumbuh yang terletak di puncak bagian dorsal dari cangkang (Jafar et al., 2023). Warna cangkang kerang kepah dominan putih susu hingga putih kekuningan, menyerupai warna tahu. Beberapa kerang menunjukkan garis-garis pertumbuhan halus berwarna keabuan. Permukaan cangkang kerang sangat halus, licin, serta mengkilap dengan garis pertumbuhan konsentris yang terlihat jelas jika diperhatikan dengan seksama. Ukuran kerang kepah dewasa umumnya berkisar antara 5-8 cm, tergantung pada usia dan kondisi lingkungannya (Jabarsyah & Arizono, 2016).

Kerang kepah biasanya hidup antara 2-5 tahun, tergantung pada kondisi lingkungan, ketersediaan makanan, dan habitatnya. Kerang muda berkisar 0-1 tahun, kerang dewasa berusia antara 2-3 tahun, dan kerang tua lebih dari 4 tahun. Umur kerang ditentukan dengan cara mengukur fisik cangkangnya dan menghitung garis pertumbuhannya. Kerang kepah dewasa memiliki peran yang signifikan ekologis dan ekonomi. Secara ekologis, kerang dewasa berkontribusi besar dalam penyaringan air dan menjaga siklus nutrisi. Secara ekonomi, kerang dewasa memiliki ukuran dan kualitas daging yang paling diminati oleh masyarakat (Rohmah & Farid Muhson, 2020).

2. Nilai Gizi Kerang Kepah Tahu

Kerang kepah tahu (*Meretrix meretrix*) memiliki nilai gizi yang cukup tinggi. Kandungan nutrisi dalam daging kerang ini termasuk protein tinggi, kalori rendah, serta rendah lemak dan kolestrol dengan sedikit lemak jenuh, asam amino, vitamin B12, dan mineral. Salah satu komposisi gizi yang penting dan banyak terdapat dalam kerang adalah taurin. Taurin adalah asam amino sulfonat (asam organik) yang tidak digunakan untuk membangun protein, taurin berbeda dari asam amino karena tidak mengandung gugus karbositat. Zat ini sangat bermanfaat bagi kesehatan, meskipun kadar taurin dapat bervariasi pada setiap kerang. Taurin di dalam tubuh manusia banyak dijumpai pada hati, ginjal, otot, jantung, limpa, testis, otak, dan terutama dalam jumlah terbesar pada otot jantung. (Abdullah et al., 2017).

Taurin memiliki banyak manfaat serta mencegah diabetes, mencegah kerusakan liver, membantu mengatasi masalah penglihatan, menurunkan kadar kolesterol dalam darah, dan lain sebagainya (Abdullah et al., 2017). Secara umum, asam amino dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu asam amino esensial dan asam amino non-esensial. Asam amino esensial adalah jenis asam amino yang tidak bisa dihasilkan oleh tubuh manusia, sehingga harus diperoleh dari makanan yang mengandung protein, sedangkan asam amino non-esensial adalah jenis asam amino yang dapat diproduksi oleh tubuh manusia sendiri (Kaya et al., 2024).

Komponen Gizi	Kandungan
Kadar air	79,98 %
Protein	9,02 %
Lemak	0,24 %
Abu	1,37 %
Karbohidrat	9,02 %

Sumber: Abdullah et al. (2017)

D. Timbal

Timbal adalah logam berat yang sangat berbahaya dan bisa ditemukan hampir di semua benda mati di lingkungan serta dalam semua sistem biologi. Sumber utama timbal berasal dari senyawa alkil timbal yang digunakan sebagai campuran bensin. Keberadaan timbal telah terbukti beracun bagi berbagai aspek kehidupan

(Abdul Wahab, 2015). Logam ini sangat berbahaya dan dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius pada manusia. Paparan timbal bisa terjadi melalui berbagai cara, seperti mengonsumsi makanan atau minuman yang tercemar, menghirup udara atau debu yang mengandung timbal (Pb), serta kontak langsung dengan kulit atau nama (Nurbidayah et al., 2023). Timbal memiliki nomor aatom 82 dan berat atom 207,2, berwarna abu-abu kebiruan, serta memiliki titik leleh 327°C dan titik didih 1.725°C. pada suhu antara 550-600°C, timbal bisa menguap dan bereaksi dengan oksigen di atmosfer, lalu menghasilkan timbal oksida (Thuroidah et al., 2025).

1. Pencemaran Timbal

Timbal sebagai salah satu logam berat, sering kali teridentifikasi sebagai bahan pencemar yang berpotensi mengganggu ekosistem perairan. Dampak timbal bagi kesehatan manusia dapat terkait dengan berat badan pada bayi saat dilahirkan. Keberadaan timbal di lingkungan perairan umumnya disebabkan oleh aktivitas transportasi serta terkait dengan bahan tambahan dalam bahan bakar yang anti pemecah minyak. Akibatnya, polusi timbal menyebar ke atmosfer melalui cerobong asap dan akhirnya larut ke dalam air tawar maupun laut. Kontaminasi oleh logam berat telah berkembang isu global yang mendesak (Nugraha Putra et al., 2022).

Dampak dari timbal dan senyawa-senyawanya pada manusia biasanya dirasakan oleh pekerja yang bersentuhan langsung dengan sumber timbal. Efek toksiknya dapat memengaruhi semua organ di dalam tubuh dengan saraf yang paling mudah terpengaruh, tidak hanya pada orang dewasa tetapi juga pada bayi, anak-anak, dan ibu hamil.

a. Dampak Timbal Bagi Kesehatan Anak-Anak

Bayi dan anak-anak sangat rentan, bahkan jika mereka terpapar timbal dalam jumlah kecil, bisa menyebabkan masalah perilaku, kesulitan belajar, dan penurunan IQ. Jika terjadi paparan yang tinggi dapat berakibatkan kerusakan pada otak dan ginjal (Putra et al., 2023).

b. Dampak Timbal Bagi Kesehatan Orang Dewasa

Jika orang dewasa terpapar timbal dalam waktu lama, itu dapat membuat

kemampuan berpikir mereka menurun, mengakibatkan anemia, dan meningkatkan tekanan darah. Kerusakan serius pada otak dan ginjal, dikaitkan dengan paparan timbal yang tinggi yang bisa menyebabkan kematian. Paparan timbal yang berlebihan bisa menyebabkan keguguran bagi ibu hamil. Paparan timbal dalam jangka panjang juga bisa mengurangi kesuburan pada pria (Putra et al., 2023).

2. Biotransformasi Timbal (Pb)

Proses biotransformasi timbal terhadap kadar hemoglobin dalam darah juga akan terjadi setelah terpapar dalam periode waktu yang panjang. Durasi paparan yang berkepanjangan ini menyebabkan akumulasi timbal di dalam tubuh, khususnya di aliran darah yang akhirnya menurunkan kadar hemoglobin dan memicu anemia. Paparan timbal dapat mengganggu proses sintesis hemoglobin dengan menghambat enzim *coproporphyrinogen*, enzim *ferrochelatase*, dan ALAD (*Aminolevulinic acid dehydratase*). Penghambatan enzim-enzim ini berujung pada konsentrasi terhadap hemoglobin dalam darah (Sinatra et al., 2020).

a. Absorpsi

Absorpsi timbal (Pb) di saluran pernapasan dipengaruhi oleh tiga mekanisme utama, yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar, dan pembersihan alveolar. Partikel yang lebih besar cenderung terdeposisi di saluran pernapasan bagian atas dibandingkan dengan partikel kecil. Proses pembersihan mukosiliar menggerakkan partikel di saluran pernapasan bagian atas menuju nasofaring yang kemudian ditelan. 10-20% timbal diserap melalui paru-paru, kemudian 5-10% dari timbal yang tertelan diserap melalui saluran pencernaan (Rosita & LidiaWidiarti, 2020).

b. Distribusi

Timbal yang telah terabsorpsi kemudian diedarkan oleh darah ke berbagai organ tubuh, 95% timbal dalam darah terikat pada eritrosit. Timbal ini selanjutnya didistribusikan ke dua kompartemen utama yaitu jaringan lunak (sumsum tulang, sistem saraf, ginjal, dan hati) dan jaringan keras (tulang, kuku, rambut, dan gigi). Konsentrasi timbal lebih tinggi terakumulasi di gigi dan tulang panjang dibandingkan dengan jenis tulang lainnya (Rosita & LidiaWidiarti, 2020).

c. Metabolisme

Timbal memasuki sistem tubuh manusia terutama melalui sistem respirasi yang merupakan rute paparan paling signifikan, serta melalui saluran pencernaan. Jalur terakhir ini lebih umum terjadi pada anak-anak dan orang dewasa dengan kebersihan pribadi yang kurang baik. Absorpsi timbal yang terhirup dari udara dan terserap di saluran pernapasan diperkirakan mencapai $\pm 40\%$, sementara penyerapan melalui saluran pencernaan $\pm 5-10\%$ (Rosita & LidiaWidiarti, 2020).

d. Ekskresi

Ekskresi timbal (Pb) terjadi melalui beberapa cara, jalur utamanya adalah melalui ginjal dan saluran pencernaan. 75-80% timbal dikeluarkan melalui urin, 15% melalui feses, dan sisanya melalui cairan empedu, keringat, rambut, serta kuku. Ekskresi timbal melalui saluran pencernaan juga merupakan salah satu jalur. Tingkat timbal dalam urin mencerminkan paparan yang baru terjadi, oleh karena itu analisis timbal dalam urin digunakan untuk menilai paparan di lingkungan kerja. Proses ekskresi timbal berlangsung sangat lambat. Waktu paruh timbal dalam darah adalah sekitar 25 hari, dalam jaringan lunak sekitar 40 hari, sedangkan dalam tulang dapat mencapai 25 tahun (Rosita & LidiaWidiarti, 2020).

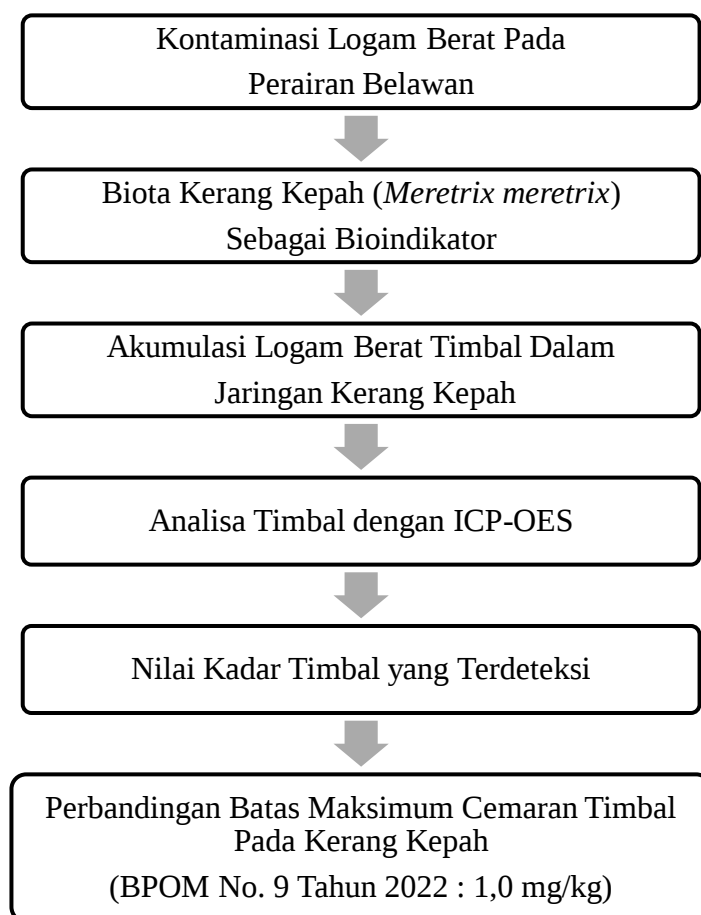
E. *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)*

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) merupakan teknik analisa cepat dan akurat yang digunakan untuk menentukan kadar multi-elemen dalam sampel menggunakan sumber plasma. ICP-OES memiliki keunggulan dibandingkan dengan instrumen sejenis yang biasanya digunakan untuk mengukur logam seperti *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)*, *Atomic Emission Spectrometry (AES)*, dan *Atomic Fluorescence Spectrometry (AFS)* yaitu memiliki batas deteksi yang rendah dengan sensitivitas yang tinggi (Yoda et al., 2021). Keunggulan lain ICP-OES dapat mengukur 60 logam sampel tunggal dalam waktu kurang dari satu menit secara bersamaan dengan rentang konsentrasi sampel yang luas mulai ppm hingga ppt (Dian Supardan, 2023).

Pada ICP-OES larutan sampel dimasukkan melalui aspirator kemudian diubah menjadi *aerosol* oleh *nebulizer*. Gas argon digunakan beserta arus listrik

bertegangan tinggi untuk membentuk plasma yang memiliki kerapatan elektron yang tinggi dan bertemperatur tinggi, akibatnya elektron pada atom logam akan mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi yang kondisinya tidak stabil. Terdapat dua tipe dasar pengoperasian ICP-OES yaitu secara berurutan dan simultan. Instrumen ICP-OES bekerja secara berurutan berarti mengukur sampel menggunakan panjang gelombang satu per satu, sedangkan instrumen ICP-OES secara simultan mengukur lebih dari satu panjang gelombang pada waktu yang sama (Galay et al., 2021). Prinsip kerja ICP-OES adalah mengatomisasi dan mengionisasi sampel menggunakan plasma argon bersuhu sangat tinggi ($\pm 6.000-10.000$ K). Atom dan ion yang tereksitasi kemudian memancarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu, dan intensitas emisi yang dihasilkan berbanding lurus dengan konsentrasi logam dalam sampel.

F. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep