

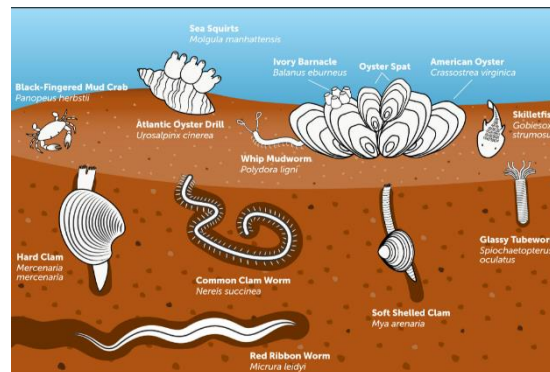
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makrozoobentos

2.1.1 Definisi Makrozoobentos

Makrozoobentos adalah kelompok organisme akuatik yang menetap di dasar perairan dan sering ditemukan pada zona intertidal. Zona Intertidal (pasang surut) merupakan area pesisir yang terletak di antara garis pasang tertinggi dan garis pasang terendah. Zona intertidal dapat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu pantai berkarang, pantai berpasir dan pantai berlumpur yang menjadi habitat dan ekosistem bagi makrozoobentos (Basahona *et al*, 2021). Makrozoobentos memiliki ukuran 0,5 mm pada pertumbuhan muda dan 3 mm sampai 5 mm pada pertumbuhan dewasa. Berdasarkan tempat tinggal makrozoobentos dibagi menjadi dua jenis yaitu, infauna dan epifauna. (Juwita, 2017). Infauna hidup terkubur dalam substrat dasar perairan seperti pasir atau lumpur, dengan contoh seperti cacing polychaeta dan kerang-kerangan yang memiliki adaptasi khusus untuk hidup di dalam sedimen. Epifauna menghuni permukaan substrat, baik keras (batu, karang) maupun lunak, dengan contoh teritip dan kepiting yang melekat atau merayap di permukaan. Perbedaan habitat ini memengaruhi cara mereka memperoleh makanan, menghindari predator, dan merespon perubahan lingkungan.



Gambar 2.1 Contoh Perbedaan Makrozoobentos Infauna dan Epifauna

Makrozoobentos berperan penting dalam siklus rantai makanan serta sering dijadikan bioindikator karena hidup menetap dan rentan terhadap perubahan lingkungan (Pradisti, 2022). Makrozoobentos merupakan indikator biologi pada perairan tercemar, Makrozoobentos yang hidup di dasar perairan dapat mengakumulasi logam berat maupun pencemaran lingkungan lainnya sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator. Rentang hidup makrozoobentos relatif cukup lama karena bisa hidup lebih dari satu tahun (Wulandari, 2021). Makrozoobentos terdiri dari berbagai jenis organisme, seperti cacing, moluska (seperti kerang dan siput), krustasea (seperti udang dan kepiting), dan beberapa jenis insekta (Tjokrokusumo, 2006). Tingkat keanekaragaman makrozoobentos yang ada sangat memengaruhi kemampuan Makrozoobentos sebagai bioindikator. Perubahan kualitas air yang terjadi dapat mempengaruhi komposisi dan kelimpahan makrozoobentos. Keanekaragaman jenis yang ada pada makrozoobentos merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kestabilan suatu komunitas organisme di perairan untuk mencerminkan tingkat kekayaan dan keseimbangan organisme dalam suatu ekosistem (Dilak, 2021).

2.2.2 Konsep Bioindikator dalam Upaya Pertahanan Lingkungan

Bioindikator adalah organisme ataupun sekelompok organisme yang keberadaannya dapat menggambarkan kondisi lingkungan tertentu (Firdhausi, 2019). Bioindikator adalah organisme hidup atau bagian dari organisme yang digunakan untuk melihat kualitas lingkungan atau perubahan lingkungan. Organisme Bioindikator sensitif terhadap perubahan-perubahan tertentu dalam lingkungan mereka, sehingga perubahan-perubahan tersebut dapat diamati dan dianalisis untuk mengevaluasi kondisi lingkungan. Bioindikator dapat memberikan informasi tentang kualitas udara, air, tanah, atau kondisi ekologis secara umum. Penggunaan bioindikator didasarkan pada prinsip bahwa organisme dapat memberikan informasi tentang kondisi lingkungan tempat mereka hidup melalui respons biologis mereka terhadap perubahan lingkungan tersebut. Bioindikator memiliki peran penting dalam menunjukkan respons terhadap polusi, di mana efek polutan tertentu dapat dilihat melalui perubahan dalam pertumbuhan, reproduksi, atau kesehatan organisme tersebut. Spesies organisme tertentu lebih sensitif terhadap polutan daripada spesies lainnya, sehingga bioindikator dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis polutan yang ada di lingkungan. Selain itu, bioindikator digunakan dalam program pemantauan lingkungan untuk mengidentifikasi perubahan jangka panjang dalam kualitas air, udara, atau tanah (Rahardjanto, 2019).

Beberapa organisme memiliki kemampuan untuk mengumpulkan polutan dari lingkungan sekitar, yang memungkinkan untuk memantau perkembangan polutan dalam rantai makanan. Ketersediaan organisme bioindikator dan kemampuan mereka untuk memberikan informasi yang konsisten dan relevan menjadi faktor penting dalam penggunaannya dalam pengawasan lingkungan. Contoh bioindikator yang dapat ditemukan di lingkungan mencakup lumut yang dapat mengindikasikan tingkat polusi udara, invertebrata

air seperti makrozoobentos yang berfungsi sebagai indikator kualitas air, serta tumbuhan tertentu yang menunjukkan keasaman tanah (Rahardjanto, 2019).

2.2 Kualitas Air

2.2.1 Kualitas Air Teluk Jakarta

Terletak di antara garis bujur $106^{\circ} 33'00''$ BT hingga $107^{\circ} 03'00''$ BT dan garis lintang $5^{\circ} 48'30''$ LS hingga $6^{\circ} 10'30''$ LS, Teluk Jakarta termasuk dalam Greater Jakarta Bay Ecosystem (Atmaja, 2011). Teluk Jakarta merupakan kawasan perairan pesisir yang menerima aliran dari berbagai sungai dan muara, yang berperan sebagai penampung utama limbah domestik, industri, dan aktivitas perkotaan di Jakarta. Terdapat 13 sistem aliran sungai utama di wilayah DKI Jakarta yang terdiri dari 23 sungai dan anak sungai, dengan 10 di antaranya bermuara langsung ke Teluk Jakarta. Sungai yang bermuara di Teluk Jakarta tersebut melintas daerah padat penduduk dan Kawasan industri, sehingga sangat berpengaruh terhadap kualitas perairan pesisir Teluk Jakarta (DLH, 2024).

Berdasarkan laporan yang diterbitkan oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, (2024), hasil pemantauan kualitas air Teluk Jakarta menunjukkan bahwa beberapa parameter pencemaran melebihi standar mutu yang ditetapkan. Parameter fisik dan kimia menjadi faktor utama dalam memainkan peran penting untuk menilai kualitas perairan pesisir Teluk Jakarta. Pencemaran yang terjadi pada perairan Teluk Jakarta Sebagian besar disebabkan oleh limbah domestik dan industri yang terbawa oleh aliran sungai yang bermuara di Teluk Jakarta. Hal tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang tidak stabil dan mengalami percepatan pertumbuhan sehingga dapat menyebabkan kenaikan jumlah biomassa dan perubahan warna air laut (Sidabutar *et al.*, 2021). Dampak dari pencemaran perairan Teluk Jakarta menyebabkan

berbagai permasalahan lingkungan, seperti eutrofikasi akibat tingginya kandungan nutrient dari limbah domestik dan industri. Hal tersebut dapat menyebabkan perubahan lingkungan serta perubahan ekosistem air laut. Kurangnya sumber daya bagi biota laut dapat menyebabkan penurunan populasi organisme bawah laut dan ketidakstabilan dalam rantai makanan, serta hilangnya keanekaragaman hayati di ekosistem perairan.

2.2.2 Keterkaitan Kualitas Air pada Pesisir Teluk Jakarta dengan Pertahanan Negara

Teluk Jakarta merupakan area yang penting secara ekologis dan ekonomis di Indonesia karena memiliki fungsi penting sebagai jalur tempat wisata, industri perdagangan ekspor impor, dan memiliki potensi sebagai sumber daya perairan, termasuk ekosistem mangrove, lamun, terumbu karang, biota laut dan layanan lingkungan. Namun dibalik kegunaan sebagai tempat wisata dan ekonomi, kualitas lingkungan pesisir memiliki dampak langsung pada stabilitas pertahanan maritim suatu negara, terutama bagi Indonesia yang merupakan negara kepulauan. Evaluasi kualitas air di pesisir Teluk Jakarta sangat penting karena mencerminkan kondisi keseluruhan ekosistem perairan, status habitat dan lingkungan. Kualitas perairan Teluk Jakarta dapat terdegradasi, karena diindikasikan dengan seringnya terjadi blooming fitoplankton, rendahnya indeks diversitas makrozoobentos, penurunan kualitas air (P-PO₄;N NH₃;TSS; Total fenol, Pb, Hg) di luar ambang batas baku mutu air laut untuk biota ikan serta penurunan lahan (Atmaja, 2011).

Kegiatan industri dan pariwisata di sekitar Teluk Jakarta sering kali menghasilkan limbah cair dan padat yang tidak terkelola dengan baik. Limbah-limbah ini dapat mencakup bahan kimia berbahaya, seperti logam berat dan bahan organik terlarut, yang dapat memengaruhi pertahanan nasional secara keseluruhan.

Ekonomi maritim yang lemah akibat penurunan kualitas air pada pesisir Teluk Jakarta dapat memperlemah daya saing Indonesia di sektor maritim. Penurunan kualitas air akibat peningkatan aktivitas manusia di sekitar Teluk Jakarta seringkali disebabkan oleh pengelolaan yang tidak berkelanjutan dari kegiatan wisata dan ekonomi serta pembangunan infrastruktur untuk mendukung bisnis dan pariwisata. Pengelolaan yang tidak berkelanjutan ini dapat menyebabkan kerugian sumber daya alam, kerusakan habitat di laut dan di darat, dan penurunan kualitas hidup manusia di sekitar Teluk Jakarta (Atmaja, 2011). Hal tersebut dapat menyebabkan masalah ekologis dan masalah strategis yang berpengaruh pada pertahanan dan stabilitas negara.

2.2.3 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air merupakan indikator penting yang digunakan untuk menilai status kondisi dan kesehatan air dalam suatu ekosistem. Penilaian kualitas air dilakukan dengan menganalisis komposisi kuantitatif dan kualitatif dari senyawa kimia, faktor fisik, serta mikroorganisme (faktor biologi) yang terdapat di dalamnya. Secara umum, parameter kualitas air dibagi menjadi tiga kategori, yaitu parameter fisik, kimia, dan biologi. Parameter fisik meliputi karakteristik yang dapat diamati secara langsung, seperti suhu, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan total suspended solid (TSS). Parameter kimia mencakup komposisi senyawa dan unsur kimia yang terkandung di dalam air, baik organik maupun anorganik, meliputi pH, alkalinitas, kesadahan, total dissolved solid (TDS), oksigen terlarut (DO), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), serta kandungan logam berat seperti besi, mangan, timbal, raksa, kromium, dan tembaga. Sementara itu, parameter biologi dievaluasi berdasarkan keberadaan organisme di

dalam perairan, termasuk bakteri, plankton, makrozoobentos, dan virus (Juwita, 2017).

2.2.4 Hubungan antara Keanekaragaman Makrozoobentos dan Status Lingkungan Perairan

Sifat fisik, kimia, dan biologi perairan menentukan kelimpahan dan keanekaragaman komunitas makrozoobentos. Sifat fisik perairan seperti kedalaman, kecepatan arus, warna, kekeruhan atau kecerahan, dan suhu air. Sifat kimia perairan termasuk pH, kandungan zat terlarut, bahan organik, dan kandungan hara. Faktor biologi yang penting adalah komposisi jenis hewan dalam perairan, diantaranya adalah produsen yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi hewan makrozoobentos (Santoso, 2017). Makrozoobentos merupakan organisme yang hidup di perairan, makrozoobentos memiliki sifat yang sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya, yang berdampak pada komposisi dan kelimpahannya. Makrozoobentos dapat dianalisis karena bersifat *ubiquitous* atau sebarannya begitu luas pada perairan, jumlah spesies yang banyak dapat memberikan respon terhadap perubahan lingkungan akibat pencemaran air. Penurunan keanekaragaman dapat menunjukkan tekanan yang signifikan dari pencemaran atau gangguan lainnya, sementara keanekaragaman yang tinggi biasanya mengindikasikan lingkungan yang lebih stabil dan berkelanjutan. Makrozoobentos merupakan salah satu organisme yang memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap lingkungan yang ditempati (Musthofa *et al.*, 2014).

Makrozoobentos dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan daya toleransinya, yaitu kelompok intoleran, toleran dan fakultatif. Organisme intoleran adalah organisme yang hanya dapat berkembang dan bertumbuh dalam lingkungan yang terbatas.

Menurut Wilhm (1975 dalam Pratiwi, 2004), organisme ini jarang ditemukan di perairan yang mengandung banyak bahan organik dan sangat sensitif terhadap penurunan kualitas perairan. Kelompok ini mencakup beberapa spesies *Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Coleoptera*, dan *Plecoptera*.

Berbeda dengan jenis intoleran organisme yang memiliki sifat toleran sering ditemukan di perairan yang tercemar dan biasanya tahan terhadap berbagai tekanan lingkungan. Jenis toleran umumnya tidak sensitif terhadap berbagai tekanan lingkungan dan sering ditemukan di perairan yang tercemar bahan organik. Jenis dari kelompok toleran salah satunya adalah cacing tibificida.

Organisme jenis fakultatif, juga dikenal sebagai organisme intermediat yang memiliki gabungan dari dua sifat yang berbeda, dapat bertahan hidup pada rentang perubahan kondisi lingkungan yang tidak terlalu luas. Mereka dapat bertahan hidup di perairan yang mengandung banyak bahan organik, tetapi mereka tidak dapat menahan tekanan lingkungan dan cukup sensitif terhadap penurunan kualitas perairan. Sebagian jenis dari organisme fakultatif antara lain, Odonata, Gastropoda, Diptera, dan Crustacea termasuk dalam kelompok ini (Pratiwi, 2004)

2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan tabel penelitian terdahulu yang menyajikan ringkasan dari berbagai studi yang telah dilakukan, termasuk metodologi, parameter yang diteliti, serta hasil yang dicapai:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

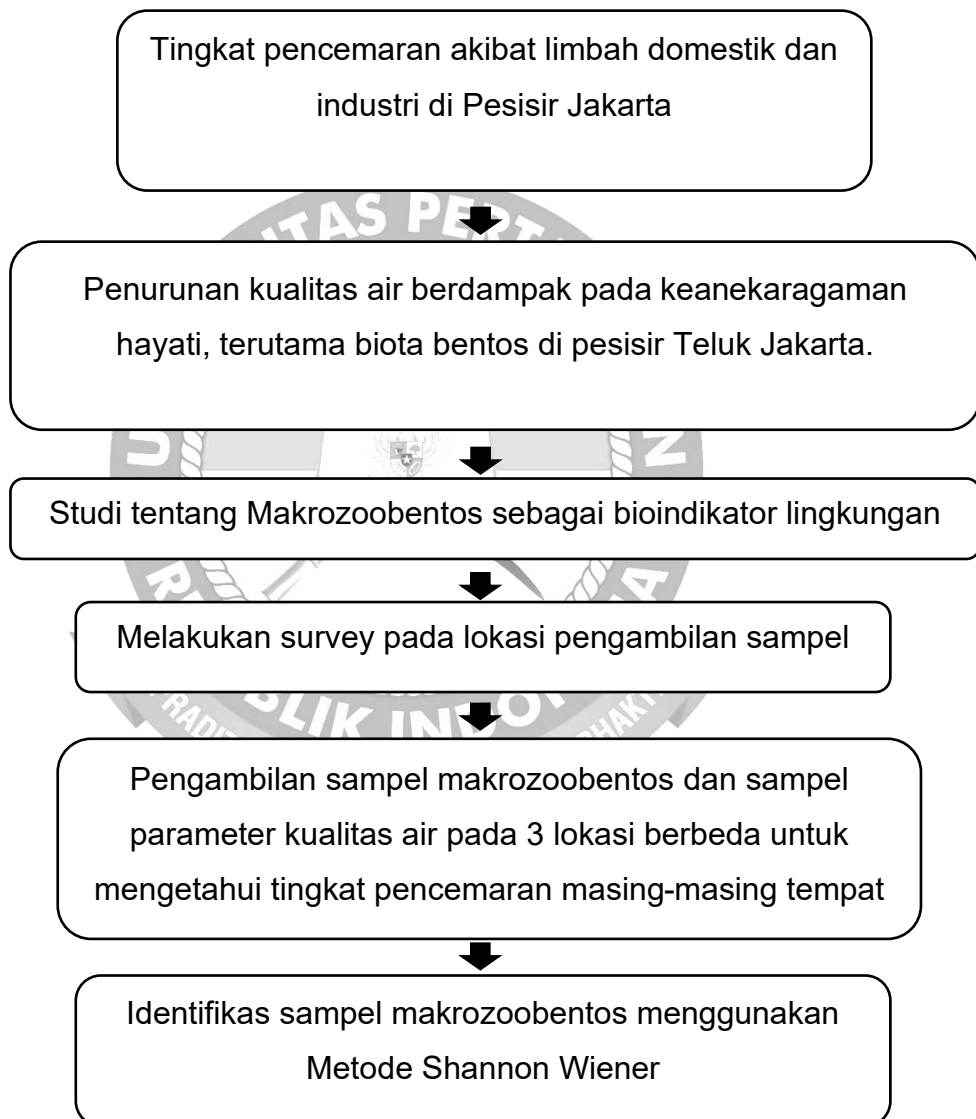
No.	Judul	Penulis	Hasil
1.	Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Upang, Desa Tanah Bawah, Kecamatan Puding Besar, Kabupaten Bangka.	Aulia <i>et al.</i> , (2020)	Mengidentifikasi 6 spesies makrozoobentos (Tubifex sp., Physa sp., Melanoides tuberculata, Gomphidae, Macrobrachium sp.) sebagai bioindikator kualitas air. Kepadatan tertinggi di Stasiun 2 (189 ind/m ²), terendah di Stasiun 1 (56 ind/m ²). Indeks keanekaragaman rendah ($H' = 0,94 - 1,04$) menunjukkan tekanan ekologis. Parameter dominan: suhu, DO, pasir (kepadatan) dan BOT, TSS (keanekaragaman). Simpulan: Perairan tercemar sedang-berat, perlu pemantauan berkala.
2.	<i>Population dynamics of blood clams Tegillarca granosa (Linnaeus, 1758) in Kendari Bay, Southeast Sulawesi, Indonesia.</i>	Bahtiar <i>et al.</i> , (2022)	Populasi kerang darah (Tegillarca granosa) di Teluk Kendari stabil dengan distribusi umur 1-2 tahun, didominasi oleh kelompok dewasa. Mortalitas alami (2.18 yr ⁻¹) lebih tinggi dibandingkan mortalitas penangkapan (0.29 yr ⁻¹), menunjukkan tingkat eksploitasi

No.	Judul	Penulis	Hasil
			yang rendah (0.29), sehingga populasi dapat bertahan dan tumbuh dengan baik.
3.	<i>Heavy metals accumulation and malformation of green mussel (Perna viridis) in Jakarta Bay, Indonesia.</i>	Cordova <i>et al.</i> , (2015)	Teluk Jakarta tercemar berat logam Hg, Cd, dan Pb yang melebihi baku mutu. Logam-logam terakumulasi dalam kerang hijau (<i>Perna viridis</i>), dengan konsentrasi meningkat seiring usia (Hg mencapai 209,8 µg/g pada kerang 5-6 bulan). Sebanyak 12,83% kerang mengalami malformasi cangkang akibat efek toksik logam berat. Kerang berfungsi sebagai biofilter alami namun tidak aman dikonsumsi.
4.	Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Desa Pengujan Kabupaten Bintan.	Fadilla <i>et al.</i> , (2021)	Kualitas perairan Desa Pengujan berdasarkan parameter fisika dan kimia masih dalam ambang batas baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021, kecuali untuk nitrat dan fosfat yang melebihi batas. Kepadatan makrozoobentos tertinggi di stasiun 3 dan terendah di stasiun 5. Indeks keanekaragaman makrozoobentos di semua

No.	Judul	Penulis	Hasil
			stasiun tergolong rendah, sedangkan indeks keseragaman tinggi. Kualitas perairan berdasarkan AMBI termasuk dalam kategori sedikit tercemar.
5.	Heavy metal (Pb, Hg) contained in blue swimming crab (<i>Portunus pelagicus</i> Linnaeus, 1758) in Cengklok Coastal waters, Banten Bay, Indonesia. <i>Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences</i>	Febrianessa <i>et al.</i> , (2020)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb (0,005-0,071 mg/kg) dan Hg (<0,002-0,042 mg/kg) dalam daging kepiting <i>Portunus pelagicus</i> di perairan Teluk Banten masih berada di bawah baku mutu SNI 2009 (Pb: 0,5 mg/kg; Hg: 1 mg/kg). Faktor biokonsentrasi (BCF) yang rendah (<100) mengindikasikan akumulasi logam berat yang tidak signifikan. Berdasarkan perhitungan PTWI, batas konsumsi aman ditetapkan sebesar 2,3 kg daging/minggu untuk orang dewasa dan 0,6 kg/minggu untuk anak-anak.

2.4 Kerangka Berpikir

Berikut merupakan kerangka berpikir yang dibuat untuk mempermudah penelitian:



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir