

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN KONDISI
PERAIRAN PANTAI TAMAN INDAH SRENGSEM KERETA API
(TISKA), KECAMATAN PANJANG, KOTA BANDAR LAMPUNG,
PROVINSI LAMPUNG**

SKRIPSI

Oleh

**DEFINA DIAH MAHARANI
NPM 2114201015**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN KONDISI
PERAIRAN PANTAI TAMAN INDAH SRENGSEM KERETA API
(TISKA), KECAMATAN PANJANG, KOTA BANDAR LAMPUNG,
PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

DEFINA DIAH MAHARANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN KONDISI PERAIRAN PANTAI TAMAN INDAH SRENGSEM KERETA API (TISKA), KECAMATAN PANJANG, KOTA BANDAR LAMPUNG, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

DEFINA DIAH MAHARANI

Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA) merupakan kawasan pesisir yang berada di Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. Wilayah ini memiliki potensi sumber daya hayati yang tinggi, namun juga mengalami tekanan akibat aktivitas antropogenik seperti permukiman, wisata, dan industri di sekitarnya. Aktivitas tersebut berpotensi menurunkan kualitas perairan dan memengaruhi komunitas biota bentik yang hidup di dasar perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas makrozoobentos serta hubungannya dengan parameter kualitas perairan di Pantai TISKA. Penelitian dilakukan pada bulan Mei–Juni 2025 menggunakan metode *purposive sampling*. Parameter fisika-kimia yang diamati meliputi suhu, kecerahan, arus, kedalaman, pH, salinitas, tipe substrat, DO, dan bahan organik total sedimen (BOT). Hasil penelitian menunjukkan terdapat empat kelas makrozoobentos, yaitu gastropoda, bivalvia, malacostraca, dan polychaeta, dengan dominansi tertinggi pada kelas gastropoda. Nilai indeks keanekaragaman (H') berada pada kategori sedang, indeks keseragaman (E) tinggi, dan indeks dominansi (C) rendah, yang menunjukkan komunitas dalam kondisi relatif stabil. Kandungan BOT sedimen berkisar antara 0,38–0,95%, dengan nilai tertinggi di Stasiun 3 yang dipengaruhi aktivitas industri, menunjukkan adanya akumulasi bahan organik serta potensi penurunan kualitas dasar perairan. Berdasarkan kurva *Abundance Biomass Comparison* (ABC), kondisi perairan Pantai TISKA secara umum tergolong tercemar ringan hingga sedang, namun pada Stasiun 3 menunjukkan tercemar berat akibat dominansi organisme oportunistik dan tingginya bahan organik. Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan bahwa DO, BOT, pH, dan kecepatan arus berpengaruh besar terhadap distribusi makrozoobentos di setiap stasiun.

Kata Kunci: Bahan Organik Total (BOT) Sedimen, Bioindikator, Kualitas Air, Makrozoobentos, Pantai TISKA

ABSTRACT

MACROZOOBENTHOS COMMUNITY STRUCTURE AND WATER CONDITIONS OF TAMAN INDAH SRENGSEM RAILWAY BEACH (TISKA), PANJANG DISTRICT, BANDAR LAMPUNG CITY, LAMPUNG PROVINCE

By

DEFINA DIAH MAHARANI

Taman Indah Srengsem Kereta Api Beach (TISKA) is a coastal area located in Panjang District, Bandar Lampung City. This area has high biological resource potential but is also exposed to pressures from anthropogenic activities such as settlements, tourism, and surrounding industries. These activities have the potential to reduce water quality and affect benthic communities living on the seabed. This study aimed to analyze the community structure of macrozoobenthos and its relationship with water quality parameters at TISKA Beach. The research was conducted from May to June 2025 using a purposive sampling method. The observed physicochemical parameters included temperature, water transparency, current velocity, depth, pH, salinity, substrate type, dissolved oxygen (DO), and sediment total organic matter (TOM). The results showed that four classes of macrozoo-benthos were identified, namely Gastropoda, Bivalvia, Malacostraca, and Polychaeta, with Gastropoda as the dominant class. The diversity index (H') was categorized as moderate, the evenness index (E) was high, and the dominance index (C) was low, indicating a relatively stable community condition. Sediment TOM ranged from 0.38–0.95%, with the highest value recorded at Station 3 influenced by industrial activities, indicating organic matter accumulation and potential degradation of benthic environmental quality. Based on the Abundance Biomass Comparison (ABC) curve, the water conditions of TISKA Beach were generally classified as lightly to moderately polluted, while Station 3 indicated heavy pollution due to the dominance of opportunistic organisms and high organic matter input. Principal Component Analysis (PCA) showed that dissolved oxygen, TOM, pH, and current velocity were the main factors influencing the distribution of macrozoobenthos across stations.

Keywords: Bioindicator, Macrozoobenthos, Sediment Total Organic Matter (TOM), TISKA Beach, Water Quality

Judul skripsi : STRUKTUR KOMUNITAS
MAKROZOOBENTOS DAN KONDISI
PERAIRAN PANTAI TAMAN INDAH
SRENGSEM KERETA API (TISKA),
KECAMATAN PANJANG, KOTA BANDAR
LAMPUNG, PROVINSI LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Defina Diah Maharani

Nomor Pokok Mahasiswa : 2114201015

Program Studi : Sumberdaya Akuatik

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Rara Diantari, S.Pi., M.Sc.
NIP. 197908212003122001

Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si.
NIP. 199011222022032010

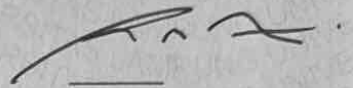
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

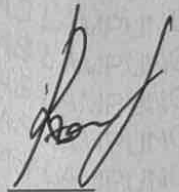
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Rara Diantari, S.Pi., M.Sc.



Sekretaris : Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si.

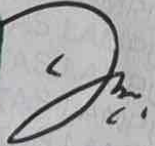


Penguji Bukan Pembimbing : Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Dina Kusyanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi: 20 Januari 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Defina Diah Maharani
NPM : 2114201015
Judul Skripsi : Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Kondisi Perairan Pantai
Taman Indah Srengsem Kereta Api (Tiska), Kecamatan Panjang,
Kota Bandar Lampung, Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis adalah murni hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya peroleh. Skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari tim dosen pembimbing. Karya tulis ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari karya orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap bertanggung jawab.

Bandar Lampung, 09 Maret 2026

Yang Membuat Pernyataan



Defina Diah Maharani

NPM. 2114201015

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Solo, Provinsi Jawa Tengah, pada tanggal 15 Desember 2002 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Bambang Sugiono dan Ibu Hayati. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Kirana, Panjang, Bandar Lampung, Lampung pada tahun 2007 – 2009, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Karang Maritim, Bandar Lampung pada tahun 2009 – 2015, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di MTs Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2015 – 2018, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 6 Bandar Lampung pada tahun 2018 – 2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti perlombaan tingkat Nasional, Program Kreativitas Mahasiswa (PKM– AI) yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi sebagai anggota pada tahun 2023, serta penulis pernah mengikuti lomba tingkat Universitas, Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) sebagai anggota, pada tahun 2023 dan 2024. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung pada bulan Juli 2023. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1, di Desa Negara Tama, Kecamatan Pakuan Ratu, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari – Februari 2024. Penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Taman Nasional Kepulauan Seribu, Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) Wilayah III Pulau Pramuka, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Jakarta selama 30 hari pada bulan Juli – Agustus 2024.

Untuk orang tua tercinta, Ibu Hayati dan Bapak Bambang
Sugiono (Alm), yang tiada henti selalu mendoakan yang terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Struktur Komunitas Makrozoobentos Dan Kondisi Perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (Tiska), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Rara Diantari, S.Pi., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Kedua orang tua, Ibu Hayati, Ayah Bambang Sugiono (alm) kakak, dan teman-teman.
8. Pimpinan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA)

Bandar Lampung, 09 Maret 2026

Defina Diah Maharani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pikir	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Makrozoobentos	7
2.1.1 Gastropoda	9
2.1.2 Krustasea	9
2.1.3 Bivalvia	10
2.1.4 Polychaeta	10
2.2 Peran Makrozoobentos	11
2.3 Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air	12
2.4 Pantai	13
2.5 Indikator Kualitas Air	15
2.5.1 Parameter Fisika	15
2.5.1.1 Suhu	15
2.5.1.2 Kecerahan	16
2.5.1.3 Kedalaman	16
2.5.1.4 Kecepatan Arus	17
2.5.1.5 Tipe Substrat	18
2.5.2 Parameter Kimia	18
2.5.2.1 Derajat Keasaman (pH)	18
2.5.2.2 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	19
2.5.2.3 Salinitas	19
2.5.2.4 Bahan Organik Total (BOT)	20
2.6 Indeks Kelimpahan Spesies	21
2.6.1 Indeks Keanekaragaman Spesies (H')	22
2.6.2 Indeks Keseragaman Spesies (E)	23
2.6.3 Indeks Dominansi (C)	23

III. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.1.1 Waktu Penelitian	24
3.1.2 Tempat Penelitian	24
3.2 Bahan dan Alat	25
3.2.1 Bahan Penelitian	25
3.2.2 Alat Penelitian	25
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel	27
3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos	28
3.4.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air	29
3.4.3.1 Parameter Fisika	29
3.4.3.1.1 Suhu	29
3.4.3.1.2 Kecerahan	29
3.4.3.1.3 Kedalaman	30
3.4.3.1.4 Kecepatan Arus	30
3.4.3.1.5 Identifikasi Tipe Substrat	30
3.4.3.2 Parameter Kimia	31
3.4.3.2.1 Derajat Keasaman (pH)	31
3.4.3.2.2 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	31
3.4.3.2.3 Salinitas	31
3.4.3.2.4 Bahan Organik Total (BOT)	32
3.5 Analisis Data	33
3.5.1 Kelimpahan Spesies	33
3.5.2 Indeks Keanekaragaman Spesies (H')	33
3.5.3 Indeks Keseragaman Spesies (E)	34
3.5.4 Indeks Dominansi (C)	34
3.5.5 Kurva <i>Abundance Biomass Comparisson</i> (ABC)	35
3.5.6 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	38
4.2 Parameter Kualitas Air	40
4.2.1 Suhu	41
4.2.2 Kecerahan	42
4.2.3 Kedalaman	43
4.2.4 Kecepatan Arus	44
4.2.5 Tipe Substrat	45
4.2.6 Derajat Keasaman (pH)	46
4.2.7 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	47
4.2.8 Salinitas	48
4.2.9 Bahan Organik Total (BOT)	49
4.3 Komposisi Jenis Makrozoobentos	51
4.4 Kelimpahan Makrozoobentos	59
4.4.1 Kelimpahan Makrozoobentos Pengamatan 1	59
4.4.2 Kelimpahan Makrozoobentos Pengamatan 2	62
4.4.3 Kelimpahan Makrozoobentos Pengamatan 3	66

4.5 Indeks Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi	70
4.6 <i>Abundance Biomass Comparisson</i> (ABC).....	71
4.7 Hubungan Kelimpahan Makrozoobentos dengan Kualitas Air.....	75
V. SIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Simpulan.....	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria kandungan bahan organik dalam sedimen.....	21
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	25
3. Alat yang digunakan dalam penelitian	25
4. Stasiun lokasi titik koordinat penelitian makrozoobentos	27
5. Kisaran kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos	34
6. Parameter fisika-kimia kualitas air pada tiga stasiun pengamatan, dan kesesuaiannya dengan baku mutu air laut	40
7. Substrat Pantai Tiska	45
8. Komposisi jenis spesies makrozoobentos pada tiga stasiun pengamatan	52
9. Nilai indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi pada setiap stasiun pengamatan.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	6
2. Peta lokasi penelitian.....	25
3. Ilustrasi stasiun pengambilan sampel.....	27
4. Kurva k-dominansi.....	36
5. Kondisi lokasi penelitian.....	39
6. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 1 stasiun 1	60
7. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 1 stasiun 2	60
8. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 1 stasiun 3	60
9. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 2 stasiun 1	63
10. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 2 stasiun 2	63
11. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 2 stasiun 3	63
12. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 3 stasiun 1	66
13. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 3 stasiun 2	66
14. Presentase kelimpahan makrozoobentos pengamatan 3 stasiun 3	66
15. Spesies (a) <i>Clypeomorus bifasciata</i> (b) <i>Nassarius reticulatus</i>	67
16. Kurva ABC stasiun 1 di Pantai Tiska.....	72
17. Kurva ABC stasiun 2 di Pantai Tiska.....	73
18. Kurva ABC stasiun 3 di Pantai Tiska.....	74
19. Hubungan makrozoobentos dengan kualitas air	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Klasifikasi dan habitat makrozoobentos	98
2. Dokumentasi penelitian.....	103
3. Hasil pengukuran kurva ABC	105
4. Surat izin penelitian	108
5. Hasil pengukuran bahan organik total (BOT) sedimen.....	109

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kawasan pesisir merupakan wilayah transisi antara daratan dan lautan yang memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem laut dan darat. Wilayah ini terletak sepanjang garis pantai, di mana interaksi antara faktor fisika, kimia, dan biologi terjadi secara dinamis, memengaruhi baik sumber daya alam hayati maupun non-hayati yang ada. Kawasan pesisir kaya akan potensi sumber daya alam, serta menawarkan berbagai jasa lingkungan yang mendukung kehidupan, termasuk dalam sektor ekonomi dan kelautan (Suhendra et al., 2019). Kawasan pesisir juga berfungsi sebagai penyangga alam yang melindungi daratan dari ancaman bencana alam seperti tsunami, gelombang tinggi, dan abrasi pantai, sehingga memiliki peran krusial dalam menjaga keberlanjutan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung padanya. Pengelolaan kawasan pesisir yang bijaksana juga sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan mencegah krisis lingkungan (Sofiyani et al., 2021).

Kawasan pesisir yang memiliki potensi wisata alam yang tinggi salah satunya adalah perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), yang terletak di Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. Pantai ini dikenal dengan keindahan alamnya yang alami, seperti pasir putih, air jernih, serta pemandangan sunset yang memukau. Keindahan alam tersebut menjadikan Pantai Tiska sebagai salah satu tujuan wisata alternatif yang menawarkan ketenangan dibandingkan pantai-pantai lain di wilayah tersebut. Pantai Tiska juga berada di wilayah yang strategis, dikelilingi oleh jalur mobilitas pelabuhan, kawasan dekat permukiman, industri, serta area wisata (Effendi, 2012).

Tingginya aktivitas manusia di sekitar kawasan ini, seperti dekat permukiman, industri, maupun pariwisata, berpotensi besar memengaruhi kualitas

perairan dan ekosistem yang ada di dalamnya, termasuk dapat menyebabkan pencemaran yang berdampak buruk bagi ekosistem laut (Farhan et al., 2023). Aktivitas tersebut seperti pembuangan limbah rumah tangga, industri, dan sampah pariwisata yang tidak dikelola dengan baik akan menjadi ancaman terhadap kualitas perairan. Limbah rumah tangga dapat mengubah kondisi fisika dan kimia perairan, merusak habitat alami, dan menurunkan kadar oksigen terlarut (Meisaroh et al., 2019). Limbah industri dan sampah pariwisata juga berkontribusi pada penurunan kualitas perairan, memengaruhi ekosistem laut, dan mengganggu biota laut seperti makrozoobentos yang sensitif terhadap perubahan kualitas air (Paulus et al., 2020).

Salah satu cara untuk menilai dampak pencemaran terhadap ekosistem perairan adalah dengan menggunakan makrozoobentos sebagai bioindikator. Makrozoobentos adalah organisme akuatik yang hidup menetap di dasar perairan, dan keberagaman serta kelimpahannya dapat mencerminkan kualitas air suatu perairan. Perairan yang sehat dan tidak tercemar biasanya memiliki keanekaragaman makrozoobentos yang tinggi, sementara perairan yang tercemar akan menunjukkan keanekaragaman yang rendah (Fadillah et al., 2021). Makrozoobentos juga memiliki fungsi ekologis penting, seperti menjadi sumber makanan bagi ikan dan organisme akuatik lainnya, serta membantu meningkatkan kualitas substrat melalui aktivitas biologis. Makrozoobentos bersifat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Pencemaran dari limbah organik dan anorganik memengaruhi keberadaannya. Keberadaan makrozoobentos menunjukkan perubahan parameter lingkungan. Tingkat kontaminasi bahan kimia berbahaya dan kondisi fisika-kimia perairan dapat teridentifikasi melalui makrozoobentos (Bima et al., 2022).

Makrozoobentos sebagai bioindikator dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih lanjut mengenai dampak aktivitas manusia terhadap kualitas air dan keanekaragaman biota dasar perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak limbah dari aktivitas dekat permukiman, pariwisata, dan industri terhadap keanekaragaman makrozoobentos, serta kontribusinya dalam pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Penelitian ini relevan dalam mendukung pengelolaan kawasan pesisir yang ramah lingkungan dan

berkontribusi pada pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, khususnya dalam pengelolaan air bersih (SDGs 6) dan kehidupan bawah laut (SDGs 14).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.
2. Menganalisis tingkat pencemaran berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung menggunakan metode Kurva *Abundance Biomass Comparisson* (ABC).
3. Menganalisis hubungan antara parameter kualitas air dengan makrozoobentos di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA).

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.
2. Meminimalisir perubahan kualitas lingkungan, seperti pencemaran atau perubahan parameter fisik-kimia yang memengaruhi komunitas makrozoobentos di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat dan pemangku kepentingan tentang pentingnya menjaga kualitas air dan lingkungan pesisir, serta menjadi referensi masyarakat dalam menjaga keberlanjutan ekosistem di perairan Pantai Taman

Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

1.4 Kerangka Pikir

Makrozoobentos adalah organisme yang hidup di dasar perairan, termasuk cacing, moluska, krustasea, dan lainnya. Organisme ini sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air, sehingga berfungsi sebagai indikator kesehatan ekosistem perairan. Konsep yang mendasari penggunaan makrozoobentos sebagai bioindikator berfokus pada fakta bahwa organisme bentik ini merespons perubahan lingkungan, terutama pencemaran, dengan perubahan dalam struktur komunitasnya. Perubahan tersebut mencakup keragaman spesies, kepadatan, dan distribusi individu dalam ekosistem (Ali & Rosyadi, 2020). Kualitas air dapat diukur menggunakan parameter fisika-kimia seperti konsentrasi oksigen terlarut, pH, suhu, dan kandungan bahan pencemar seperti nitrat, fosfor, dan logam berat. Makrozoobentos sebagai bioindikator dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai dampak pencemaran terhadap ekosistem perairan (Setiawan et al., 2020).

Perubahan struktur komunitas makrozoobentos, seperti berkurangnya spesies sensitif dan meningkatnya spesies toleran polutan, mencerminkan kualitas air dan status ekologis perairan. Makrozoobentos mencerminkan penurunan kualitas air akibat pencemaran organik, yang terlihat dari dominansi spesies yang lebih tahan terhadap polutan (Sofiyani et al., 2021). Penelitian oleh Nugraha (2021) menunjukkan bahwa, perubahan kelimpahan dan komposisi spesies makrozoobentos dapat mengindikasikan pencemaran dan kelestarian ekosistem. Iqbal et al. (2020) juga mengungkapkan bahwa pemantauan struktur komunitas makrozoobentos memberi gambaran lebih mendalam tentang dampak pencemaran dan membantu pemeliharaan kualitas perairan.

Perairan Pantai Tiska di Lampung merupakan kawasan wisata, terpengaruh oleh aktivitas manusia seperti permukiman, wisata pantai, dan industri, yang menyebabkan pencemaran melalui limbah domestik, sampah plastik, dan bahan kimia. Pengelolaan sampah yang buruk dapat merusak kualitas air dan memenga-

ruhi makrozoobentos. Penelitian Sunarti et al. (2020) menunjukkan bahwa sampah di laut mengancam kelestarian ekosistem, termasuk biota laut. Erosi dan sedimentasi akibat pembangunan pesisir turut mengganggu keseimbangan ekosistem.

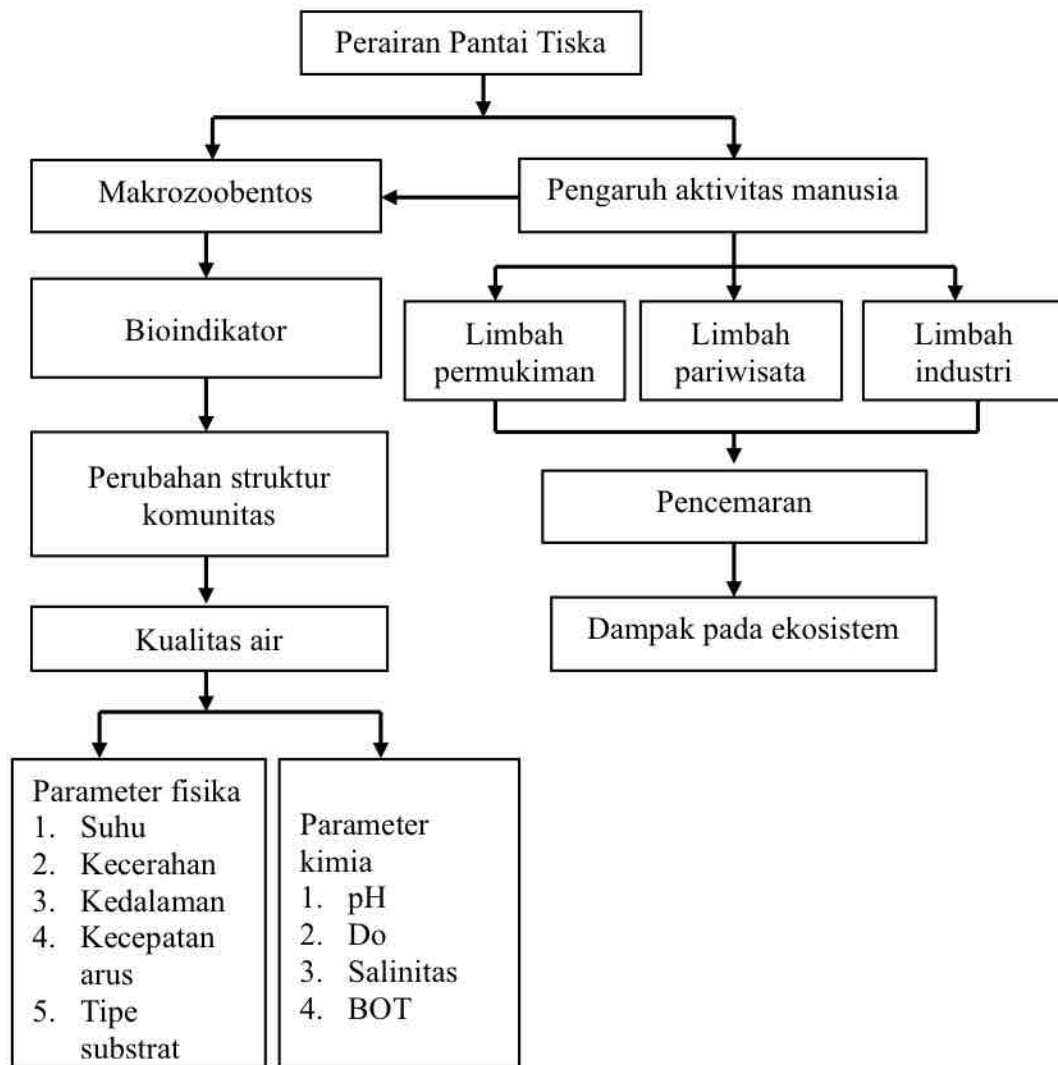
Industri di sekitar pantai memberikan kontribusi terhadap pencemaran melalui pembuangan limbah cair dan zat kimia berbahaya. Komponen pencemar tersebut berdampak langsung pada komunitas makrozoobentos yang hidup di dasar perairan. Makrozoobentos termasuk organisme bentik yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Penurunan kualitas air memengaruhi struktur komunitas makrozoobentos secara signifikan. Bioindikator biologis ini mampu melihat tingkat pencemaran organik melalui perubahan komposisi dan kelimpahan spesies. Pergeseran tersebut mencerminkan dampak pencemaran akibat aktivitas manusia. Pemantauan terhadap makrozoobentos penting dalam penilaian kualitas perairan dan perencanaan upaya pemulihan ekosistem pesisir.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan makrozoobentos sebagai indikator kualitas air di berbagai kawasan pesisir. Penelitian oleh Hidayat et al. (2018) di Pesisir Jawa Barat menunjukkan bahwa pencemaran organik dapat menyebabkan perubahan struktur komunitas makrozoobentos, ditandai dengan penurunan spesies sensitif dan peningkatan spesies toleran. Penelitian oleh Setiawan et al. (2020) di pantai wisata Yogyakarta menemukan bahwa aktivitas wisata dan industri, meningkatkan konsentrasi polutan yang memengaruhi keanekaragaman makrozoobentos. Penelitian oleh Purnama et al. (2022) di pesisir Lampung menunjukkan bahwa limbah permukiman dan industri berdampak pada kualitas perairan dan ekosistem bentik. Namun, belum ada kajian mengenai struktur komunitas makrozoobentos di Pantai TISKA, Bandar Lampung, sebagai bioindikator kualitas air. Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas makrozoobentos dan kualitas air fisika-kimia, serta hubungannya dengan kualitas air di kawasan wisata yang dipengaruhi aktivitas manusia.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan komprehensif yang menggabungkan analisis struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator, dengan faktor lingkungan dan antropogenik yang memengaruhi kualitas air di Pantai TISKA. Penelitian ini akan menggunakan teknik pengukuran yang lebih tepat dalam menilai hubungan antara perubahan komunitas makrozoobentos dan parameter kualitas

air. Melalui analisis makrozoobentos, kita dapat memperoleh informasi mengenai perubahan kualitas air di Pantai TISKA.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi perairan Pantai TISKA dan memperkaya pemahaman peran makrozoobentos sebagai bioindikator sensitif terhadap pencemaran. Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik untuk mengkaji struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di perairan Pantai TISKA, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makrozoobentos

Makrozoobentos dapat ditemukan di dua lokasi utama dalam ekosistem perairan, yaitu pada permukaan substrat (epifauna) dan di dalam sedimen dasar perairan (infauna). Makrozoobentos memiliki peranan yang sangat penting dalam rantai makanan ekosistem perairan. Sebagai organisme yang hidup di dasar perairan, makrozoobentos sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan dan mudah terpengaruh oleh bahan pencemar, baik yang bersifat fisik, kimia, maupun biologis, seperti lumpur, pasir, dan arus air yang kuat (Wahyuningsih & Umam, 2022). Makrozoobentos juga memiliki peran utama dalam ekosistem perairan, seperti menjadi bioindikator lingkungan, melakukan bioturbasi sedimen yakni, proses perubahan struktur fisik sedimen akibat perpindahan atau pencampuran massa tanah dengan organisme ini, dan berfungsi sebagai pemakan bahan organik (Siahaan et al., 2021). Secara umum, makrozoobentos hidup di zona intertidal, terutama di dalam sedimen dasar perairan atau bahkan pada substrat dasar perairan itu sendiri. Ukuran biota makrozoobentos umumnya berkisar antara >1 mm hingga 3-5 mm (Bai'un et al., 2021).

Makrozoobentos adalah hewan invertebrata yang dapat dilihat dengan mata telanjang dan hidup di sekitar bebatuan, sedimen atau substrat lain di dasar perairan. Makrozoobentos ukurannya cukup besar untuk tertahan pada ayakan dengan ukuran 0,5 mm. Makrozoobentos merupakan bentos yang berukuran lebih dari 1 mm yang biasanya berupa siput, kepiting, tiram air tawar, kerang, dan termasuk larva serangga. Makrozoobentos merupakan organisme perairan yang keberadaannya dapat dijadikan sebagai bioindikator perubahan kualitas biologi perairan (Wulandari et al., 2021). Makrozoobentos berperan dalam bio monitoring suatu perairan, karena hidupnya yang cenderung menetap pada sedimen dasar perairan,

baik substrat lunak maupun substrat keras. Perairan yang tercemar akan mempengaruhi kehidupan makrozoobentos, karena organisme ini merupakan salah satu biota yang mudah terpengaruh dengan adanya bahan pencemar (Widhiandari et al., 2021).

Makrozoobentos memiliki ukuran 3-5 milimeter pada usia dewasa dan dapat tersaring dengan menggunakan mata saring $1,0 \times 1,0$ mm atau $2,0 \times 2,0$ mm. Makrozoobentos pada umumnya bersifat epifauna dan infauna. Makrozoobentos berfungsi sebagai sumber makanan bagi organisme lain, makrozoobentos juga berfungsi membantu mempercepat proses dekomposisi materi organik. Hewan bentos, terutama herbivora dan detritor, dapat menghancurkan makrofit akuatik dan serasah yang masuk ke perairan. Hal ini mempermudah mikroba mengurai makrofit menjadi nutrisi bagi produsen dalam rantai makanan. Berbagai jenis makrozoobentos dapat berperan sebagai konsumen primer, konsumen sekunder, ataupun konsumen yang menempati tempat yang lebih tinggi (Alwi et al., 2020). Ukuran yang digunakan sebagai dasar dalam klasifikasi adalah sebagai berikut:

1. Mikrofauna: hewan-hewan yang mempunyai ukuran $<0,1$ mm. Seluruh Protozoa termasuk dalam golongan ini.
2. Meiofauna: hewan-hewan yang mempunyai ukuran antara 0,1-1,00 mm. Protozoa yang berukuran besar, *cnidaria*, cacing-cacing yang berukuran kecil dan beberapa krustasea yang berukuran sangat kecil termasuk dalam golongan ini.
3. Makrofauna: hewan-hewan yang mempunyai ukuran $>1,0$ mm. contohnya termasuk *Echinodermata*, *Crustacea*, *Annelida*, *Molusca* dan anggota filum lainnya.

Berdasarkan kebiasaan hidupnya, fauna bentos dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu:

1. In-fauna yaitu bentos yang hidupnya di dalam sedimen atau menggali lubang di dasar perairan, misalnya: *Crustacea* dan larva serangga.
2. Epi-fauna yaitu bentos yang hidupnya dipermukaan dasar perairan atau menempel pada daun-daun lamun, misalnya: *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Polichaeta* (Siagian et al., 2023).

2.1.1 Gastropoda

Gastropoda adalah kelompok hewan dalam filum *Mollusca* yang dapat ditemukan di berbagai habitat, seperti daratan, sungai, laut, dan daerah aliran sungai (muara) antara darat dan laut, serta dapat menempel pada batang pohon, akar mangrove, dan permukaan tanah (Armansyah et al., 2022). Gastropoda dapat hidup di substrat keras maupun lunak, berkat kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap lingkungannya, seperti pasir, lumpur, tanah tergenang air, batu, akar, dan batang pohon. Gastropoda menempati sekitar tiga perempat dari keseluruhan spesies *Mollusca*, menjadikannya kelas dengan spesies terbanyak. Ciri utama gastropoda adalah memiliki cangkang sebagai pelindung tubuh dan bergerak menggunakan bagian perut yang terletak di bagian ventral tubuh, sebagian besar terdiri atas jaringan otot. Pada fase larva, gastropoda memiliki bentuk tubuh simetri bilateral, sementara pada dewasa bentuk tubuhnya menyesuaikan dengan bentuk cangkang. Selain berperan penting dalam rantai makanan dan sebagai bioindikator ekosistem perairan pantai, gastropoda juga memiliki nilai ekonomi, baik sebagai bahan pangan bernutrisi maupun bahan kerajinan dari cangkangnya yang memiliki nilai jual lebih tinggi (Ardyati et al., 2022).

2.1.2 Krustasea

Krustasea, seperti udang dan kepiting, banyak ditemukan di ekosistem mangrove, terutama di daerah pasang surut, dan termasuk pemakan serasah serta daun mangrove segar. Secara ekologis, krustasea berperan penting sebagai sumber makanan bagi ikan dan predator lainnya, sehingga krustasea juga sering menjadi predator bagi makhluk kecil. Larva krustasea, yang merupakan bagian utama zooplankton, memiliki peran krusial dalam rantai makanan biota laut (Rahyudin et al., 2020). Hewan ini tersebar luas di perairan tawar, payau, laut, dengan tubuh yang terdiri dari tiga bagian utama: kepala (*cephalo*), dada (*thora*), dan perut (*abdomen*), yang kepala dan dadanya menyatu membentuk *cephalothorax*. Spesies krustasea hidup di berbagai habitat, seperti perairan tawar (sungai, rawa, dan

danau), mangrove, lamun, estuari, terumbu karang, dan perairan laut dalam (Lawa et al., 2024).

2.1.3 Bivalvia

Bivalvia merupakan kelas dalam Filum Moluska, dikenal dengan dua cangkang setangkup dan sering disebut kerang-kerangan. Hewan ini termasuk invertebrata yang hidup menetap di substrat dasar perairan (biota bentik), menjadikannya sebagai bioindikator yang baik untuk menilai kualitas perairan. Berbagai spesies bivalvia dapat ditemukan di daerah pesisir dengan populasi yang cukup banyak, tersebar di berbagai substrat habitatnya, yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cuaca, suhu air, pH air, faktor kimia, dan pencemaran. Selain itu, aktivitas masyarakat juga memengaruhi populasi bivalvia di wilayah pesisir (Priani et al., 2020). Secara ekonomi, bivalvia memiliki nilai tinggi sebagai bahan pangan bergizi bagi masyarakat pesisir dan sumber ekonomi, dengan cangkangnya yang dapat dijadikan hiasan mahal. Bivalvia, yang termasuk dalam lima anggota Filum Moluska yang bernilai ekonomis, terdiri dari berbagai spesies seperti *clams*, *mussels*, *oysters*, dan *scallops* (Alwi et al., 2020).

2.1.4 Polychaeta

Polychaeta merupakan kelompok cacing annelida yang melimpah di dalam sedimen, tersebar luas di seluruh wilayah samudra dunia dan sering menjadi takson yang paling melimpah dalam sampel benthik, baik dari segi jumlah spesies maupun individu. Polychaeta sebagai komponen utama dalam komunitas bentik, memainkan peran penting dalam ekosistem dasar perairan, sehingga perubahan dalam struktur komunitas bentik sering tercermin melalui perubahan pada komunitas polichaeta. Polychaeta mempunyai peran yang krusial, kelompok ini telah lama digunakan sebagai indikator kesehatan ekosistem bentik secara umum, terutama untuk mendeteksi respons terhadap pencemaran laut atau sebagai indikator biologis pencemaran. Polychaeta pemakan deposit, yang merupakan makrofauna dominan, hidup di lingkungan yang menjadi pusat pengendapan bahan organik

dan kontaminan, menjadikannya sangat sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan. Keberadaan dan keseimbangan komunitas polychaeta sangat berguna untuk memantau kondisi kesehatan ekosistem laut dan pengaruh pencemaran terhadapnya (Lumingas et al., 2022).

2.2 Peran Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan salah satu kelompok terpenting dalam ekosistem perairan dengan perannya sebagai organisme kunci dalam jaring-jaring makanan. Hewan makrozoobentos mempunyai peran penting dalam pembentukan habitat sedimen, yang dapat menstimulasi dan meningkatkan proses mineralisasi materi organik serta meningkatkan pertukaran partikel dalam lapisan batas antara air dan sedimen. Tingkat keanekaragaman makrozoobentos di lingkungan pesisir dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan karena hewan ini hidup menetap (sesile) dan daya adaptasinya bervariasi terhadap kondisi lingkungan. Penggunaan organisme sebagai indikator kualitas lingkungan dianggap sebagai hal yang penting. Hal ini dikarenakan adanya tekanan ekologis yang berlebihan pada suatu kawasan dapat mengurangi kelimpahan organisme ini sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem (Rahmadhani & Martuti, 2023).

Makrozoobentos juga berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik pada sedimen di ekosistem mangrove. Peranan makrozoobentos di ekosistem mangrove akan lebih signifikan, karena tidak banyak makrozoobentos yang dapat hidup pada zona peralihan dari darat ke laut atau pun air tawar ke air laut. Makrozoobentos yang mampu bertahan di daerah seperti ini hanya beberapa jenis, dan berperan dalam mendukung kelangsungan hidup ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove dimanfaatkan organisme makrozoobentos sebagai habitat utama. Ekosistem mangrove berfungsi sebagai daerah tempat mencari makanan, untuk berkembangbiak, dan tempat memijah untuk berbagai organisme laut tumbuh seperti makrozoobentos (Ariawan et al., 2021).

Makrozoobentos merupakan kelompok organisme yang berperan sebagai konsumen utama di perairan, sekaligus sebagai sumber energi bagi trofik di atasnya. Kelimpahan makrozoobentos di dalam ekosistem perairan tergantung pada

ketersediaan nutrisi dasar organisme yaitu sumber karbon yang berasal dari vegetasi riparian yang ada di sekitar perairan. Makrozoobentos memiliki fungsi penting dalam rantai makanan yaitu sebagai detritus. Sumber pokok detritus berasal dari dedaunan yang mengalami pelapukan di dasar perairan danau yang selanjutnya dimanfaatkan oleh Moluska sebagai dekompositor awal (Oktafitria et al., 2024). Makrozoobentos juga berperan untuk ekosistem perairan seperti dapat menyeimbangkan kehidupan ekosistem perairan karena organisme makrozoobentos ini menduduki beberapa tingkatan trofik rantai makanan, mendaur ulang bahan organik yang memasuki perairan dan dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas suatu perairan (Siagian et al., 2023).

2.3 Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air

Makrozoobentos sering dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan karena kemampuannya untuk hidup menetap dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan sekitar. Makrozoobentos sebagai organisme yang menetap, memiliki kepekaan tinggi terhadap perubahan kualitas air dan dapat menunjukkan tingkat pencemaran suatu perairan. Makrozoobentos memainkan peran vital dalam ekosistem perairan, terutama dalam proses mineralisasi sedimen dan siklus material organik yang dapat mengatur keseimbangan nutrisi di perairan. Makrozoobentos juga turut berkontribusi dalam transfer energi melalui rantai makanan, di mana makrozoobentos dapat menjadi sumber energi bagi predator yang lebih tinggi. Keberadaan dan kelimpahan makrozoobentos sangat penting dalam menjaga kestabilan ekosistem perairan, sehingga gangguan terhadap komunitas makrozoobentos dapat memengaruhi keseluruhan keseimbangan ekosistem (Sarah et al., 2023).

Pentingnya peran makrozoobentos dalam menjaga keseimbangan ekosistem, kelimpahan dan keanekaragaman komunitas makrozoobentos sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Hal ini mencakup sifat fisika, kimia, dan biologi perairan yang menentukan keberadaan dan kelimpahannya. Kelimpahan dan keanekaragaman komunitas makrozoobentos juga ditentukan oleh sifat fisika, kimia, dan biologi perairan. Sifat fisik perairan seperti, kedalaman, kecepatan arus, warna, kekeruhan atau kecerahan, dan suhu air. Sifat kimia perairan antara

lain, kandungan oksigen terlarut, bahan organik, pH, kandungan hara, dan faktor biologi yang berpengaruh adalah komposisi jenis hewan dalam perairan diantaranya adalah produsen yang merupakan sumber makanan bagi hewan makrozoobentos dan hewan predator yang akan memengaruhi kelimpahan makrozoobentos (Siwi et al., 2023). Perubahan kualitas perairan akan diikuti oleh faktor lingkungan termasuk faktor fisik dan kimiawinya. Makrozoobentos dapat digunakan sebagai bioindikator untuk pemantauan polusi di perairan dengan melihat struktur dan komposisinya di suatu perairan. Struktur makrozoobenthos dapat menggambarkan kondisi sebuah perairan (Akbar et al., 2022).

Pemahaman tersebut, penting untuk menekankan bahwa makrozoobentos tidak hanya menjadi indikator terhadap perubahan kualitas perairan, tetapi juga memberikan gambaran lebih mendalam tentang tingkat stres ekologis yang dapat terjadi akibat kontaminasi dan perubahan lingkungan. Makrozoobentos dapat berfungsi sebagai bioindikator kualitas perairan karena beberapa spesiesnya sensitif terhadap perubahan lingkungan, sementara yang lainnya lebih toleran. Kehadiran atau ketidakhadiran makrozoobentos dapat memengaruhi keanekaragaman dan kelimpahannya, yang mencerminkan kualitas air. Makrozoobentos berperan dalam keseimbangan lingkungan dan nutrisi, namun juga sangat dipengaruhi oleh perubahan kualitas air. Habitat makrozoobentos yang menetap dan pergerakannya yang lambat membuat mereka lebih terpapar dampak perubahan kualitas air. Komunitas makrozoobentos mampu mendeteksi kontaminasi jangka panjang akibat terpapar zat kimia di sedimen, rendahnya oksigen terlarut, dan perubahan keanekaragaman taksonomi, yang membantu mengidentifikasi tingkat stres perairan (Akbar, 2021).

2.4 Pantai

Pantai merupakan wilayah yang memiliki peran penting sebagai penghubung antara daratan dan laut, serta sering dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan manusia seperti pembangunan infrastruktur, pemanfaatan lahan, dan pariwisata. Peningkatan kebutuhan lahan untuk keperluan ini seringkali menimbulkan dampak negatif pada ekosistem pantai, seperti terjadinya abrasi, erosi, dan sedimen-

tasi. Faktor alam seperti gelombang, pasang surut, dan arus laut turut dapat memengaruhi kondisi pesisir yang dapat memperburuk dampak aktivitas manusia. Wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara daratan dan laut yang dipengaruhi oleh berbagai proses fisik dan biologis. Proses sedimentasi dan arus air tawar dari daratan memengaruhi kondisi fisik pesisir, sementara faktor seperti pasang surut, salinitas, dan angin laut berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Pengelolaan kawasan pesisir yang efektif perlu memperhatikan faktor-faktor ini untuk menjaga ekosistem yang seimbang dan merencanakan pembangunan yang berkelanjutan (Akbar & Pratiwi, 2023).

Ekosistem pesisir, yang meliputi mangrove dan lamun, memiliki peran penting dalam mendukung keanekaragaman hayati serta menjaga kualitas lingkungan pesisir. Mangrove yang tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai berfungsi sebagai tempat pemijahan, pengasuhan, dan tempat mencari makan bagi biota laut seperti ikan, udang, dan makrozoobentos (Bayudana et al., 2022). Ekosistem lamun yang berperan sebagai habitat penting bagi berbagai organisme laut, seperti tempat pemijahan, perlindungan, dan pencarian makan. Makrozoobentos ditemukan pada kawasan padang lamun hidup menetap di dasar perairan, dengan cara menempel, merayap, atau terbenam di substrat dasar perairan (Cholid et al., 2023). Kualitas air di kawasan pesisir sangat memengaruhi kelangsungan hidup makrozoobentos dan organisme lainnya. Parameter fisika-kimia air, seperti suhu, salinitas, pH, dan kadar oksigen, sangat memengaruhi metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan organisme perairan. Penurunan kualitas air baik akibat pencemaran atau perubahan alam, akan berimbas pada kelimpahan dan keberagaman spesies makrozoobentos yang berfungsi sebagai indikator kualitas air, oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara berkala sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem pesisir (Yusal & Hasyim, 2022).

Pantai Tiska di Bandar Lampung, sebagai salah satu wilayah pesisir yang kaya akan keanekaragaman hayati, memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, termasuk sebagai habitat bagi komunitas makrozoobentos. Makrozoobentos, yang hidup menetap pada dasar perairan dan sering ditemukan di kawasan padang lamun dan mangrove di pantai ini, memainkan peran krusial sebagai bioindikator kualitas air. Komunitas ini sangat dipengaruhi oleh

perubahan fisika-kimia air, seperti salinitas, suhu, pH, dan kadar oksigen. Keberadaan dan kelimpahan makrozoobentos di Pantai Tiska dapat mencerminkan kondisi kualitas air secara langsung. Penurunan kualitas air akibat pencemaran atau perubahan alam dapat menyebabkan berkurangnya keberagaman dan kelimpahan spesies makrozoobentos, yang pada gilirannya memberikan indikasi tentang dampak negatif terhadap ekosistem pesisir. Pemantauan secara berkala terhadap komunitas makrozoobentos di Pantai Tiska dapat membantu dalam mengevaluasi kesehatan ekosistem pesisir dan mendukung upaya konservasi serta pengelolaan kawasan pesisir yang berkelanjutan (Nugraha et al., 2022).

2.5 Indikator Kualitas Air

Indikator kualitas air merujuk pada parameter atau variabel yang digunakan untuk mengukur dan menilai kondisi air di suatu perairan. Indikator ini penting untuk menggambarkan sejauh mana air dapat mendukung kehidupan organisme di dalamnya dan seberapa aman air tersebut untuk berbagai tujuan, seperti konsumsi manusia, pertanian, industri, atau ekosistem alami (Yusal & Hasyim, 2022). Secara umum, indikator kualitas air dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yakni indikator fisik dan kimia serta indikator biologis. Indikator fisik dan kimia mencakup beberapa parameter penting, seperti suhu, kecerahan, kedalaman, pH, salinitas, *dissolved oxygen* (DO), dan bahan organik total (BOT).

2.5.1 Parameter Fisika

Parameter fisika yang digunakan yaitu meliputi suhu, kecerahan, kedalaman, kecepatan arus, dan tipe substrat sebagai berikut:

2.5.1.1 Suhu

Suhu permukaan laut merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas perairan karena dapat memengaruhi metabolisme dan perkembangbiakan organisme laut. Pola suhu air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti in-

tensitas cahaya matahari, pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan suhu suatu ekosistem (Indra et al., 2021). Suhu yang optimum bagi kehidupan makrozoobentos adalah 25°C– 30°C. Suhu yang berkisar antara 25°C– 32°C memiliki nilai keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lebih rendah dari 25°C. Hal ini karena suhu perairan yang tidak optimal dapat menghambat perkembangan organisme perairan (Ali & Rosyadi., 2020).

2.5.1.2 Kecerahan

Kecerahan air merupakan faktor krusial dalam menilai kesehatan ekosistem perairan dan kualitas air bagi organisme. Kecerahan air memengaruhi fotosintesis dan keanekaragaman plankton, dengan kecerahan yang lebih tinggi umumnya dikaitkan dengan keanekaragaman hayati yang lebih besar (Amin & Purnomo, 2021). Kecerahan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual menggunakan *secchi disk*. Mengetahui kecerahan suatu perairan kita dapat dengan mengetahui sampai dimana masih ada kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air, lapisan mana yang tidak keruh, dan yang paling keruh. Apabila cahaya tidak dapat menembus air, maka tingkat kecerahan di perairan tersebut rendah dan dapat dikatakan perairan mengalami kekeruhan. Kekeruhan merupakan salah satu ciri yang menggambarkan banyaknya bahan-bahan koloid yang tersuspensi dalam air, maupun bahan organik yang dihasilkan mikroorganisme air (Patty et al., 2020).

2.5.1.3 Kedalaman

Kedalaman perairan merupakan parameter yang sangat penting dalam ekosistem akuatik, karena memengaruhi sifat fisik dan kimia air serta kehidupan organisme. Kedalaman memengaruhi berbagai faktor, seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, dan turbiditas perairan, meskipun pengaruhnya mungkin tidak signifikan (Sirajudin & Putri, 2022). Selain itu, kedalaman perairan juga berdampak pada kelimpahan jenis makrozoobentos. Semakin dalam suatu perairan,

semakin sedikit kelimpahan jenis makrozoobentos, karena hanya spesies tertentu yang mampu beradaptasi di perairan yang lebih dalam (Sofiyani et al., 2021). Kedalaman juga memengaruhi penetrasi cahaya, di mana intensitas cahaya akan semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman. Bertambahnya kedalaman, kadar oksigen terlarut juga menurun, karena proses fotosintesis berkurang dan oksigen yang ada lebih banyak digunakan untuk pernapasan serta oksidasi bahan organik dan anorganik (Syahrul et al., 2021). Kedalaman perairan menjadi parameter fisika lingkungan yang berpengaruh terhadap faktor-faktor oseanografi, seperti kandungan oksigen terlarut (DO), suhu, dan intensitas cahaya matahari, yang semuanya cenderung berkurang pada kedalaman tertentu hingga mencapai dasar perairan (Yusal dan Hasyim, 2022).

2.5.1.4 Kecepatan Arus

Arus laut dan pasang surut merupakan fenomena yang sangat berpengaruh terhadap kondisi fisika-kimia perairan dan kualitas ekosistem laut. Arus mengacu pada pergerakan massa air secara horizontal maupun vertikal dapat memengaruhi distribusi material, nutrien, dan parameter fisika-kimia lainnya yang ada di perairan (Mansur et al., 2023). Pasang surut yang terjadi akibat perubahan gravitasi antara Bumi, Bulan, dan Matahari, berperan penting dalam menciptakan arus pasang surut yang mendistribusikan unsur hara dan zat terlarut ke berbagai area perairan (Herawati et al., 2020). Arus laut yang kuat, terutama di perairan terbuka, dapat mempercepat pergerakan unsur-unsur vital seperti oksigen, karbon, dan bahan organik dan anorganik yang mendukung kehidupan akuatik (Sulaeman et al., 2020). Faktor lingkungan seperti topografi dasar laut, sedimentasi, curah hujan, dan akumulasi sampah juga memengaruhi kecepatan dan pola arus, yang pada gilirannya memengaruhi distribusi nutrisi dan material tersuspensi di perairan serta kualitas air dan kelimpahan biota akuatik (Herawati et al., 2020). Kecepatan arus yang bervariasi, yang terbagi dalam lima kategori berdasarkan kekuatannya, juga memengaruhi distribusi nutrisi dan pasokan makanan bagi biota laut, seperti makrozoobentos dan plankton yang merupakan dasar dari rantai makanan di ekosistem pesisir (Sulaeman et al., 2020).

2.5.1.5 Tipe Substrat

Substrat merupakan salah satu faktor ekologis utama yang memengaruhi struktur komunitas makrozoobentos. Makrozoobentos adalah organisme yang hidup pada substrat yang berlumpur, pasir, batu, dan kerikil di dasar perairan laut, sungai, dan danau. Organisme ini berperan dalam mengurai sampah organik yang berfungsi sebagai bahan makanannya, dan aktivitas hidup mereka biasanya melibatkan pergerakan merayap, menggali lubang, atau menempel pada substrat (Rabiul, 2023). Tipe substrat berpasir memudahkan moluska, terutama kelas Gastropoda, untuk memperoleh suplai nutrisi serta menyaring makanan dan air yang diperlukan untuk kelangsungan hidupnya. Substrat lumpur dan pasir merupakan habitat yang paling disukai oleh makrozoobentos, sementara kelimpahannya sangat sedikit pada substrat tipe liat. Hal ini disebabkan oleh kesulitan makrozoobentos dalam menembus partikel liat yang padat untuk melakukan aktivitas kehidupannya. Substrat liat umumnya terjadi akibat tingginya partikel terlarut dan tansuspensi dalam kolom air, yang mengakibatkan rendahnya kadar oksigen dalam sedimen atau hipoksia. Hanya spesies-spesies tertentu yang mampu bertahan hidup dalam kondisi tersebut, yang berdampak pada tingginya kelimpahan, dominansi, dan keanekaragaman makrozoobentos. Tekstur sedimen ini juga berkaitan dengan kandungan bahan organik yang terdapat di dasar perairan (Rahmadhani & Martuti, 2023).

2.5.2 Parameter Kimia

Parameter kimia yang digunakan yaitu meliputi derajat keasaman (pH), *dissolved oxygen* (DO), salinitas, dan bahan organik total (BOT) sebagai berikut:

2.5.2.1 Derajat Keasaman (pH)

pH adalah nilai yang menggambarkan ukuran keasaman atau kebasaan dalam air yang menjadi faktor pembatas untuk kehidupan makhluk hidup (Ibrahim et al., 2020). Perubahan pH dapat berdampak langsung pada setiap organisme

yang berkaitan dengan air. Sebagian besar organisme akuatik akan sensitif terhadap perubahan pH, sedangkan kisaran pH yang optimal bagi organisme air sekitar 7–8,5 (Sulaeman et al., 2020). pH memiliki pengaruh yang besar terhadap kehidupan biota perairan, sehingga sering digunakan sebagai ukuran baik atau buruknya kualitas air sebagai lingkungan hidup. Nilai pH yang mendukung kehidupan makrozoobentos khususnya dari filum *mollusca* adalah 5,7 – 8,4. pH yang mencapai tingkat maksimum toleransi sebesar 8.8 menunjukkan faktor pendukung kehidupan makrozoobentos yang rendah (Herawati et al., 2020).

2.5.2.2 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved oxygen (DO) atau oksigen terlarut bergantung pada suhu, keberadaan tumbuhan fotosintetik, tingkat penetrasi cahaya yang dipengaruhi oleh kedalaman dan kekeruhan air, serta jumlah bahan organik yang terurai di dalam air, seperti sampah, ganggang mati, atau limbah industri (Sulaeman et al., 2020). Kadar oksigen terlarut sebesar 2 mg/L dalam air dinilai telah mencukupi kebutuhan kehidupan organisme perairan (Ibrahim et al., 2020). Kehidupan makrozoobentos masih dapat bertahan apabila oksigen terlarut dalam perairan minimum sebanyak 5 mg/L selebihnya tergantung dari ketahanan organisme tersebut, derajat keaktifan, kehadiran bahan pencemar, temperatur air dan lain-lain. Kandungan oksigen terlarut akan memengaruhi keanekaragaman bentos di suatu perairan, semakin tinggi kadar oksigen maka semakin besar kandungan oksigen dalam ekosistemnya. Kandungan oksigen dalam ekosistem yang besar akan berpengaruh positif terhadap kehidupan makrozoobentos (Sofiyani et al., 2021). Beberapa faktor yang memengaruhi kadar DO di perairan adalah difusi oksigen dan kecepatan arus. Oksidasi dapat meningkat tajam ketika terjadi kenaikan suhu dan volume air limbah bertambah (Herawati et al., 2020).

2.5.2.3 Salinitas

Salinitas, atau kadar garam terlarut dalam air, adalah salah satu parameter penting yang memengaruhi kondisi perairan dan keberlangsungan ekosistem

akuatik, termasuk kehidupan organisme seperti ikan, invertebrata, dan mikroba. Tingkat salinitas yang tinggi atau rendah dapat mengganggu keseimbangan fisiologis organisme perairan, yang memengaruhi metabolisme, distribusi, dan kelangsungan hidup berbagai spesies akuatik (Francissca & Muhsoni, 2021). Variasi salinitas di perairan pesisir menjadi faktor penting yang memengaruhi stabilitas ekosistem dan kelangsungan hidup biota perairan. Salah satu kelompok organisme yang sangat dipengaruhi oleh perubahan salinitas adalah makrozoobentos, yang hidup di dasar perairan. Makrozoobentos berperan penting dalam ekosistem perairan sebagai bagian dari rantai makanan dan pengurai bahan organik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa salinitas memiliki pengaruh signifikan terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di perairan pesisir. Kisaran salinitas yang sesuai untuk makrozoobentos bervariasi, dengan beberapa penelitian melaporkan bahwa nilai salinitas antara 31,8–32,16 ppt di wilayah pesisir sangat mendukung kelangsungan hidup dan pertumbuhannya (Pramika et al., 2021). Perubahan salinitas yang drastis, baik akibat fluktuasi alami seperti pasang surut maupun perubahan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia, dapat memengaruhi distribusi dan keberagaman spesies makrozoobentos, yang pada gilirannya berdampak pada keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

2.5.2.4 Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik adalah sekumpulan senyawa organik kompleks yang sangat berperan dalam kualitas perairan, baik dari segi fisik, kimia, maupun biologi. Keberadaannya dalam perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti proses alami yang melibatkan dekomposisi tumbuhan dan organisme mati, serta kontribusi aktivitas manusia yang menghasilkan limbah domestik, industri, pertanian, dan peternakan (Wijayatno et al., 2022; Sadewi et al., 2022). Bahan organik di perairan umumnya terdiri dari senyawa yang telah terurai, seperti humus atau senyawa hasil mineralisasi, yang dihasilkan oleh aktivitas bakteri pengurai (Sadewi et al., 2022). Proses dekomposisi ini mengubah bahan organik menjadi zat hara, yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi organisme akuatik dan mendukung produktivitas primer di ekosistem perairan, khususnya bagi produsen primer.

seperti diatom (Wijayatno et al., 2022). Bahan organik total (*total organic matter*) di perairan memiliki dua sumber utama, yaitu alami melalui pelapukan dan dekomposisi di lingkungan perairan itu sendiri, serta dari sumber terestrial dan aktivitas antropogenik yang memengaruhi siklus hara dalam ekosistem (Sadewi et al., 2022). Keberadaan bahan organik ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber makanan bagi organisme akuatik, tetapi juga berpengaruh terhadap kondisi kimia-perairan, seperti kadar oksigen terlarut, pH, dan kekeruhan. Akumulasi bahan organik yang berlebihan dapat menyebabkan masalah lingkungan, seperti eutrofikasi, yang dapat menurunkan kualitas air dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Distribusi bahan organik di badan air juga dipengaruhi oleh faktor fisik, seperti arus, pasang surut, dan karakteristik sedimen, yang memengaruhi penyebaran dan penguraian bahan organik tersebut di seluruh perairan (Hanjaya et al., 2024).

Reynold (1971) mengelompokkan kandungan bahan organik ke dalam 5 kriteria, yaitu sangat tinggi, tinggi sedang, sedang, rendah, dan sangat rendah. Nilai kandungan bahan organik lebih dari 3,5% menunjukkan tingkat kesuburan suatu perairan (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria kandungan bahan organik dalam sedimen

No	Kandungan bahan organik (%)	Kriteria
1	>35	Sangat tinggi.
2	17 – 35	Tinggi sedang.
3	7 – 17	Sedang.
4	3,5 – 7	Rendah.
5	<3,5	Sangat rendah.

Sumber: Reynold (1971)

2.6 Indeks Kelimpahan Spesies

Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos sangat dipengaruhi oleh perubahan kualitas air dan substrat tempat hidupnya, yang mencakup faktor-faktor seperti kadar oksigen terlarut, pH, suhu air, dan jenis material dasar perairan. Kondisi kualitas air yang buruk, seperti tingginya kandungan bahan organik atau terjadinya eutrofikasi, dapat mengurangi kelangsungan hidup makrozoobentos, sementara perubahan substrat, baik itu dalam bentuk pergeseran dari substrat

keras ke substrat lunak atau perubahan kedalaman, dapat memengaruhi habitat dan akses terhadap makanan (Bai'un et al., 2021). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos, yang sering kali digunakan sebagai indikator kesehatan ekosistem perairan, sangat bergantung pada toleransi spesies terhadap fluktuasi lingkungan serta sensitivitas terhadap faktor-faktor ekologi yang ada di sekitar habitatnya. Konsep keanekaragaman dan kelimpahan ini mencakup tidak hanya jumlah individu dari berbagai spesies, tetapi juga komposisi jenis, dominansi spesies, serta indeks biotik yang mengilustrasikan keseimbangan dan struktur komunitas biota dalam suatu ekosistem (Akbar et al., 2022). Pemahaman mengenai keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos memberikan wawasan dalam tentang kondisi ekologis perairan, serta pentingnya menjaga kualitas habitat agar spesies-spesies ini dapat berkembang dengan baik, yang pada gilirannya mendukung keseimbangan ekologis di perairan tersebut.

2.6.1 Indeks Keanekaragaman Spesies (H')

Nilai indeks keanekaragaman dapat menunjukkan keseimbangan atau sedikit banyaknya keanekaragaman spesies suatu organisme. Jika semua individu suatu komunitas berasal dari spesies yang berbeda-beda, maka akan didapatkan nilai indeks keanekaragaman tertinggi, sedangkan jika hanya berasal dari satu spesies saja maka akan mendapatkan nilai terkecil. Proporsi antar jenis yang sama banyak dalam suatu komunitas dapat dikatakan memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi. Apabila beberapa spesies memiliki dominansi besar, keanekaragaman jenisnya akan rendah. Keanekaragaman jenis yang tinggi dalam suatu komunitas akan menyebabkan interaksi spesies yang melibatkan transfer energi, kompetisi, predasi, dan pembagian relung yang lebih kompleks, yang pada gilirannya menyebabkan kestabilan ekologi (Latuconsina et al, 2022). Odum (1994) mengelompokkan tingkat keanekaragaman dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Keanekaragaman mempunyai nilai kecil atau sama dengan 0, jika suatu individu berasal dari satu atau hanya beberapa jenis.

2.6.2 Indeks Keseragaman Spesies (E)

Indeks keseragaman digunakan untuk menilai tingkat pemerataan kelimpahan individu antarspesies dalam suatu komunitas. Nilai indeks yang semakin besar menunjukkan bahwa kelimpahan individu antarspesies cenderung merata dan tidak didominasi oleh satu jenis tertentu. Keseragaman jenis yang tinggi mencerminkan kondisi ekologi yang relatif stabil dengan tekanan lingkungan yang rendah (Latuconsina et al, 2022). Menurut Odum (1994), tingkat keseragaman dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Apabila nilai indeks keseragaman semakin kecil atau mendekati nol, maka keseragaman jenis dalam komunitas semakin rendah. Kondisi tersebut mengindikasikan jumlah jenis yang terbatas serta adanya dominasi spesies tertentu dalam komunitas makrozoobentos pada suatu perairan.

2.6.3 Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi memberikan gambaran organisme biotik yang mendominasi suatu komunitas ekologi. Nilai indeks dominansi dapat menggambarkan apabila saat pengambilan data terdapat suatu spesies organisme yang lebih banyak dibandingkan spesies lainnya. Dominansi tinggi menunjukkan adanya transfer energi melalui jaring makanan yang lebih didominasi spesies tertentu sehingga menyebabkan adanya ketidakstabilan ekologi (Latuconsina et al, 2022). Odum (1994) mengelompokkan tingkat keseragaman dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Nilai indeks dominansi (C) berkisar antara 0 sampai 1, semakin mendekati satu maka ada organisme yang mendominasi suatu ekosistem perairan, kemudian sebaliknya apabila mendekati nol maka tidak ada jenis organisme yang dominan.

III. METODE PENELITIAN

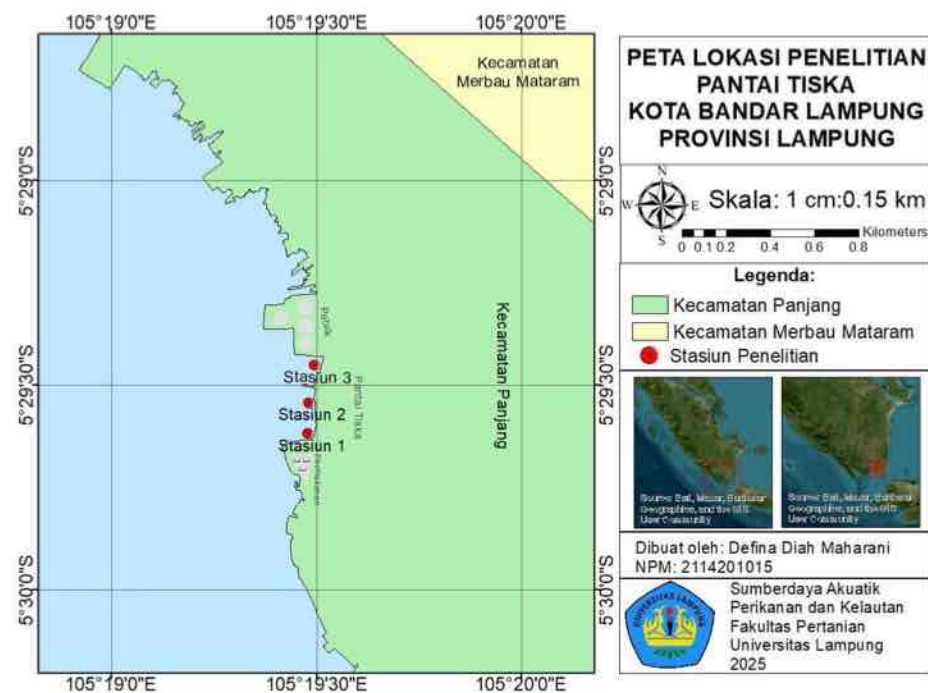
3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 20 Mei – 17 Juni 2025 dengan pengambilan sampel dilakukan 3 kali dalam waktu 6 minggu dengan selang waktu 2 minggu 1 kali. Pemilihan waktu penelitian ini dilakukan agar data yang diperoleh dapat mewakili kondisi perairan secara menyeluruh serta menangkap variasi waktu tertentu untuk mengamati perubahan yang terjadi akibat aktivitas manusia maupun faktor lingkungan.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perairan Pantai Taman Indah Srengsem Kereta Api (TISKA), Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Identifikasi makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Produktivitas Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengukuran parameter fisika dan kimia dilakukan secara langsung di lapangan, dan untuk analisis parameter bahan organik total (BOT) sedimen dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Peta Lokasi penelitian (Gambar 2).



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Alat dan Bahan	Konsentrasi	Fungsi
1	Formalin	Konsentrasi 4%	Mengawetkan sampel.
2	Akuades	1 ml	Mensterilkan alat.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 3).

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	<i>Core sampler</i>	Mengambil sampel makrozoobentos dan substrat.
2	Termometer	Mengukur suhu perairan.
3	pH meter	Mengukur kadar keasaman perairan.

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam penelitian (lanjutan)

No	Alat dan Bahan	Fungsi
4	<i>Secchi disk</i>	Mengukur tingkat kecerahan perairan.
5	DO meter	Mengukur kadar oksigen terlarut perairan.
6	Refraktometer	Mengukur kadar salinitas perairan.
7	Plastik zip	Sebagai tempat untuk menyimpan sampel makrozoobentos.
8	Pipet tetes	Mengambil larutan.
9	<i>Cool box</i>	Sebagai tempat untuk menyimpan sampel.
10	Timbangan	Sebagai tempat untuk mengukur berat makrozoobentos
11	Kertas label	Memberi tanda untuk tiap sampel.
12	<i>Global positioning system (GPS)</i>	Mengetahui titik koordinat pengambilan sampel.
13	Kamera digital	Sebagai dokumentasi pengambilan sampel.
14	Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan.
15	Tisu	Membersihkan alat.
16	Buku identifikasi makrozoobentos	Sebagai acuan dalam mengidentifikasi sampel makrozoobentos.
17	<i>Roll meter</i>	Mengukur jarak titik pengambilan sampel.
18	Saringan	Memisahkan bentos dan substratnya.
19	Current Meter	Mengukur kecepatan arus perairan.
20	Kuadran Transek	Batasan luasan pengambilan sampel.
21	Tongkat Berskala	Mengukur kedalaman perairan.

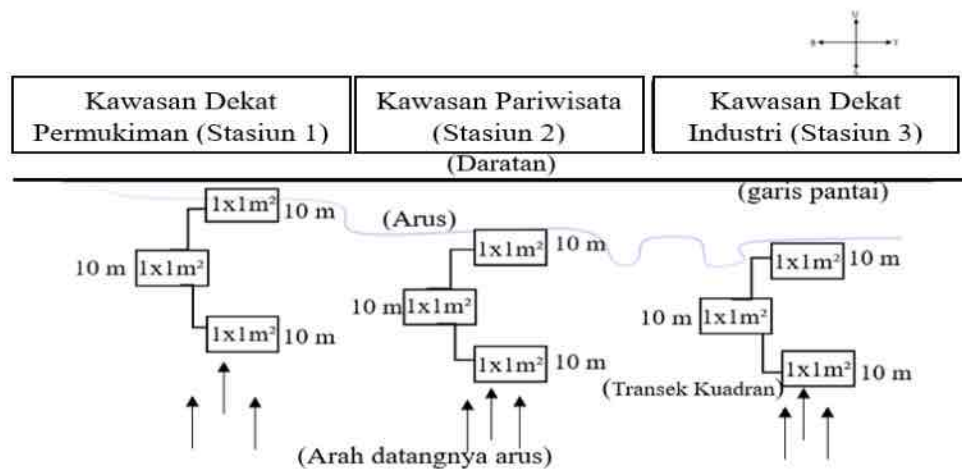
3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang hubungan antara kualitas air dan struktur komunitas makrozoobentos. Penelitian kuantitatif ini bertujuan menganalisis hubungan antara parameter kualitas air dan struktur komunitas makrozoobentos di Pantai TISKA. Data yang dikumpulkan akan menggambarkan kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi makrozoobentos serta kondisi kualitas air, termasuk suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut. Analisis korelasi akan dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan signifikan antara struktur komunitas makrozoobentos dan kualitas air sebagai bioindikator.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi sampling dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel non-probabilitas dalam penelitian kualitatif yang dilakukan berdasarkan ciri dan sifat-sifat populasi tertentu sesuai dengan kriteria yang sudah diketahui untuk menentukan jumlah sampel yang relevan (Ahiruddin et al., 2021). Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data yang beragam dan sesuai dengan tujuan penelitian (Eirnanda et al., 2024). Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun, yaitu stasiun 1 di daerah dekat permukiman, stasiun 2 di daerah pariwisata, serta stasiun 3 di dekat industri. Penentuan titik pada stasiun 1, 2, dan 3 dengan menarik *roll meter* sejauh 30 meter dari bibir pantai ke arah pantai, dan pengambilan sampel dilakukan secara zig-zag lurus ke arah pantai dengan ukuran transek 1×1 meter². Ilustrasi stasiun pengambilan sampel (Gambar 3).



Gambar 3. Ilustrasi stasiun pengambilan sampel

Penentuan stasiun pengambilan sampel (Tabel 4).

Tabel 4. Stasiun lokasi titik koordinat penelitian makrozoobentos

Stasiun	Lokasi	Titik Koordinat
1	Kawasan dekat permukiman	S 5° 49'37.52" E 105° 32'48.75"
2	Kawasan pariwisata	S 5° 49'30.86" E 105° 32'49.26"
3	Kawasan dekat industri	S 5° 49'17.59" E 105° 32'49.51"

3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dengan menggunakan *core sampler* yang berdiameter 4 inch (9 meter) dengan pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun dengan 3 titik pengambilan sampel yang dilakukan 3 kali pengulangan. Menurut Lestari et al. (2021) dan Noris (2020) cara penanganan sampel makrozoobentos dapat dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

1. Pengumpulan sampel: sampel makrozoobentos biasanya diambil menggunakan alat seperti *core sampler* yang dapat mengumpulkan sedimen dari dasar perairan. Sampel diambil pada kedalaman 5 – 15 cm. Pengambilan sampel dilakukan saat perairan sedang surut
2. Penyaringan sampel: setelah sampel diambil, sampel tersebut disaring dengan menggunakan saringan untuk memisahkan makrozoobentos dari sedimen atau material lain. Umumnya, ukuran lubang saringan yang digunakan adalah 0,5 mm hingga 1 mm.
3. Penyimpanan sampel: sampel yang telah disaring biasanya dimasukkan ke dalam wadah berisi larutan formalin 4 % agar sampel awet dan tidak cepat mengalami pembusukan.
4. Identifikasi makrozoobentos: setelah sampel dikumpulkan dan disaring, langkah berikutnya adalah identifikasi makrozoobentos yang dilakukan dengan mencocokkan sampel menggunakan buku Identifikasi *Invertebrate Identification Guide* dan beberapa literatur resmi dari internet. Identifikasi makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Produktivitas Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
5. Pengukuran makrozoobentos: setelah sampel diidentifikasi, selanjutnya sampel diukur panjang sampel, berat basah dan berat kering sampel makrozoobentos dengan menggunakan timbangan.
6. Pencatatan dan pengolahan data: semua data yang diperoleh dari identifikasi, dan pengukuran dicatat untuk analisis lebih lanjut. Data ini kemudian digunakan untuk analisis ekosistem dan penilaian kualitas perairan.

3.4.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara *in-situ* dimana pada setiap titiknya dilakukan 3 kali pengulangan. Sementara itu, pengambilan sampel untuk tipe substrat dan BOT dilakukan secara *ex-situ*. Pengambilan sampel tipe substrat dan sampel bahan organik total (BOT) dilakukan satu kali pengambilan sampel pada setiap stasiun. Adapun parameter kualitas air yang diukur meliputi:

3.4.3.1 Parameter Fisika

3.4.3.1.1 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer dengan cara memasukkan ujung (*probe*) termometer pada permukaan air di titik pengamatan selama ± 5 menit. Mengamati skala dilakukan sewaktu termometer masih berada di dalam air. Hal ini dilakukan agar suhu luar air perairan tidak memengaruhi suhu air sebenarnya. Hasil nilai yang terdapat pada termometer dicatat.

3.4.3.1.2 Kecerahan

Pengukuran kecerahan perairan diukur dengan menggunakan alat *secchi disk* yang disambungkan dengan tali yang telah diberi ukuran. *Secchi disk* dimasukkan ke dalam perairan sampai batas tidak tampak (warna hitam tidak terlihat lagi) kemudian dicatat hasilnya sebagai d1. Setelah itu, secara perlahan *secchi disk* ditarik ke atas sampai warna hitam pada *secchi disk* dapat terlihat kembali lalu dicatat hasilnya sebagai d2. Selanjutnya nilai batas tampak dan batas tidak tampak dijumlahkan dan dibagi dua. Menurut Lubis et al., (2020) perhitungan kecerahan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{D1+D2}{2}$$

Keterangan:

K = Kecerahan (m)

D1 = Kedalaman saat *secchi disk* mulai tidak tampak dari pandangan (m)

D2 = Kedalaman saat *secchi disk* ditarik dan mulai tampak pertama kali (m)

3.4.3.1.3 Kedalaman

Pengukuran kedalaman dilakukan dengan menggunakan tongkat berskala. Pengukuran kedalaman dilakukan dengan menurunkan tongkat berskala secara perlahan hingga mencapai dasar perairan. Kedalaman diukur berdasarkan skala yang terlihat pada tongkat pada posisi permukaan air, dan dicatat untuk mendapatkan data yang representatif di beberapa titik lokasi.

3.4.3.1.4 Kecepatan Arus

Pengukuran kecepatan arus dilakukan menggunakan alat *current meter* jenis *Flowatch* FL-03. Alat ini berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air secara langsung. Langkah awal sebelum pengukuran adalah melakukan kalibrasi untuk memastikan alat berada dalam kondisi optimal dan sensor dalam keadaan bersih. Selanjutnya, periksa apakah tampilan layar dan sensor berfungsi dengan baik. Setelah itu, masukkan sensor ke dalam perairan dan aktifkan alat. Tunggu hingga hasil pengukuran stabil, lalu catat nilai kecepatan arus yang ditampilkan dalam satuan meter per detik (m/s).

3.4.3.1.5 Identifikasi Tipe Substrat

Identifikasi tipe substrat dilakukan dengan mengambil sampel material di dasar perairan. Pengambilan sampel sedimen menggunakan *core sampler* pada setiap stasiun. Sedimen diambil pada masing-masing stasiun dan dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi label, untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium Produktivitas Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sampel yang didapatkan kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven dan ditimbang sebanyak ± 300 gram, setelah itu diayak untuk mengetahui tipe dan ukuran fraksi substrat menggunakan *sieve shaker* bertingkat yang berukuran 0,111 – 2 milimeter. Rumus yang digunakan untuk tipe substrat menurut (Buchanan, 1984) sebagai berikut:

$$\% \text{ berat} = \frac{\text{berat fraksi } i}{\text{berat total sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

Berat fraksi i = Berat tiap-tiap fraksi ukuran butir (gram)

Berat sampel = Berat total sampel substrat

3.4.3.2 Parameter Kimia

3.4.3.2.1 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sebelum digunakan, alat pH meter harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Pengukuran pH meter dilakukan dengan cara mencelupkan *probe* pH meter ke dalam air yang akan diukur sedalam ± 5 cm dan secara otomatis akan bekerja mengukur kadar pH air. Hasil akan muncul pada *display*, dan ditunggu selama ± 3 menit agar angka digital stabil, kemudian saat nilainya konstan dicatat hasilnya.

3.4.3.2.2 *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengukuran *dissolved oxygen* (DO) atau oksigen terlarut menggunakan alat DO meter dengan cara alat DO meter harus dikalibrasi terlebih dahulu. Pengukuran DO meter dilakukan dengan cara mencelupkan *probe* ke dalam air yang akan diukur dan secara otomatis akan bekerja mengukur kadar DO air. Hasil akan muncul pada *display*, dan ditunggu sampai hasil angka pada digital stabil, setelah itu dicatat hasil pengukuran DO.

3.4.3.2.3 Salinitas

Pengukuran salinitas air menggunakan alat refraktometer. Pengukuran salinitas dilakukan dengan cara alat refraktometer dikalibrasi terlebih dahulu untuk didapatkan pembacaan yang lebih akurat. Cara menggunakan alat tersebut dilakukan dengan menuangkan beberapa tetes cairan ke dalam prisma yang telah dibuka. Pipet tetes digunakan untuk mengambil sampel air yang diukur. Air sampel dituangkan ke dalam prisma transparan yang terbuka saat pelat refraktor digeser. Air sampel dituangkan hingga melapisi seluruh permukaan prisma. Kemudian pelat refraktor ditutup dengan hati-hati. Refraktometer diarahkan ke cahaya matahari

langsung. Kemudian dilihat batas garis antara kedua bidang bewarna biru dan putih, lalu hasil pengukuran dicatat.

3.4.3.2.4 Bahan Organik Total (BOT)

Pengukuran kandungan organik sedimen dilakukan dengan metode Walkey & Black (1934). Sedimen yang telah didapatkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C, lalu ditimbang 0,5 g tanah kering kemudian tempatkan dalam erlenmeyer 500 ml dan tambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ N dengan menggunakan pipet tetes, sambil menggoyangkan erlenmeyer perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah. Selanjutnya tambahkan 10 ml H_2SO_4 pekat dengan gelas ukur di ruang asap sambil digoyang cepat hingga tercampur rata. Usahakan tidak ada partikel tanah yang terlempar ke dinding erlenmeyer sebelah atas hingga tidak tercampur merata. Biarkan campuran tersebut di ruang asap selama 30 menit hingga dingin. Setelah itu encerkan dengan 100 ml air destilata. Kemudian tambahkan 5 ml asam fosfat pekat, 2,5 ml larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenil amin. Segera titrasi dengan larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu titrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi hijau terang. Penetapan blanko dilakukan sama seperti cara kerja diatas, tetapi tanpa menggunakan contoh tanah. Selanjutnya dihitung dengan perhitungan menurut (Walkey & Black, 1934) sebagai berikut:

$$\%C\text{-organik} = \frac{\text{ml } K_2Cr_2O_7 \times (1 - V_B/V_S) \times 0,3886\%}{\text{Berat sampel tanah}}$$

$$\% \text{ Bahan Organik} = \% C\text{-organik} \times 1,724$$

Keterangan:

V_B : ml titrasi blanko

V_S : ml titrasi sampel

3.5 Analisis Data

Analisis data makrozoobentos yang didapatkan dihitung dengan kelimpahan jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi.

3.5.1 Kelimpahan Spesies

Kelimpahan spesies adalah kepadatan dari jumlah spesies yang ada. Spesies dikatakan melimpah apabila ditemukan dalam jumlah yang sangat banyak dibandingkan dengan individu spesies yang lain (Silulu et al., 2013). Kelimpahan individu makrozoobentos dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener (Pranoto, 2017).

$$Ki = \frac{Ni}{V}$$

Keterangan:

Ki : Kelimpahan individu (ind/m³)

Ni : Jumlah individu (ind)

V : Volume *core-sampler* (m³)

3.5.2 Indeks Keanekaragaman Spesies (H')

Indeks keanekaragaman digunakan untuk mengetahui keanekaragaman jenis biota suatu perairan dengan persamaan Shannon-Wiener (Odum, 1993) sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' : Indeks keanekaragaman jenis/spesies

Pi : ni/N (proporsi spesies ke-i)

ni : Jumlah individu spesies ke-i

N : Jumlah total individu

S : Jumlah spesies

Nilai H' yang lebih tinggi menunjukkan keanekaragaman spesies yang lebih besar, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan dominansi spesies tertentu dalam komunitas tersebut. Menurut Latuconsina et al. (2022) hasil kriteria nilai struktur komunitas (Tabel 5).

Tabel 5. Kisaran kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos

No	Kisaran	Kategori Indeks
1	$H' < 1,0$	Keanekaragaman rendah
2	$1,0 < H' < 3,0$	Keanekaragaman sedang
3	$H' \geq 3,0$	Keanekaragaman tinggi

Sumber: Odum (1993).

3.5.3 Indeks Keseragaman Spesies (E)

Indeks keseragaman berapa besar nilai kesamaan jumlah individu antar jenis pada suatu komunitas. Persamaan indeks keseragaman adalah sebagai berikut (Odum, 1993):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E : Indeks keseragaman

H' : Indeks keanekaragaman

S : Jumlah spesies

Indeks keseragaman (E) berkisar antara 0 – 1 dengan kriteria sebagai berikut:

0 – 0,4 : Keseragaman jenis rendah

0,4 – 0,6 : Keseragaman jenis sedang

0,6 – 1,0 : Keseragaman jenis tinggi

3.5.4 Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai biota yang mendominasi suatu ekosistem. Persamaan untuk menghitung indeks dominansi adalah sebagai berikut (Odum, 1994):

$$C = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

C : Indeks dominansi

n_i : Jumlah individu spesies ke-i

N : Jumlah total individu

S : Jumlah spesies

Kriteria tingkat dominansi spesies berdasarkan indeks dominansi sebagai berikut:

$0 < C \leq 0,5$: Dominansi rendah

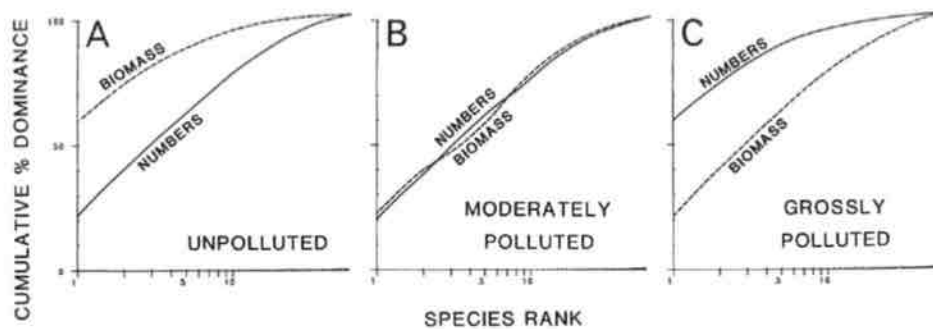
$0,5 < C \leq 0,7$: Dominansi sedang

$0,7 < C \leq 1$: Dominansi tinggi

3.5.5 Kurva *Abundance Biomass Comparisson* (ABC)

Metode *Abundance Biomass Comparison* (Rasio Kelimpahan/biomasa) atau kurva ABC digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran dengan menganalisis jumlah total individu per satuan luas (kerapatan) dan berat per satuan luas dari komunitas makrozoobentos (Hedianto & Purnamaningtyas, 2011). Analisis Kurva ABC adalah sebuah teknik yang disusun oleh (Warwick, 1986) untuk memantau ada atau tidaknya pencemaran terhadap makrobenthik perairan. Penggunaan metode ini adalah dengan cara menganalisis total kepadatan relatif (ind/m^2), dan biomassa relatif dari makrozoobentos (gr/m^2). Perbedaan bio massa dan kelimpahan dari makrozoobentos dapat mendeskripsikan kondisi suatu perairan. Kurva ABC terdiri atas komponen kelimpahan individu, kelimpahan relatif, biomassa individu dan biomassa relatif dengan persamaan sebagai berikut:

1. Kelimpahan (K) = $\frac{\text{Jumlah individu (Ind)}}{\text{Volume core-sampler (m}^3\text{)}}$
2. Kelimpahan Relatif (KR) = $\frac{\text{Kelimpahan Suatu jenis}}{\text{Kelimpahan Total}} \times 100\%$
3. Biomassa (B) = $\frac{\text{Biomassa Individu (g)}}{\text{Volume core-sampler (m}^3\text{)}}$
4. Biomassa Relatif (BR) = $\frac{\text{Biomassa Suatu jenis}}{\text{Biomassa Total}} \times 100\%$



Gambar 4. Kurva k-dominansi.

Sumber: Warwick, (1986).

Keterangan:

(——) : Kelimpahan spesies

(-----) : Biomassa

- (a) : Kondisi ekosistem tidak tercemar
- (b) : Kondisi ekosistem tercemar sedang
- (c) : Kondisi ekosistem tercemar berat

Metode kualifikasi Kurva ABC digunakan untuk menilai tingkat gangguan atau pencemaran perairan secara kualitatif berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos. Klasifikasi kondisi perairan ditentukan oleh posisi relatif antara kurva kelimpahan (abundance) dan kurva biomassa (biomass), yaitu:

1. Tidak tercemar, kurva biomassa berada jelas di atas kurva kelimpahan karena komunitas didominasi oleh organisme berukuran besar, umur panjang, dan sensitif terhadap perubahan lingkungan.
2. Tercemar sedang, jarak antara kedua kurva semakin kecil akibat adanya campuran organisme sensitif dan toleran.
3. Tercemar berat, kurva kelimpahan justru berada di atas kurva biomassa, menandakan dominansi organisme kecil, oportunistik, dan sangat toleran terhadap tekanan lingkungan.

3.5.6 Principal Component Analysis (PCA)

Analisis kualitas perairan merupakan upaya untuk memahami kondisi perairan berdasarkan parameter fisik, kimia, dan biologi, dengan tujuan mengendali-

kan pencemaran serta mencegah kerusakan ekosistem pesisir dan laut. Salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas perairan adalah *Principal Component Analysis* (PCA). PCA adalah teknik analisis multivariat yang memiliki kemampuan unggul dalam mengidentifikasi hubungan linear antara kelompok variabel, mengelola data dengan jumlah besar, serta menganalisis data yang tidak homogen. Analisis ini dapat mengidentifikasi hubungan antar parameter kualitas perairan seperti pH, oksigen terlarut, yang saling berinteraksi dalam mempengaruhi kualitas air (Mudloifah & Purnomo, 2023). Metode PCA sangat efektif dalam mengevaluasi kondisi ekosistem perairan pesisir, karena mampu mengungkapkan pola-pola tersembunyi yang membantu pemahaman lebih mendalam terkait parameter yang saling berhubungan (Arfao et al., 2021). PCA adalah metode untuk mereduksi jumlah variabel dalam kumpulan data dengan menjaga sebagian besar informasi penting. Hal ini dilakukan dengan mengubah variabel yang saling berkorelasi menjadi komponen utama yang baru, memungkinkan identifikasi pola dalam data dan penyederhanaan kompleksitas data tanpa kehilangan informasi yang signifikan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur komunitas makrozoobentos di perairan TISKA terdiri atas empat kelas (gastropoda, malacostraca, bivalvia, dan polychaeta) yang didominasi kelas Gastropoda (*Nassarius reticulatus*, *Clypeomorus bifasciata*, *C. petrosa*), serta indeks keanekaragaman sedang, keseragaman tinggi, dan dominansi rendah.
2. Berdasarkan analisis kurva ABC, kondisi perairan menunjukkan bahwa Stasiun 1 dan Stasiun 2 tergolong tercemar sedang, dengan struktur komunitas yang masih relatif stabil, sedangkan Stasiun 3 berada pada kategori tercemar berat diduga akibat dominansi organisme oportunistik yang terkait dengan tingginya masukan bahan organik.
3. Hubungan kualitas air dengan struktur komunitas makrozoobentos dipengaruhi oleh BOT, arus, pH, dan DO berdasarkan analisis PCA menunjukkan bahwa Stasiun 1 didominasi arus tinggi, Stasiun 2 dipengaruhi oleh suhu, kedalaman, dan DO yang menunjukkan kondisi stabil. Stasiun 3 dipengaruhi BOT dan pH tinggi dengan dominansi organisme toleran.

5.2 Saran

Pemantauan berkala kualitas air dan komunitas makrozoobentos di Pantai TISKA perlu dilakukan melalui pengelolaan limbah domestik, wisata, dan industri agar tekanan terhadap ekosistem bentik dapat diminimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abyantara, A. N., Wulandari, S.Y., & Atmodjo, W. (2024). Studi sebaran konsentrasi material padatan tersuspensi dan bahan organik total di Perairan Morosari, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 13(1), 151–160. <http://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.42740>.
- Ahiruddin, A., Rasjid, H., & Alim, A. S. (2021). Keterkaitan perencanaan karier siswa dengan konsep diri siswa kelas XI di SMKN 59 Jakarta. *Duconomics Sci-Meet (Education & Economics Science Meet)*, 1, 347–355. <https://doi.org/10.37010/duconomics.v1.5464>.
- Aji, L. P., Maas, D. L., Capriati, A., Ahmad, A., de Leeuw, C., & Becking, L. E. (2024). Shifts in dominance of benthic communities along a gradient of water temperature and turbidity in tropical coastal ecosystems. *PeerJ*, 12, 1–19. <https://doi.org/10.7717/peerj.17132>.
- Akbar, A., & Pratiwi, I. (2023). Dampak pencemaran lingkungan di wilayah Pesisir Makassar akibat limbah masyarakat. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 6(1), 75–78. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v6i1.24252>.
- Akbar, R. T. M., Setiyowati, Y., Widiana, A., & Cahyanto, T. (2022). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Situ Patengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *e-Jurnal Ilmiah BIOSAIN-TROPIS (BIOSCIENCE-TROPIC)*, 8(1), 74–86. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v8i1.509>.
- Akbar, S. S. (2021). Identifikasi jenis dan kelimpahan mikroplastik air kali pelayaran anak Sungai Brantas Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 229–236. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.64>.
- Ali, M., & Rosyadi, H. I. (2020). Biomonitoring makrozoobentos sebagai indikator kualitas air sungai. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(1), 11–18. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.43>.
- Alwi, D., Muhammad, S. H., & Herat, H. (2020). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos pada ekosistem mangrove Desa Daruba Pantai Kabupaten Pulau Morotai. *Jurnal Enggano*, 5(1), 64–77. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.1.64-77>.

- Alwi, D., Wahab, I., & Bisi, H. (2020). Komposisi dan kelimpahan bivalvia di ekosistem lamun perairan Juanga Kabupaten Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Laut Ilmu Kelautan*, 2(1), 31–48. <https://doi.org/10.35308/jlaot.v2i1.2363>.
- Amin, A., & Purnomo, T. (2021). Biomonitoring kualitas perairan pesisir Pantai Lembung, Pamekasan menggunakan bioindikator fitoplankton. *LenteraBio*, 10(1), 106–114. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n1.p106-114>.
- Ananta, S., & Harahap, A. (2022). Distribusi dan keanekaragaman makrozoobentos. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 286–294. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3522>.
- Angelia, D., Adi, W., & Adibrata, S. (2019). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos di Pantai Batu Belubang Bangka Tengah. *Akuatik Jurnal Sumberdaya Perairan*, 13(1), 68–78. <https://doi.org/10.33019/akuatik.v13il.1073>.
- Ardyati, D. P. I., Andarias, S. H., & Desy, W. (2022). Potensi jenis-jenis gastropoda di Pantai Desa Lontoi Kabupaten Buton Selatan sebagai sumber belajar biologi. *Jurnal Edukasi Cendikia*, 6(2), 1–5. <https://doi.org/10.35326/jec.v6i2.2485>.
- Arfao, A. T., Onana, M. F., Koji, E., Mounang, L. M., Ewoti, O. V. N., Emadjeu, J. B. T., Tchakonte, S., Njoya, A. M., Ngando, T. S., & Moise, E. N. (2021). Using principal component analysis to assess water quality from the landing stages in coastal region. *American Journal of Water Resources*, 9(1), 23–31. <https://doi.org/10.12691/ajwr-9-1-4>.
- Arfiatia, D., Herawatia, E. Y., Buwonoa, N. R., Firdaus, A., Winarno, M. S., & Puspitasaria, A. W. (2019). Struktur komunitas makrozoobentos pada ekosistem lamun di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.1>.
- Arianti, N. D., & Sitompul, M. K. (2021). Diversity and abundance of gastropoda in Kawal and Pengudang Beach, Bintan Regency. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 9(2), 950–958. <https://doi.org/10.23960/aqs.v9i2.p949-958>.
- Ariawan, F., Haeruddin, & Rahman, A. (2019). Hubungan zat hara (HNO₃- dan PO₄-) sedimen terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang. *Journal of Maquares*, 8(4), 300–308.
- Ariawan, I. K. D., Dharma, I. G. B. S. D., & Faiqoh, E. (2021). Struktur komunitas makrozoobenthos di ekosistem mangrove Pulau Serangan Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7(2), 224–231. <https://doi.org/10.24843/jmas.2021.v07.i02.p11>.

- Armansyah, Gazali, M., Suriani, M., Nufus, H., Zuriat, & Syafitri, R. (2022). Identifikasi dan keanekaragaman gastropoda di ekosistem mangrove Pantai Thailand, Kepulauan Simeulue. *Jurnal Laut Ilmu Kelautan*, 4(1), 50–62. <https://doi.org/10.35308/jlik.v4i1.5089>.
- Ashelby, C. W., Lin, W. C., Grave, S. D., & Chan, T. Y. (2018). Notes on the shrimp genus *Palaemon* Weber, 1795 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) and related genera from Taiwan. *Zootaxa*, 4446(4), 575–595. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4446.4.10>.
- Asiah, C. P. N., Sarong, M. A., & Kamal, S. (2018). Keanekaragaman gastropoda di zona litoral Lhok Seudu Leupung Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 5(1), 222–226. <http://dx.doi.org/10.22373/pbio.v5i1.2149>.
- Aulia, P. R., Supratman, O., & Gustomi, A. (2020). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Upang Desa Tanah Bawah Kecamatan Puding Besar Kabupaten Bangka. *Aquatic Science*, 2(1), 17–29.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2011). *Statistik Daerah Kecamatan Panjang 2011*. Bandar Lampung: BPS.
- Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. (2023). *Statistik Daerah Kecamatan Panjang 2023*. Bandar Lampung: BPS.
- Bai'un, N. H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kondisi perairan di ekosistem mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2), 227–238. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.7>.
- Barus, B. S., Munthe, R. Y., Bernando, M. (2020). Kandungan karbon organik total dan fosfat pada sedimen di perairan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 395–406. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.28211>.
- Bayudana, B. C., Riyantini, I., Sunarto, & Zallesa, S. (2022). Asosiasi dan korelasi makrozoobentos dengan kondisi ekosistem mangrove di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(3), 271–281. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i3.40786>.
- Bima, S., Izmiarti., & Nofrita. (2022). Bioassessment kualitas air dengan menggunakan makrozoobentos di Sungai Batang Arau, Kota Padang. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 10(2), 70–77.
- Buchanan, J. B. (1984). Sediment analysis. In N. A. Holme & A. D. McIntyre (Eds.), *Methods for the Study of Marine Benthos: Vol 2nd ed. Methods for the Study of Marine Benthos* (pp. 41–65). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

- Cheung, S. G., & Shin, P. K. S. (2019). Responses of small marine gastropods to environmental stress in coastal habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 870–878. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.059>.
- Cholid, I., Jailani, & Taru, P. (2023). Studi komunitas makrozoobentos yang terdapat pada padang lamun di Perairan Dusun Malahing Kota Bontang Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 113–120. <https://doi.org/10.30872/tas.v2i2.514>.
- Destiana, Siti, P. L., Herlina, D., & Dian, I. (2022). Biodiversitas makrobentos sebagai indikator kualitas habitat pada ekosistem mangrove. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(1), 37–44. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i1.2940>.
- Effendi, H. (2012). *Ekosistem pesisir dan lautan*. Penerbit Rineka Cipta.
- Effendi, I., Marpaung, B., Mahary, A., Ernando, H., & Thamrin. (2025). Sediment composition, phytoplankton, and blood cockles (*Anadara granosa*) population. *Egyptian Journal of Aquatic Biology dan Fisheries*, 29(2), 2143–2159.
- Eirnanda, A., Supriatna, N., & Ratmaningsih, N. (2024). Perbedaan perspektif mengenai hakikat ilmu pengetahuan sosial: sebuah penelitian metode Q terhadap guru IPS. *Sosio-Didaktika: Social Science Education Journal*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.15408/sd.v11i1.38865>.
- Ellingson, R. A., & Krug, P. J. (2016). Larval dispersal and population connectivity in marine gastropods with planktotrophic larvae. *Biological Bulletin*, 230(2), 153–170. <https://doi.org/10.1086/BBLv230n2p153>.
- Erika, A., Akhrianti, I., & Hudatwi, M. (2022). Identifikasi jenis bivalvia pada ekosistem mangrove di sekitar Perairan Kota Pangkalpinang. *Journal of Marine Research*, 11(4), 696–705. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.34036>.
- Fadilah, K., Jawwad, M. A. S., & Nisa, S. Q. Z. (2022). Struktur komunitas fitoplankton sebagai indikator kualitas air di Kali Mas Kota Surabaya. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 799–808. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.6077>.
- Fadillah, R. N., Melani, W. R., & Apriadi, T. (2021). Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Desa Pengujan, Kabupaten Bintan. *Habitus Aquatica: Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 2(2), 83–94. <https://doi.org/10.29244/HAJ.2.1.83>.
- Fajeri, F., Lestari, F., & Susiana, S. (2020). Gastropod association in seagrass ecosystems Senggarang Besar Waters, Riau Islands, Indonesia. *Akuatikisle:*

- Jurnal Akuakultur Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 4(2), 53–58.
<https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.4.2.53-58>.
- Farhan, A., Lauren, C. C., & Fauzain, N. A. (2023). Analisis faktor pencemaran air dan dampak pola konsumsi Masyarakat di Indonesia. *Jurnal Hukum dan HAM Wara Sains*, 2(12), 1095–1103.
<https://doi.org/10.58812/jhhws.v2i12.803>.
- Farid, A., Tauriqie, R. D., & Arisandi, A. (2023). Struktur komunitas dan kelimpahan makrozoobenthos di ekowisata mangrove Lembung, Kecamatan Galis, Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Indonesia*, 16(3), 291–298.
- Febriani, A., Diniarti, N., & Setyono, B. D. H. (2022). Pengaruh kedalaman berbeda terhadap kandungan klorofil-a dan karotenoid rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di Perairan Teluk Ekas, Lombok Timur. *Jurnal Perikanan*, 12(4), 493–503. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i4.329>.
- Fernandes, J. F., Calado, R., Jeronimo, D., & Medeira, D. (2023). Thermal tolerance limits and physiological traits as determinants of species distribution under climate change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 27(4), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103577>.
- Francisca, N. E., & Muhsoni, F. F. (2021). Laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada salinitas yang berbeda. *Juvenil*, 2(3), 166–175. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.11271>.
- Gultom, C. R., Muskananfolo, M. R., & Purnomo, P. W. (2018). Hubungan kelimpahan makrozoobenthos dengan bahan organik dan tekstur sedimen dikawasan mangrove di Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Journal of Maquares*, 7(2), 172–179.
- Hanjaya, R., Wulandari, S. Y., Yusuf, M., & Zainuri, M. (2024). Sebaran bahan organik dan total padatan suspensi di Muara Sungai Loji, Kota Pekalongan. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2), 230–238.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v13i2.60171>.
- Haryono, F. E. D., Illahi, Z. Y., & Dewi, R. (2020). Investigation of total organic matter [TOM] content during high and low water in inter-tidal zone sediment at Teluk Penyu Coast, Cilacap, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 746, 1–6.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/746/1/012030>.
- Haumahu, S., Uneputty, P. A., & Pietersz, J. H. (2023). Diversitas spesies gastropoda pada zona intertidal Negeri Oma, Maluku Tengah (Species diversity of gastropods on intertidal zone of Oma village, Central Maluku). *Jurnal Moluska Indonesia*, 7(4), 43–52.
<https://doi.org/10.54115/jmi.v7i1.81>.

- Haumahu, S., & Uneputty, P. A. (2018). Morphometric variation of ten species of Nerita (Molluscs: Gastropods) in rocky intertidal zone of Oma Village, Central Moluccas, Eastern Indonesia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(3), 276–280.
- Hedianto, D. A. & Purnamaningtyas, S. E. (2011). Penerapan kurva ABC (rasio kelimpahan/ biomassa) untuk mengevaluasi dampak introduksi terhadap komunitas ikan di Waduk Ir. H. Djuanda. In Kartamihardja, E. S., Rahardjo, M. F. & Purnomo, K. (Eds.), *Prosiding Forum Nasional Pemacuan Sumber Daya Ikan III* (pp. POS-07, 11). Bandung: Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan.
- Helmi, L. A., Yuliati, & Prianto, E. (2025). Status ekologi perairan Sungai Umban Sari Kota Pekanbaru dengan bioindikator makrozoobentos menggunakan metode kurva ABC. *Jurnal Mina Sains*, 11(1), 23–36. <https://doi.org/10.30997/jmss.v11i1.15846>.
- Herawati, H., Patria, E., Hamdani, H., & Rizal, A. (2020). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator status pencemaran di Sungai Citarik, Jawa Barat. *IOP Conference Series: Earth Environ. Sci.* 535 halaman. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/535/1/012008>.
- Hermayani, A. H. (2024). Identifikasi Keanekaragaman Makrozoobentos di Perairan Kawasan Mangrove Desa Manyampa Kecamatan Ujunglooe Kabupaten Bulukumba (No Publikasi 29071) [Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar]. Repositori Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Hidayat, M., Nurjanah, R., & Yuliana, L. (2018). Pengaruh pencemaran organik terhadap komunitas makrozoobentos di Pesisir Jawa Barat. *Jurnal Ekologi Perairan*, 22(4): 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.08.007>.
- Huerta, J. C. A., Ramirez, C. J. C., Almeida, L. R. D., Chavez, V., & Silva, R. (2022). Interconnections between Coastal Sediments, Hydrodynamics, and Ecosystem Profiles on the Mexican Caribbean Coast. *Land*, 11, 524. <https://doi.org/10.3390/land11040524>.
- Ibrahim, A., Imroatusshoolikhah, I., Toruan, R., Akhdiana, I., & Lukman, L. (2020). Komunitas makroinvertebrata bentik di Perairan Situ Cibuntu, Jawa Barat. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 9(3), 501–509. <https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17633>.
- Indra, Haya, L. O. M. Y., & Takwir, A. (2021). Sebaran suhu permukaan laut menggunakan citra landsat-8 tirs di Perairan Kecamatan Mawasangka. *Sapa Laut*, 6(4), 329–337. <https://doi.org/10.33772/jsl.v6i4.21859>.
- Ishak, E., Lilian, Oetama, D., & Erawan, M. T. F. (2024). Size distribution of black gonggong snail canarium urceus, linnaeus 1758 based on seagrass percent cover in malalanda village, Kulisusu District, North Buton Regency.

- Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 712–717.
<http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6704>.
- Izzati, T., Munita, A. A., Kusuma, R. I., & Pradana, A. H. (2019). Analisa kualitas air tanah wilayah perindustrian Kabupaten Bekasi dan pemukiman penduduk Kota Bekasi, Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Infrastruktur*, 4(2), 81–85. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i2.693>.
- Kadiwala, J., Hesketh, A., & Shakur, R. (2025). The first genome assembly of the dogwhelk *nucella lapillus*, a bioindicator species for the marine environment. *Scientific Data*, 12, 704. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04764-9>.
- Kafi, S. U., Zulfikar, Z., & Khalil, M. (2024). Biometric and condition index of *Anadara antiquata* from the intertidal zone of Lhokseumawe, Indonesia. *Journal of Marine Studies*, 1(3), 1–7.
- Kalay, D. E., & Lewerissa, Y. A. (2022). Dominansi sedimen dasar hubungannya dengan kepadatan gastropoda dan bivalvia di perairan Pantai Tawiri Pulau Ambon. *Jurnal Triton*, 18(1), 28–37.
<https://doi.org/10.30598/TRITONvol18issue1page28-37>.
- Karplus, I., Kiflawi, M., & Abelson, A. (2018). Larval dispersal, settlement, and recruitment in rocky-shore gastropods: Ecological drivers and environmental constraints. *Marine Ecology Progress Series*, 604, 1–20.
<https://doi.org/10.3354/meps12736>.
- Kasmira, F., Nasution, S., & Mubarak, M. (2023). Community structure of macrozoobenthos as an indicator quality of coastal waters in tanah merah village. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 6(2), 229–237.
<https://doi.org/10.31258/ajaoas.6.2.229-237>.
- Kantor, Y. I., Stahlschmidt, P., Cormano, L. A., Bouchet, P., & Puillandre, N. (2017). Too familiar to be questioned? Revisiting the *Crassispira cerithina* species complex (Gastropoda: Conoidea: Pseudomelatomidae). *Journal of Molluscan Studies*, 83, 43–55. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyw036>.
- Koutsoubas, D., Galinou-Mitsoudi, S., & Damianidis, P. (2020). Ecology and life history traits of intertidal Muricidae: Adaptation strategies to dynamic shore environments. *Journal of Sea Research*, 164, 101930.
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101930>.
- Kurniadi, B., Agamawan, L. P. I., Basran, B., & Mahyudi, I. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Buaya Pulau Bunyu, Kalimantan Utara. *Manfish Journal*, 1(3), 161–167.
<https://doi.org/10.31573/manfish.v1i03.266>.
- Labbaik, M. A., Restu, A. I. W., & Pratiwi, A. M. A. (2018). Status pencemaran lingkungan Sungai Badung dan Sungai Mati di Provinsi Bali berdasarkan

- bioindikator phylum annelida. *Journal of Marine Sciences and Aquatic*, 4(2), 304–315. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02.304-315>.
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., & Setyati, W. A. (2020). Komposisi dan kelimpahan gastropoda pada ekosistem mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(1), 41–48. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i1.26104>.
- Latuconsina, H., Marasabessy, W., Prasetyo, H. D., & Kautsari, N. (2022). Biodiversitas dan distribusi harian iktiofauna di habitat padang lamun: hubungannya dengan habitat lainnya di perairan Pantai Desa Wamsisi, Pulau Buru Maluku. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 15(2), 441–452. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v15i2.441-452>.
- Lawa, D. R., Jasmanindar, Y., & Linggi, Y. (2024). Krustasea potensial untuk budidaya dari perairan Panmuti Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu Kelautan*, 5(1), 36–41. <https://doi.org/10.35726/jvip.v5i1.7330>.
- Lestari, F. D., Fatimatuzzahra, & Syukriah. (2021). Jenis-jenis gastropoda di zona intertidal Pantai Indrayanti, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Terapan*, 5(1), 187–193. <https://doi.org/10.35472/jsat.v5i1.301>.
- Lindawaty., Dewiyanti, I., & Karina, S. (2016). Distribudi dan kepadatan kerrang darah (*Anadara* sp.) berdasarkan tekstur substrat di perairan Ulee Lheue Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa dan Perikanan Universitas Siyah Kuala*, 1(1), 114–123.
- Lubis, L. P., Lestari, F., & Kurniawan, D. (2020). Tingkat kesesuaian kawasan wisata Pantai Desa Busung, Kecamatan Sari Kuala Lobam, Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 3(2), 30–39. <http://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v3i2.2480>.
- Lumingas, A. R. T., Boneka, F. B., Ompi, M., Mamangkey, N. G. F., Manembu, I. S., Undap, S. L., & Lumingas, L. J. L. (2022). Komunitas *polychaeta* dalam substrat lunak zona subtidal Teluk Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 10(1), 168–178. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39518>.
- Lunt, J., & Smee, D. L. (2019). Turbidity alters estuarine biodiversity and species composition. *ICES Journal of Marine Science*, 77(1), 379–387. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy108>.
- Magfiroh, Y., & Triajie, H. (2024). Asosiasi gastropoda terhadap kerapatan lamun. *Jurnal Perikanan*, 14(1), 41–52. <http://doi.org/10.29303/jp.v14i1.737>.
- Makmur, M. (2023). Struktur Komunitas Echinoidea di Pulau Kodingareng Lompo dan Kodingareng Keke, Makassar, Sulawesi Selatan. (Disertasi Tidak Terpublikasi). Universitas Hasanuddin Makassar.

- Mamaroba, S. P., & Moneva, C., S., O. (2020). Intertidal microhabitat preferences of cerithiidae in selected areas of Zamboanga del Norte and Misamis Occidental, Philippines. *International Journal of Biosciences*, 16(3), 157–166. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/16.3.157-166>.
- Mansur, L. K., Kasim, M., & Palupi, R. D. (2023). Karakteristik pola arus dan nutrien perairan pada areal budidaya rumput laut di Pantai Bone-Bone, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan*, 16(2), 125–138. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.17479>.
- Marshall, D. J., Mustapha, N., & Monaco, C. J. (2021). Conservation of thermal physiology in tropical intertidal snails following an evolutionary transition to a cooler ecosystem. *Conservation Physiology*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.1093/conphys/coad056>.
- Maxwell, S. J., & Rymer, T. L. (2022). A study of a population of *Canarium* (*Canarium*) *urceus* (Mollusca, Strombidae) from Nha Trang, Vietnam. *Strombus*, 28(1–2), 1–5.
- Meisaroh, Y., Restu, I. W., & Pebriani, D. A. A. (2019). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Pantai Serangan, Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(10), 36–43. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i01.p05>.
- Melsasail, K. M. (2022). Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos pada ekosistem mangrove di perairan Pantai Desa Sehati, Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Biologi Udayana*, 26(2), 207–215. <https://doi.org/10.24843/jbiounud.2022.v26.i02.p06>.
- Mentari, R. J., Yulianto, B., & Rahadian, R. (2025). Study of water quality and macrozoobenthos community structure in the Meduri River, Pekalongan Regency. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 4(2), 803–812. <https://doi.org/10.55927/fjmr.v4i2.76>.
- Mudloifah, I., & Purnomo, T. (2023). Analisis kualitas perairan di Pantai Asmoroqondi Kecamatan Palang Kabupaten Tuban menggunakan metode *principal component analysis* (PCA). *LenteraBio*, 12(3), 273–280. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p273-280>.
- Mustofa, A. (2018). Pengaruh total padatan tersuspensi terhadap biodiversitas makrozoobentos di Pantai Telukawur Kabupaten Jepara. *Jurnal Disprotek*, 9(1), 37–45.
- Nguyen, T., Le, P., & Tran, K. (2022). Ecological adaptations of estuarine shrimps in variable sedimentary habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 267, 107695. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107695>.

- Nisara, I. J. P., Novita, M. Z., Supendi, A., & Octorina, P. (2024). Kelimpahan Makrozoobenthos di Situ Cijeruk Kabupaten Sukabumi. *Zebra: Jurnal Ilmu Peternakan dan Ilmu Hewani*, 2(2), 83–98.
<https://doi.org/10.62951/zebra.v2i2.83>.
- Noris, M. (2020). Dampak eksploitasi terhadap keanekaragaman makrozoobentos di Pesisir Pantai Kalaki, Kecamatan Palibelo, Kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 8–91.
<https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v13i2.42068>.
- Nugraha, E., Sudarsono, I., & Mulyawati, F. (2022). Penanganan perubahan garis pantai pada Pantai Indramayu (Ruas: Muara Kali Eretan – Muara Sumber Mas). *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 8(2), 8–18.
<https://doi.org/10.31943/jri.v8i2.184>.
- Octarino, C. N., & Kristiadi, A. (2019). Karakteristik iklim mikro di ruang publik Studi Kasus: Jalur Pedestrian Malioboro, Yogyakarta. *Jurnal Arsitektur GRID*, 1(2), 6–9.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi*, Edisi Ketiga. Terjemahan T. Samingan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Odum, E. P. (1994). *Dasar-Dasar Ekologi*. (Samingan, T. Penerjemah). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Oktafitria, D., Purnomo, E., Nurjahyani, S. D., & Sriwulan. (2024). Fungsi dan peran makrozoobentos di area embung lahan bekas tambang tanah liat di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban. *Biology Natural Resource Journal*, 2(2), 59–64. <https://doi.org/10.55719/binar.v3i1.1009>.
- Patty, S. I., Nurdiansah, D., & Akbar, N. (2020). Sebaran suhu, salinitas, kekeruhan dan kecerahan di perairan Laut Tumbak-Bentenan, Minahasa Tenggara. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 3(1), 78–87.
<https://doi.org/10.33387/jikk.v3i1.1862>.
- Paulus, C. A., Soewarlan, L. C., & Ayubi, A. A. (2020). Sebaran jenis sampah laut dan dampaknya terhadap kepadatan populasi dan keanekaragaman makrozoobentos pada kawasan mangrove di Pesisir Kelurahan Oesapa Barat, Kota Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(2), 105–118.
- Pechenik, J. A. (2022). *Biology of the Invertebrates (8th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Pelealu, G. V., Koneri, R., & Butarbutar, R. R. (2018). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18(2), 97–102.
<https://doi.org/10.35799/jis.18.2.2018.21158>.

- Permana, B., Syafei, D. I., Syafei, H., Olifvia, O., Fitri, N. C., Sundari, N. R., Sahari, W., Venesia, D., Aini, A. N., Gamellia, B. O., Katipah, K., Arif, M., & Anggraani, A. (2020). Analisis sifat fisika dan derajat keasaman terhadap kualitas air minum isi ulang 20 rumah RW 01 di Kampung Cilember, Desa Jogjogan, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor. *Risenologi*, 5(1), 64–69.
- Piazza, V., Ullmann, C. V., & Aberhan, M. (2020). Temperature-related body size change of marine benthic macroinvertebrates across the Early Toarcian Anoxic Event. *Scientific Reports*, 10(4675), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61393-5>.
- Pilly, S. S., Roche, R. C., Richardson, L. E., & Turner, J. R. (2024). Depth variation in benthic community response to repeated marine heatwaves on remote Central Indian Ocean reefs. *Royal Society Open Science*, 11(3), 1–18. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.7103075>.
- Pingki, T., & Sudarti. (2021). Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian Sungai Bladak dan Sungai Kedungrawis di Kabupaten Blitar. *Budidaya Perairan*, 9(2), 54–63. <https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>.
- Pinontoan, M., Paulus, J. J. H., Wullur, S., Rompas, R. M., Ginting, E. L., & Pelle, W. E. (2023). Oksigen terlarut dan pH di air sisipan sedimen mangrove dan pesisir di Desa Bulutui, Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 11(1), 132–138. <https://doi.org/10.35800/jplt.11.1.2023.52733>.
- Pramika, L., Muliadi, & Minsas, S. (2021). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pulau Kabung, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), 10–19. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v4i1.44830>.
- Pranoto, H. (2017). Studi Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Perairan Bedagai, Kecamatan Tanjung Beringin, Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Biosains*, 3(3), 125–130. <https://doi.org/10.24114/jbio.v3i3.8107>.
- Pratama, B. R., Pranowo, W. S., & Prasita, D. V. (2025). Analisis karakteristik arus pada beberapa kedalaman di Laut Jawa sepanjang tahun 2024. *Jurnal Chart Datum*, 11(1), 53–62. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v11i1.375>.
- Pratama, H. H., Purnomo, P. W., & Jati, O. E. (2023). Status pencemaran habitat berdasarkan kelimpahan makrozoobentos di Pulau Marongan, Rembang. *Jurnal Pasir Laut*, 7(2), 92–97. <https://doi.org/10.14710/jpl.2023.58554>.
- Priani, N. K., Mawardi, A. L., & Elfrida. (2020). Dinamika populasi bivalvia di Pesisir Kuala Tanjung, Kabupaten Batu Bara. *Jurnal Biologi Edukasi*, 14(1), 21–25. <https://doi.org/10.24815/jbe.v14i1.25471>.

- Prihatin, N., Melani, W. R., & Muzammil, W. (2021). struktur komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas Perairan Kampung Baru, Desa Sebong Lagoi, Kabupaten Bintan. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 5(1), 20–28. <https://doi.org/10.29244/jppt.v5i1.34541>.
- Purba, N. C., & Fitrihidajati, H. (2021). Kualitas perairan sungai sadar berdasarkan indeks keanekaragaman makrozoobentos dan kadar logam berat (Pb) di Kabupaten Mojokerto. *LenteraBio*, 10(3), 292–301. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n3.p292-301>.
- Purnama, R., Sari, D., & Wijaya, A. (2022). Studi komprehensif pencemaran perairan oleh industri dan permukiman di kawasan pantai. *Jurnal Pencemaran Lingkungan*, 23(1), 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.jpl.2022.01.001>.
- Puspitasari, H., Fianjani, A. S., Viana, R. O., Transendenti, A. S., Handayani, A. M. T., Adharani, N., & Fikriyya, N. (2023). Keanekaragaman makrozoobentos Sungai Logawa, Jawa Tengah. *Jurnal Maiyah*, 2(3), 257–26. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2023.2.3.9613>.
- Putriningtias, A., Bahri, S., Faisal, T. M., & Harahap, A. (2021). Kualitas perairan di daerah Pesisir Pulau Ujung Perling, Kota Langsa, Aceh. *Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 2(2), 95–99. <https://doi.org/10.29244/HAJ.2.1.95>.
- Rabiul, A. N. (2023). Keterkaitan Jenis Substrat Dengan Jenis Makrozoobentos di Ekosistem Mangrove Pulau Pannikiang Kabupaten Barru Tahun 2023 (No Publikasi 25424) [Skripsi, Universitas Hasanuddin Makassar]. Repository Universitas Hasanuddin Makassar.
- Rahayu, N. L., Hilmi, E., Artini, D., Listyaningrum, S. F., Widiyatama, R. T. P., & Ansah, A. A. (2024). The aquatic productivity using the indicator of plankton diversity and abundance in Telaga Dringo, Indonesia. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 9(1), 66–73. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i1.7497>.
- Rahmadhani, G. W., & Martuti, N. K. T. (2023). Keanekaragaman makrozoobentos di sekitar alat pemecah ombak wilayah Pesisir Kota Semarang sebagai data awal upaya konservasi. *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Indonesia*, 4(2), 74–82.
- Rahman, F. N., Tambaru, R., Lanuru, M., Lanafie, Y. A., & Samawi, M. F. (2023). Macrozoobenthos diversity as a bioindicator of water quality around the Center Point of Indonesia (CPI). *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.20956/jiks.v9i1.19960>.
- Rahyudin, E., Ramli, M., & Nurgayah, W. (2020). Komposisi jenis dan pola distribusi krustasea pada ekosistem mangrove di Desa Laosu Jaya,

- Kecamatan Bondoala Kabupaten Konawe. *Sapa Laut*, 5(3), 193–201.
<https://doi.org/10.33772/jsl.v5i3.13447>.
- Raiba, R., Ishak, E., & Permatahati, Y. I. (2022). Struktur komunitas gastropoda epifauna intertidal di Perairan Desa Lampanairi, Kecamatan Batauga, Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 6(2), 87–102. <https://doi.org/10.33772/jsipi.v6i2.17>.
- Reynold, S. C. (1971). *A Manual of Introductory Soil Science and Simple Soil Analysis Methods*. California. South Pasific Comission.
- Rijaluddin, A.F., Wijayanti, F., & Haryadi, J. (2017). Struktur komunitas makrozoobentos di Situ Gintung, Situ Bungur, dan Situ Kuru, Ciputat Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 139–147.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.1613>.
- Riniwati, H., Harahab, N. & Abidin, Z. (2019). A vulnerability analysis of coral reefs in coastal ecotourism areas for conservation management. *diversity*. 11(107), 2–15. <https://doi.org/10.3390/d11070107>.
- Rizka, S., Muchlisin, Z. A., Akyun, Q., Fadli, N., Dewiyati, I., & Halim, A. (2016). Komunitas makrozoobentos di perairan estuaria Rawa Gambut Tripa, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), 134–145.
- Rosalina, D., Sofarini, D., Serdiati, N., & Sari, S. P. (2022). Keanekaragaman makrozoobentos di Pantai Tukak, Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 17(3), 89–198.
- Rosdatina, Y., Apriadi, T., & Melani, W. R. (2019). Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas Perairan Pulau Penyengat, Kepulauan Riau. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 3(2), 309–317.
<https://doi.org/10.36813/jplb.3.2.309-317>.
- Sadewi, L. S., Nugraha, M. A., & Akhrianti, I. (2022). Konsentrasi dan distribusi karbon organik (TOC), total nitrogen (TN) dan rasio c/n pada sedimen di perairan kawasan Pelabuhan Pangkal Balam, Bangka. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(2), 121–130.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i2.2552>.
- Sahidin1, A., Zahidah, Herawati, H., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., & Partasasmita, R. (2018). Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(3), 1123–1129.
<http://doi.org/10.13057/biodiv/d190347>.

- Santya, A., Akhrianti, I., Hudatwi, M. (2023). Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos pada ekosistem mangrove di Desa Kurau Barat. *Jurnal Perikanan*, 13(3), 913–92. <http://doi.org/10.29303/jp.v13i3.648>.
- Saputra, Y. O., Hudatwi, M., & Utami, E. (2024). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pantai Peltim, Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 7(2), 104–112. <http://dx.doi.org/10.26418/lkuntan.v7i2.72500>.
- Saputri, M., & Muammar, M. (2018). Karakteristik habitat kepiting bakau (*Scylla* sp.) di ekosistem mangrove Silang Cadek, Kecamatan Baitulssalam, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 6(1), 75–80. <https://doi.org/10.22373/biotik.v6i1.4436>.
- Sarah, Y., Najmi, N., Darmarini, A. S., & Hermansyah. (2023). Kepadatan makrozoobentos di Perairan Peunaga Rayeuk, Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*, 10(1), 11–20. <https://doi.org/10.35308/jpt.v10i1.4834>.
- SeaLifeBase. (2025). *Nerita fulgurans* summary page. Retrieved from <https://www.sealifebase.se/summary/Nerita-fulgurans.html>.
- Sembel, S. N. K., Sabar, M., Benua, R. L., Subur, R., Fabanjo, M. A., & Samman, A. (2024). Hubungan kelimpahan gastropoda dengan bahan organik total (BOT) sedimen pada habitat mangrove di Kelurahan Gambesi, Kecamatan Ternate Selatan, Kota Ternate. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 210–219. <https://doi.org/10.29303/jtb.v24i2b.7867>.
- Setiawan, A., Prasetyo, L., & Wulandari, D. (2020). Pengaruh wisata pantai terhadap kualitas perairan dan pencemaran plastik di Pesisir Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 19(1), 112–125. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2020.04.005>.
- Shi, L., Zhang, Y., & Wang, X. (2020). Sediment resuspension dynamics in shallow coastal zones and impacts on organic matter distribution. *Continental Shelf Research*, 198, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104048>.
- Siagian, E. T., Manik, R. R. D. S., & Sinaga, M. P. (2023). Studi keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Tanjung Pinggir, Kecamatan Siantar Martoba, Kota Pematang Siantar, Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Wilayah, Kota dan Lingkungan Berkelanjutan*, 2(2), 10–27. <https://doi.org/10.58169/jwikal.v2i2.223>.
- Siahaan, J. W., Warsidah, & Nurdiansyah, S. I. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos di Pantai Gosong, Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(3), 130–138. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v4i3.48095>.

- Sihombing, A. C., Heriansyah, Rais, A. H., Kaban, S., & Zurba, N. (2022). Manajemen kualitas air di Balai Riset Perikanan Perairan Umum dan Penyuluhan Perikanan (BRPPUPP) Palembang. *Journal of Aceh Aquatic Science*, 6(2), 107–118. <https://doi.org/10.35308/jaas.v6i2.7487>.
- Silulu, P., Farnis, & Gustaf, F. (2013). Biodiversitas kerang oyster (molusca, bivalvia) di daerah intertidial Halmahera Barat, Maluku Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(2), 67–73. <https://doi.org/10.35800/jip.1.2.2013.1247>.
- Sirajudin, H., & Putri, S. N. (2022). Kontrol kedalaman sebagai parameter sifat fisik dan kimia perairan Pantai di Pulau Dutungan, Kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 102–109. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v5i2.24239>.
- Siwi, L. O., Kahirun, Sudia, L. B., Midi, L. O., Erif, L. O. M., & Jamaludin, N. (2023). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Kambu berdasarkan penggunaan lahan di Kota Kendari. *Bio Wallacea: Jurnal Penelitian Biologi*, 10(2), 162–173.
- Sofiyani, R. G., Muskananfola, M. R., & Sulardiono, B. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo sebagai bioindikator kualitas perairan. *Life Science*, 10(2), 150–161. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54446>.
- Sudia, L. B., Indriyani, L., Erif, L. O. M., Hidayat, H., Qadri, M. S., Alimuna, W., Bana, S., & Hadjar, N. (2020). Kelimpahan makrozobenthos dan kualitas air sungai yang bermuara di Teluk Kendari. *Jurnal Ecosolum*, 9(1), 90–100. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v9i1.10342>.
- Suharjono, S. (2021). Pengukuran faktor-faktor fisika kimia sebagai dasar pengelolaan di perairan Sungai Lilin Kabupaten Musi Banyuasin. *Environmental Engineering Journal*, 1(2), 21–31.
- Suhendra, N., Hamdani, H., & Sahidin, A. (2019). Struktur komunitas makroinvertebrata di wilayah Pantai berkarang Karapyak Pesisir Pangandaran. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 103–110.
- Sulaeman, D., Nurruhwati, I., Hasan, Z., & Hamdani, H. (2020). Spatial distribution of macrozoobenthos as bioindicators of organic material pollution in the Citanduy River, Cisayong, Tasikmalaya Region, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 9(1), 32–42. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2020/v9i130152>.
- Sunarti, N. R., Sari, R. P., & Walid, A. (2020). Dampak pencemaran Pantai Tapak Paderi, Kota Bengkulu akibat sampah terhadap kelestarian laut di Indonesia. *Terapan Informatika Nusantara*, 1(3), 109–112.

- Supratman, O., Farhaby, M. A., & Ferizel, J. (2018). Kelimpahan dan keanekaragaman gastropoda pada zona intertidal di Pulau Bangka Bagian Timur. *Jurnal Enggano*, 3(1), 10–21.
<https://doi.org/10.31186/jenggano.3.1.10-21>.
- Supriatna, Mahmudi, M., Musaa, M., & Kusriana. (2020). Hubungan pH dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 368–374.
<https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.8>.
- Supriyanto, M. N., Jailani, & Taru, P. (2023). Struktur komunitas makrozoobentos pada padang lamun di Perairan Teluk, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 161–169.
<https://doi.org/10.30872/tas.v2i2.574>.
- Sutriyono, A., Wijaya, H., & Putri, F. (2021). Influence of water depth and hydrodynamics on sediment organic content in intertidal zones. *Ocean dan Coastal Management*, 208, 105634.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105634>.
- Syahrul, Nur, M., Fajriani, Takril, & Fitriah, R. (2021). Analisis kesesuaian kualitas air sungai dalam mendukung kegiatan budidaya perikanan di Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Provinsi Sulawesi Barat. *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science*, 3(1), 172–181.
<https://doi.org/10.31605/siganus.v3i1.1210>.
- Teristiandi, N., & Yuliana, M. (2025). The influence of physicochemical parameters on the abundance of macrozoobenthos in Kungkulan River, South Sumatera. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 12(1): 228–236.
- Trianto, M., Nuraini, N., Sukmawati, S., dan Kisman, M. D. (2020). Keanekaragaman genus serangga air sebagai bioindikator kualitas perairan. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), 61–68.
<https://doi.org/10.31764/justek.v3i2.3562>.
- Trimadhona, P. S., Darwati, H., & Latifah, S. (2022). Keanekaragaman jenis gastropoda di hutan mangrove Telok berdiri Desa Sungai Kupah, Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis*, 1(4), 1219–1227.
- Umanailo, M. T., Manembu, I. S., Manengkey, H. W. K., Paruntu, C. P., Lintang, R. A. J., & Pelle, W. E. (2021). Kondisi karang scleractinia di Perairan Bulutui, Kecamatan Likupang Barat, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(2), 95–102.
<https://doi.org/10.35800/jplt.9.2.2021.35568>.
- Wahyuningrum, E. S., Muskananfolo, M. R., & Suryanto, A. (2016). Hubungan tekstur sedimen, bahan organik dengan kelimpahan biota makrozoobentos di

- Perairan Delta Wulan, Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 5(1), 46–51. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14636>.
- Wahyuningsih, E., & Umam, K. (2022). Keanekaragaman Gastropoda di Sungai Logawa Banyumas. *Binomial*, 5(1), 81–94. <https://doi.org/10.46918/bn.v5i1.1244>.
- Walkley, A. & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.
- Wang, D., & Chen, L. (2024). Tidal currents and organic matter transport in coastal ecosystems: implications for benthic habitat quality. *Estuarine: Coastal and Shelf Science*, 278, 108881. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108881>.
- Warwick, R. M. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 562(92), 557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00392515>.
- Widhiandari, P. F. A., Watiniasih, N. L., & Pebriani, D. A. A. (2021). Bioindikator makrozoobentos dalam penentuan kualitas perairan di Tukad Mati Badung, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 4(1), 49–56.
- Wijayatno, M. F. S., Muslim, & Atmodjo, W. (2022). Hubungan sebaran silikat dan total bahan organik di Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(2), 173–187. <https://doi.org/10.14710/ijoc.v6i2.16881>.
- Wishnu, N. P., Hartati, R., Suprijanto, J., Soenardjo, N., & Santosa, G. W. (2020). Komunitas makrozoobentos pada substrat dasar lunak di Muara Sungai Wulan, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(1), 19–26.
- World Register of Marine Species (WoRMS). (2023). *Conomurex luhuanus species profile*. Retrieved from <https://www.marinespecies.org>.
- Wulandari, S. A., Susanti, I., & Farid, M. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos di Kawasan Konservasi Taman Nasional Baluran, Situbondo. *Prosiding Semnas Biologi Ke-9 FMIPA Universitas Negeri Semarang*, 84–90.
- Yeo, H., H., J., Loke, L., H., L., & Todd, P., A. (2024). Population size and movement ecology of intertidal gastropods on rocky shores and seawalls in Singapore. *Journal of Molluscan Studies*, 90(2), 1–9. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyae016>.

- Yunita, F., Leiwakabessy, F., & Rumahlatu, D. (2018). Macrozoobenthos community structure in the coastal waters of Marsegu Island, Maluku, Indonesia. *International Journal of Applied Biology*, 2(1), 1–11.
- Yunus, M., & Siahainenia, L. (2019). Keterkaitan karakteristik habitat dengan kepadatan kepiting bakau pada ekosistem mangrove Desa Evu, Kecamatan Hoat Soarbay, Kabupaten Maluku Tenggara. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 15(2), 58–68.
<https://doi.org/10.30598/TRITONvol15issue2page58-68>.
- Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian kualitas air berdasarkan keanekaragaman meiofauna dan parameter fisika-kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 45–57.
<https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57>.
- Zainuri, M., Indriyawati, N., Syarifah, W., & Fitriyah, A. (2023). Korelasi intensitas cahaya dan suhu terhadap kelimpahan fitoplankton di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 20–26.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.44763>.
- Zallesa, S. I., Riyantini, S., Astuty, Y. A., Nurrahman, I., Faizal, S., Arsad, M. K., Martasuganda, & Prasetya, F. S. (2020). A survey of macrozoobenthos assemblages in a tropical mangrove estuary in Brebes, Java Island. *Omni-Akuatika*, 16(1), 62–68. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2020.16.1.754>.
- Zamdial, Hartono, D., Rhamadhon, A., Herliany, N., & Muqsit, A. (2021). Analisis karakteristik habitat kepiting bakau (*Scylla* spp.) di ekosistem mangrove Kelurahan Kandang Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(1), 239–252. <https://doi.org/10.31186/naturalis.10.1.17931>.
- Zhang, L., Wang, Y., & Li, J. (2016). Physiological and behavioral responses of *Nassarius* spp. to environmental stressors in coastal sedimentary habitats. *Marine Environmental Research*, 122, 90–99.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.09.004>.