

**TINGKAT PENCEMARAN PERAIRAN PANTAI CEMARA, DESA
MERAH BELANTUNG, KECAMATAN KALIANDA, LAMPUNG
SELATAN BERDASARKAN KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS**

SKRIPSI

Oleh

**AMIRRUL ALAM NASYRAH
NPM 2114201032**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**TINGKAT PENCEMARAN PERAIRAN PANTAI CEMARA, DESA
MERAH BELANTUNG, KECAMATAN KALIANDA, LAMPUNG
SELATAN BERDASARKAN KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS**

Oleh

AMIRRUL ALAM NASYRAH

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

TINGKAT PENCEMARAN PERAIRAN PANTAI CEMARA, DESA MERAK BELANTUNG, KECAMATAN KALIANDA, LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS

Oleh

AMIRRUL ALAM NASYRAH

Pantai Cemara yang terletak di Dusun Kenjuru, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, merupakan salah satu destinasi wisata pantai di Kabupaten Lampung Selatan. Aktivitas wisata bahari dan kegiatan antropogenik di kawasan tersebut berpotensi menurunkan kualitas air serta mengganggu fungsi ekologis perairan. Makrozoobentos merupakan salah satu indikator biologi yang digunakan untuk menilai kualitas lingkungan karena kepekaannya terhadap perubahan kondisi perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran perairan Pantai Cemara berdasarkan komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni 2025 di tiga stasiun dengan karakteristik berbeda, yaitu kawasan *hatchery*, wisata, dan dermaga. Metode pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan tiga kali pengulangan. Analisis dilakukan terhadap parameter biologi, fisika, dan kimia air. Analisis statistik menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) dan kurva *K-Dominance*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 20 spesies makrozoobentos dari enam kelas dengan kelas Gastropoda sebagai kelompok paling dominan. Nilai keanekaragaman (H') berkisar 0,9–1,8 (sedang), keseragaman (E') berkisar 0,6–0,9 (tinggi), dominansi (C) berkisar 0,2–0,5 (rendah), sedangkan hasil kurva *K-Dominance* mengindikasikan kondisi perairan *moderately disturbed* atau mengalami gangguan sedang. Aktivitas antropogenik seperti wisata, *hatchery*, dermaga, dan limbah rumah tangga diduga menjadi penyebab utama penurunan kualitas perairan. Secara keseluruhan, perairan Pantai Cemara tergolong dalam kategori tercemar sedang, namun masih mampu mendukung kehidupan biota bentik.

Kata Kunci: Kualitas Air, Makrozoobentos, Pantai Cemara, Pencemaran

ABSTRACT

THE POLLUTION LEVEL OF CEMARA BEACH WATERS, MERAK BELANTUNG VILLAGE, KALIANDA DISTRICT, SOUTH LAMPUNG, BASED ON THE MACROZOOBENTHOS COMMUNITY

By

AMIRRUL ALAM NASYRAH

Cemara Beach, located in Kenjuru Hamlet, Merak Belantung Village, Kalianda District, was one of the coastal tourist destinations in South Lampung Regency. Marine tourism activities and anthropogenic influences in the area had the potential to decrease water quality and disrupt the ecological functions of the aquatic environment. Macrozoobenthos were used as biological indicators to assess environmental quality due to their sensitivity to changes in aquatic conditions. This study aimed to determine the pollution level of Cemara Beach waters based on macrozoobenthos communities as bioindicators. The study was conducted from May to June 2025 at three stations with different characteristics, namely the hatchery, tourism, and harbor areas. Sampling was carried out using a purposive sampling method with three replications. Analyses were performed on biological, physical, and chemical parameters of the water. Statistical analyses employed Principal Component Analysis (PCA) and the K-Dominance curve. The results showed 20 species of macrozoobenthos from six classes, with Gastropoda being the most dominant group. The diversity index (H') ranged from 0.9 to 1.8 (moderate), evenness index (E') ranged from 0.6 to 0.9 (high), and dominance index (C) ranged from 0.2 to 0.5 (low). The K-Dominance curve indicated that the waters were moderately disturbed. Anthropogenic activities such as tourism, hatchery operations, harbor activities, and domestic waste were suspected to be the main causes of water quality degradation. Overall, the waters of Cemara Beach were classified as moderately polluted but still capable of supporting benthic life.

Keywords: Cemara Beach, Macrozoobenthos, Pollution, Water Quality

Judul skripsi : **TINGKAT PENCEMARAN PERAIRAN PANTAI
CEMARA, DESA MERAK BELANTUNG,
KECAMATAN KALIANDA, LAMPUNG
SELATAN BERDASARKAN KOMUNITAS
MAKROZOOBENTOS**

Nama Mahasiswa : **Amirrul Alam Nasyrach**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2114201032**

Program Studi : **Sumberdaya Akuatik**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Herman Yulianto, S.Pi., M.Si.
NIP. 197907182008121002

David Julian, S.Pi., M.Sc.
NIP. 199207032022031010

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Herman Yulianto, S.Pi., M.Si.

Sekretaris : David Julian, S.Pi., M.Sc.

Anggota : Putu Cinthia Delis, S.Pi., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Januari 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amirrul Alam Nasyrh
Npm : 2114201032
Judul Skripsi : Tingkat Pencemaran Perairan Pantai Cemara, Desa Merak
Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan
Berdasarkan Komunitas Makrozoobentos

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, 12 Maret 2026

Yang membuat pernyataan

A yellow revenue stamp (Meterai Tempel) with a value of 10,000 is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '4A4EANX306412982'. The signature is written in black ink over the stamp.

Amirrul Alam Nasyrh

NPM. 2114201032

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kalianda, Lampung Selatan, Lampung pada tanggal 25 Oktober 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Suhaimi dan Ibu Eva Yunita. Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Bratasena Adiwarna (2007–2009), Sekolah Dasar Islam Terpadu (SDIT) Insan Cendikia, Pasiran Jaya, Dente Teladas, Tulang Bawang (2009–2015), lalu melanjutkan Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Muhsin Metro Utara, Kota Metro (2015–2018), dan melanjutkan ke Madrasah Aliyah (MA) Al-Muhsin Metro Utara, Kota Metro (2018–2021). Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) pada tahun 2021 di Universitas Lampung, Fakultas Pertanian, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Prodi Sumberdaya Akuatik melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) FP Unila sebagai anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat periode 2024. Penulis juga pernah menjadi asisten mata kuliah Renang, dan Ekologi Perairan Tropis. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Balai Benih Ikan Sentral (BBIS) Purbolinggo, Lampung Timur selama 14 hari pada bulan Januari 2024. Penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Padan, Kecamatan Penengahan, Lampung Selatan selama 40 hari pada bulan Januari–Februari 2024. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Pulau Pramuka, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta pada tahun 2024.

Untuk orang tercinta, Bapak Suhaimi dan Ibu Eva Yunita, S.Pd., Gr.
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 “*Tingkat Pencemaran Perairan Pantai Cemara, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan Berdasarkan Komunitas Makrozoobentos*” 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 Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Herman Yulianto, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. David Julian, S.Pi., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekertaris;
5. Putu Cinthia Delis, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Penguji;
6. Darma Yuliana, S.Kel., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kepada kedua orang tua, Ayah Suhaimi, Ibu Eva Yunita, adik, dan teman-teman Sumberdaya Akuatik 2021.

Bandar Lampung, 12 Maret 2026

Amirrul Alam Nasyrh

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ekosistem Pantai.....	5
2.2 Kualitas Perairan Makrozoobentos	6
2.2.1 Parameter Fisika	7
2.2.2 Parameter Kimia.....	10
2.3 Klasifikasi Makrozoobentos	12
2.4 Makrozoobentos sebagai Bioindikator	15
III. METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.1.1 Waktu Penelitian.....	18
3.1.2 Tempat Penelitian	18
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	19
3.2.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2.2 Alat Penelitian	19
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.3.1 Penentuan Stasiun Penelitian.....	20
3.3.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos	21
3.3.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air	22
3.3.3.1 Suhu.....	22
3.3.3.2 Kecerahan	22
3.3.3.3 Kedalaman.....	23
3.3.3.4 Kecepatan Arus.....	23
3.3.3.5 Tipe Sedimen	23
3.3.3.6 Derajat Keasaman (pH)	23
3.3.3.7 Salinitas	24
3.3.3.8 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	24
3.3.3.9 Bahan Organik Total (BOT)	24

3.4 Analisis Data.....	25
3.4.1 Kelimpahan (K)	25
3.4.2 Indeks Keanekaragaman (H').....	25
3.4.3 Indeks Keseragaman (E')	26
3.4.4 Indeks Dominansi (C).....	27
3.4.5 Analisis Kurva K-Dominance	27
3.4.6 Analisis PCA (<i>Principal Component Analysis</i>).....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	30
4.2 Parameter Kualitas Air Pantai Cemara	32
4.2.1 Suhu.....	32
4.2.2 Kecerahan	32
4.2.3 Kedalaman.....	33
4.2.4 Kecepatan Arus.....	33
4.2.5 Derajat Keasaman (pH)	34
4.2.6 Oksigen Terlarut (DO).....	34
4.2.7 Bahan Organik Total (BOT) Sedimen	35
4.2.8 Salinitas	36
4.3 Jenis Makrozoobentos.....	36
4.4 Kelimpahan Makrozoobentos	38
4.5 Indeks Keanekaragaman (H')	42
4.6 Indeks Keseragaman (E').....	43
4.7 Indeks Dominansi (C).....	44
4.8 Kurva K-Dominance.....	45
4.9 Analisis PCA.....	48
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria kandungan bahan organik dalam sedimen	11
2. Bahan penelitian yang digunakan beserta konsentrasi/volume, merek, dan fungsinya	19
3. Alat penelitian yang digunakan beserta merek, dan fungsinya	19
4. Deskripsi dan karakteristik stasiun pengambilan sampel penelitian.....	20
5. Parameter fisika-kimia kualitas air pada tiga stasiun pengamatan, dan kesesuaiannya dengan baku mutu air laut.....	32
6. Jumlah jenis makrozoobentos setiap stasiun di Pantai Cemara	36
7. Nilai rata-rata kelimpahan makrozoobentos pada tiga stasiun pengamatan	38
8. Kelimpahan makrozoobentos stasiun 1 berdasarkan spesies	38
9. Kelimpahan makrozoobentos stasiun 2 berdasarkan spesies	40
10. Kelimpahan makrozoobentos stasiun 3 berdasarkan spesies	41
11. Nilai rata-rata indeks keanekaragaman makrozoobentos pada tiga stasiun pengamatan	42
12. Nilai rata-rata indeks keseragaman makrozoobentos pada tiga stasiun pengamatan	43
13. Nilai rata-rata indeks dominansi makrozoobentos pada tiga stasiun pengamatan	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. Peta lokasi penelitian.....	19
3. Ilustrasi pengambilan sampel.....	21
4. Kurva K-Dominance.	28
5. Stasiun 1	30
6. Stasiun 2	31
7. Stasiun 3	31
8. Kurva K-Dominance stasiun 1 di Pantai Cemara	45
9. Kurva K-Dominance stasiun 2 di Pantai Cemara	46
10. Kurva K-Dominance stasiun 3 di Pantai Cemara	47
11. Hubungan parameter kualitas air dengan makrozoobentos Pantai Cemara	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Klasifikasi jenis makrozoobentos	63
2. Dokumentasi pengukuran kualitas air	68
3. Hasil pengukuran bahan organik total (BOT) sedimen.....	69

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Wilayah Merak Belantung merupakan kawasan pesisir yang memiliki potensi wisata bahari, salah satunya Pantai Cemara. Pantai Cemara terletak di Dusun Kenjuru, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Desa Merak Belantung memiliki luas wilayah sekitar 14,10 km² dan termasuk dalam wilayah pesisir (tepi laut) dengan topografi datar. Secara geografis, desa ini berjarak sekitar 19 km dari Kecamatan Kalianda, 17 km dari ibu kota Kabupaten Lampung Selatan, dan 46 km dari Provinsi Lampung, Bandar Lampung (BPS, 2021). Pantai ini menawarkan keindahan alam yang memukau dengan pemandangan Gunung Rajabasa, pasir putih yang halus, dan air laut yang jernih, serta barisan pohon kelapa yang rindang. Pantai Cemara menawarkan keindahan alam yang memukau dan menciptakan suasana sejuk dan nyaman, sehingga pantai ini seringkali menjadi pilihan wisatawan untuk berlibur.

Aktivitas wisata yang berkembang di kawasan ini, seperti kegiatan rekreasi pantai dan wisata bahari, berpotensi memberikan dampak terhadap kualitas lingkungan perairan serta ekosistem pesisir, dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air dan terganggunya fungsi dari ekologis perairan. Penurunan kualitas air dapat diakibatkan oleh kegiatan antropogenik. Kegiatan antropogenik yang terdapat di Pantai Cemara seperti kegiatan wisata, permukiman, *hatchery*, industri ikan asin, aktivitas di dermaga, dan lalu lintas kapal dapat menurunkan kualitas perairan yang berdampak pada organisme atau biota yang hidup di dalamnya. Organisme yang hidup di lingkungan dengan kualitas air yang menurun akan mengalami gangguan dalam fungsi fisiologis, bahkan bisa mengalami kematian

jika tidak mampu beradaptasi dengan perubahan kualitas air. Perubahan ini bisa disebabkan oleh faktor-faktor seperti suhu, salinitas, kecerahan, tingkat oksigen, atau jumlah bahan organik yang ada di dalam ekosistem perairan (Simbolon, 2016).

Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk menilai kondisi perairan adalah melalui analisis komunitas makrozoobentos. Organisme bentik ini hidup menetap di dasar perairan dan memiliki respons yang berbeda terhadap perubahan lingkungan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator kualitas air (Prihatin et al., 2021). Struktur komunitas makrozoobentos, yang tercermin dari nilai keanekaragaman, keseragaman, dominansi, dan kelimpahan, mampu menggambarkan tingkat gangguan atau pencemaran suatu perairan. Keanekaragaman yang tinggi umumnya menunjukkan kondisi lingkungan yang relatif stabil, sedangkan nilai keanekaragaman yang rendah mengindikasikan adanya tekanan ekologis (Amizera et al., 2015).

Keanekaragaman makrozoobentos sangat dipengaruhi oleh perubahan kualitas air dan substrat. Struktur komunitas makrozoobentos sangat penting karena memberikan informasi status kualitas air (Siwi et al., 2023). Pengukuran parameter kualitas fisika maupun kimia air melalui serangkaian pengamatan dan perhitungan indeks keanekaragaman makrozoobentos diperlukan dalam upaya pemeliharaan kesehatan lingkungan dan keberlanjutan kehidupan biota yang berada di perairan Pantai Cemara. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian kualitas perairan berdasarkan makrozoobentos di Pantai Cemara Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas perairan Pantai Cemara.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui status pencemaran berdasarkan makrozoobentos di Pantai Cemara, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan.

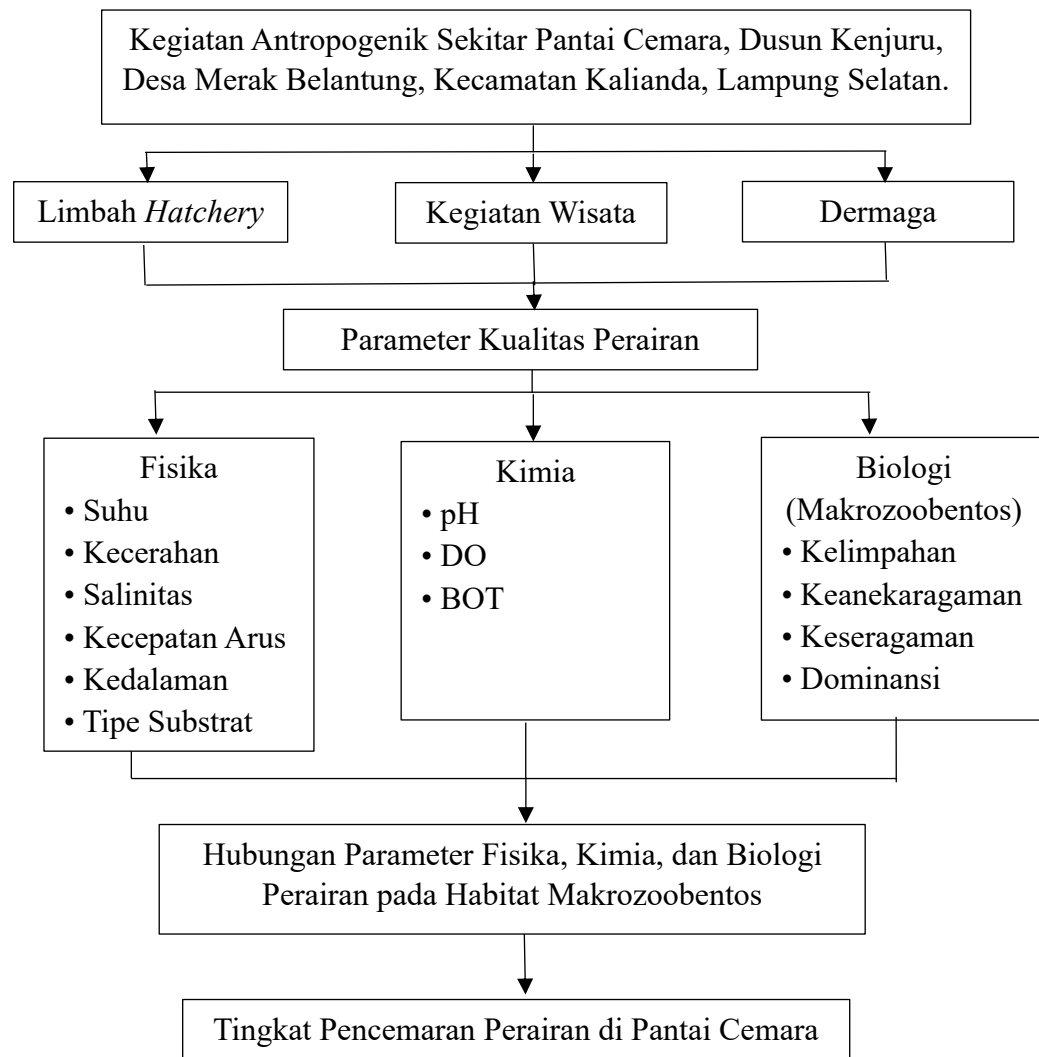
1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah tersedianya informasi tentang kondisi perairan di Pantai Cemara, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pengelola/ pemerintah kabupaten untuk memerhatikan kondisi dan menjaga kelestarian lingkungan dan organisme makrozoobentos di perairan Pantai Cemara.

1.4 Kerangka Pikir

Pantai Cemara Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan merupakan salah satu tempat yang dijadikan sebagai obyek wisata bahari. Berbagai aktivitas manusia di sekitaran Pantai Cemara, seperti wisata, *hatchery*, dermaga, dan pemukiman dapat memengaruhi kualitas perairan secara langsung maupun tidak langsung. Aktivitas pemukiman menghasilkan limbah domestik, seperti sampah rumah tangga, limbah cair, dan bahan kimia yang dapat mencemari perairan. Kawasan wisata pantai menarik banyak wisatawan yang turut meningkatkan produksi sampah plastik, limbah makanan yang dibawa oleh pengunjung. Pengelolaan sampah yang tidak optimal akan mencemari lingkungan perairan. Penurunan kualitas perairan sangat memengaruhi ekosistem-ekosistem serta organisme di dalamnya seperti makrozoobentos, sehingga kondisi suatu kualitas perairan perlu diketahui.

Penurunan kualitas perairan Pantai Cemara dapat diketahui dari faktor kualitas perairan, seperti parameter fisika, kimia, serta biologi. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis struktur komunitas makrozoobentos berupa indeks keanekaragaman, keseragaman, dominansi, dan kelimpahan makrozoobentos yang kemudian dihubungkan dengan pengukuran parameter fisika dan kimia berupa suhu, kecerahan, kecepatan arus, kedalaman, salinitas, pH, DO, BOT, serta substrat. Tingkat pencemaran perairan Pantai Cemara berdasarkan komunitas makrozoobentos dijadikan sebagai informasi ilmiah yang dapat digunakan sebagai dasar upaya pengelolaan Pantai Cemara. Diagram alir kerangka pikir penelitian disajikan dalam (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Pantai

Pantai merupakan ekosistem yang kaya dan kompleks, berfungsi sebagai pertemuan antara daratan dan lautan. Transisi antara daratan dan lautan di wilayah pantai telah membentuk ekosistem yang beragam dan produktif serta memberikan nilai ekonomi yang luar biasa bagi manusia (Hamuna et al., 2018). Berbagai kegiatan di sepanjang pesisir laut dan paradigma sebagian masyarakat pesisir yang menganggap laut sebagai tempat pembuangan sampah, menjadikan banyak pihak yang membuang berbagai macam limbah ke laut. Kegiatan ini yang menyebabkan adanya perubahan kualitas perairan laut (Hamuna et al., 2018). Pencemaran yang ada di laut bukan hanya permasalahan di wilayah perairan, melainkan juga terkait dengan aktivitas daratan. Hal ini karena daratan dan lautan merupakan satu kesatuan ekosistem yang saling berinteraksi. Adanya kegiatan manusia di daratan, dapat memberikan pengaruh terhadap kondisi ekosistem di lautan (Darza, 2020).

Wilayah pesisir merupakan zona transisi antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh beragam proses fisik dan biologis. Sedimentasi serta aliran air tawar dari darat berperan membentuk kondisi fisik pesisir, sedangkan pasang surut, salinitas, dan hembusan angin laut turut menjaga kestabilan ekosistemnya. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pesisir yang optimal harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut agar keseimbangan ekosistem tetap (Akbar & Pratiwi, 2023). Ekosistem pesisir, termasuk hutan mangrove dan padang lamun, memiliki fungsi ekologis penting dalam menunjang keanekaragaman hayati serta mempertahankan kualitas lingkungan. Mangrove yang tumbuh di sepanjang garis pantai atau di muara sungai berperan sebagai lokasi pemijahan, pembesaran, serta area mencari makan bagi berbagai biota seperti ikan, udang, dan makrozoobentos (Bayudana et al., 2022). Sementara itu, ekosistem lamun menjadi habitat penting

yang menyediakan tempat pemijahan, perlindungan, dan sumber pakan bagi banyak organisme laut. Makrozoobentos yang hidup di padang lamun biasanya menetap di dasar perairan dengan menempel, merayap, atau bersembunyi dalam sedimen (Cholid et al., 2023). Kondisi kualitas air di pesisir sangat menentukan keberlangsungan hidup makrozoobentos dan organisme perairan lainnya. Parameter fisika-kimia seperti suhu, salinitas, pH, dan kadar oksigen berpengaruh langsung terhadap proses metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan biota. Penurunan kualitas air akibat pencemaran maupun perubahan alami dapat memengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos yang berperan sebagai indikator kualitas perairan. Oleh sebab itu, pemantauan kualitas air secara rutin menjadi hal penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem pesisir (Yusal & Hasyim, 2022).

Pantai Cemara merupakan 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, 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 Cemara 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 Cemara dapat membantu dalam mengevaluasi kesehatan ekosistem pesisir dan mendukung upaya konservasi serta pengelolaan kawasan pesisir yang berkelanjutan (Nugraha et al., 2022).

2.2 Kualitas Perairan Makrozoobentos

Kualitas perairan menunjukkan tingkat kesesuaian suatu badan air dalam mendukung kehidupan dan pertumbuhan organisme akuatik pada kisaran nilai tertentu. Peneliti menggunakan kualitas air sebagai acuan untuk menilai kelayakan

pemanfaatannya. Kondisi kualitas air dapat berubah akibat dinamika lingkungan dan berbagai aktivitas manusia di sekitarnya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, kualitas air mencerminkan sifat, kandungan, serta komponen di dalam air yang meliputi makhluk hidup, zat, energi, dan unsur lainnya. Peneliti dapat mengidentifikasi tingkat perubahan kondisi perairan melalui pengukuran parameter fisika dan kimia secara berkala (Rahmawati, 2022).

Makrozoobentos berfungsi sebagai bioindikator yang efektif karena organisme ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kualitas perairan. Perubahan kondisi lingkungan secara langsung memengaruhi komposisi, distribusi, dan struktur komunitasnya (Putra et al., 2020). Makrozoobentos mampu menggambarkan dinamika faktor lingkungan dari waktu ke waktu sehingga keberadaannya sering digunakan untuk menilai kondisi ekosistem perairan (Praselia, 2017). Selain itu, perubahan kualitas air dan karakteristik substrat turut memengaruhi kelimpahan serta tingkat keanekaragaman makrozoobentos. Tingkat keanekaragaman tersebut bergantung pada kemampuan toleransi dan sensitivitas masing-masing jenis terhadap faktor biotik dan abiotik di lingkungannya (Hasniar et al., 2018).

2.2.1 Parameter Fisika

1) Suhu

Suhu merupakan parameter fisika yang berperan penting dalam mengatur kondisi lingkungan perairan karena memengaruhi berbagai parameter lainnya di dalam ekosistem akuatik. Suhu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti lintang, musim, waktu dalam satu hari, ketinggian tempat, penutupan awan, kedalaman air, dan kecepatan arus. Perubahan suhu akan memengaruhi proses fisik, kimia, dan biologis yang berlangsung di perairan. Peningkatan suhu dapat menurunkan kelarutan oksigen terlarut sekaligus meningkatkan kebutuhan oksigen organisme untuk proses metabolisme (Guntur et al., 2017). Kondisi tersebut dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem perairan. Secara umum, suhu pada kisaran 25–30°C tergolong optimal untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan

hidup makrozoobentos. Kisaran suhu yang mampu mendukung kehidupan makrozoobentos adalah 27–32 °C. Apabila suhu semakin tinggi maka konsentrasi oksigen di dalam air semakin berkurang (Ghufran et al., 2007).

2) Kecerahan

Kecerahan merupakan parameter fisika perairan yang menunjukkan kemampuan cahaya matahari menembus kolom air dan sangat dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan. Kecerahan berperan penting dalam menunjang pertumbuhan organisme akuatik karena cahaya memengaruhi proses fisiologis, seperti osmoregulasi, respirasi, dan kemampuan penglihatan. Nilai kecerahan yang rendah mengindikasikan tingginya konsentrasi partikel tersuspensi di dalam perairan. Kondisi tersebut dapat meningkatkan kekeruhan dan mengganggu keseimbangan osmoregulasi organisme bentik atau organisme dasar perairan (Khaeksi et al., 2015).

3) Kedalaman

Secara umum beberapa jenis dari makrozoobentos dapat ditemukan pada kedalaman yang berbeda. Perbedaan kedalaman akan memengaruhi komposisi jenis dan kelimpahan makrozoobentos (Ratih et al., 2016). Organisme ini dapat ditemukan pada zona perairan dangkal (± 30 cm), sedang (± 60 cm), hingga dalam (± 90 cm). Perairan dangkal umumnya memiliki tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan perairan yang lebih dalam karena variasi habitatnya lebih beragam. Kedalaman produktif bagi organisme perairan berkisar antara 75–120 cm. Kedalaman suatu perairan dapat berubah akibat kondisi substrat dasar dan akumulasi limbah yang mengendap sehingga menyebabkan pendangkalan. Secara keseluruhan, kedalaman perairan berperan penting dalam menentukan kelimpahan dan pola distribusi makrozoobentos (Minggawati, 2013).

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). Kecepatan arus merupakan parameter penting dalam perairan karena memengaruhi keberadaan dan aktivitas organisme akuatik. Arus berperan sebagai faktor pembatas yang menentukan distribusi makrozoobentos. Arus yang lambat cenderung meningkatkan pengendapan partikel halus sehingga substrat berlumpur mendominasi dasar perairan. Kondisi tersebut membentuk habitat tertentu bagi makrozoobentos. Namun, pergerakan arus yang terlalu lambat dapat menyebabkan akumulasi detritus dan bahan organik secara berlebihan. Keadaan ini dapat menurunkan kualitas substrat dan kurang mendukung kehidupan organisme pemakan deposit, termasuk makrozoobentos (Safitri et al., 2021).

5) Tipe Sedimen

Sedimen dasar berperan sebagai faktor ekologis utama yang memengaruhi struktur komunitas makrozoobentos (Rahmadhani & Martuti, 2023). Jenis substrat menentukan kandungan oksigen dan ketersediaan nutrisi di dalam sedimen. Distribusi makrozoobentos berkorelasi erat dengan tipe substrat karena sebagian besar organisme ini memiliki kebiasaan menggali dan memakan deposit. Kelompok pemakan deposit umumnya melimpah pada substrat berlumpur dan sedimen lunak yang kaya bahan organik. Substrat berpasir cenderung memiliki kandungan oksigen lebih tinggi dibandingkan substrat halus karena pori-porinya memungkinkan pertukaran air berlangsung lebih intensif, meskipun kandungan nutrisinya relatif rendah. Sebaliknya, substrat halus biasanya mengandung nutrisi lebih banyak, tetapi kadar oksigennya lebih terbatas (Aulia et al., 2020). Secara umum, makrozoobentos menyukai dasar perairan berlumpur, berpasir, dan berkerikil, termasuk substrat yang mengandung serasah atau sampah organik. Organisme bentik jarang ditemukan pada dasar berbatu, kecuali jika batuan tersebut mengandung bahan organik tinggi yang dapat mendukung kehidupannya (Rombe et al., 2022).

2.2.2 Parameter Kimia

1) Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH (*power of hydrogen*) memengaruhi proses biologi dan kimia dalam suatu perairan. Perubahan yang terjadi pada pH memengaruhi sebagian biota akuatik yang memiliki sifat sensitif. Nilai pH yang tidak tepat pada badan air dapat menghambat reproduksi organisme tertentu dan membuat zat beracun lebih mudah diserap oleh biota air. Nilai pH perairan yang berada pada kisaran 4,5–5 dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap ekosistem. Kondisi asam tersebut dapat menurunkan keanekaragaman dan mengubah komposisi plankton, perifiton, serta bentos. Keadaan ini juga menyebabkan penurunan kelimpahan, biomassa total, dan produktivitas zooplankton maupun bentos. Selain itu, pH yang rendah dapat menghambat proses nitrifikasi di dalam perairan (Santoso, 2018).

2) Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen yang tersedia di dalam perairan dan berperan sebagai faktor pembatas bagi kelangsungan hidup organisme akuatik. Oksigen tersebut berasal dari proses difusi udara ke dalam air serta hasil fotosintesis organisme perairan. Keberadaan oksigen terlarut sangat penting untuk menunjang kehidupan biota karena berfungsi dalam proses respirasi dan metabolisme guna menghasilkan energi bagi pertumbuhan dan reproduksi. Selain itu, oksigen terlarut berperan dalam proses penguraian dan oksidasi bahan organik maupun anorganik secara aerobik (Handayani et al., 2020). Secara umum, organisme perairan dapat bertahan hidup pada kadar DO minimum 5 mg/L, meskipun kebutuhan tersebut bergantung pada toleransi organisme, suhu, dan tingkat pencemaran (Muslim et al., 2020). Kisaran DO sebesar 4–6 mg/L dinilai masih mampu mendukung kehidupan makrozoobentos.

3) Salinitas

Salinitas merupakan faktor lingkungan yang memengaruhi proses biologis organisme akuatik. Parameter ini berperan dalam menentukan laju pertumbuhan,

tingkat konsumsi pakan, dan kelangsungan hidup organisme (Aliyas & Ya'la, 2016). Salinitas menunjukkan konsentrasi total garam terlarut di dalam air laut, yang umumnya berada pada kisaran 30–40‰. Makrozoobentos mampu hidup pada perairan dengan salinitas sekitar 25–40‰. Penurunan salinitas dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan makrozoobentos serta menurunkan tingkat keanekaragaman spesies. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa salinitas berpengaruh langsung terhadap kelimpahan biota laut (Izzah & Roziaty, 2016).

4) Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik dalam perairan berperan sebagai indikator kesuburan, dengan kandungannya pada sedimen mencerminkan kualitas perairan. Bahan organik dalam jumlah tertentu bermanfaat bagi organisme perairan, namun jika jumlahnya melebihi kapasitas asimilasi perairan, dapat menimbulkan gangguan. Bahan organik yang mengendap di dasar perairan menjadi sumber makanan bagi makrozoobentos, sehingga jumlah dan laju pertumbuhannya sangat memengaruhi populasi organisme tersebut. Nilai bahan organik lebih dari 27 mg/l menunjukkan masukan organik yang tinggi, yang dapat menyebabkan masalah jika melebihi kapasitas makrozoobentos untuk memanfaatkannya. Ketersediaan bahan organik dalam substrat memengaruhi kelimpahan makrozoobentos, yang dapat dijadikan indikator pemasukan bahan organik. Perairan yang berkualitas baik mendukung keragaman makrozoobentos, sementara perairan yang buruk menyebabkan penurunan jumlah dan keragaman makrozoobentos (Kolif et al., 2017). Reynold (1971), mengklasifikasikan kandungan bahan organik pada sedimen ke dalam 5 kriteria (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)

2.3 Klasifikasi Makrozoobentos

Makrozoobentos adalah organisme akuatik yang hidup dan menetap di dasar perairan dengan kemampuan gerak yang relatif terbatas. Pola hidup tersebut menjadikan makrozoobentos sering dimanfaatkan sebagai bioindikator untuk menilai tingkat pencemaran perairan. Menurut Sahidin et al. (2014), bahwa makrozoobentos hidup di permukaan maupun di dalam sedimen perairan. Organisme ini cenderung menetap pada substrat tertentu sehingga lebih peka terhadap gangguan lingkungan, terutama perubahan kualitas air dan kondisi sedimen. Sensitivitas tersebut menyebabkan perubahan kualitas perairan secara langsung memengaruhi kelimpahan, keanekaragaman, dan distribusi makrozoobentos.

Makrozoobentos merupakan kelompok organisme bentik yang berukuran lebih dari 1,0 mm. Pada fase dewasa, organisme ini umumnya memiliki ukuran sekitar 3–5 mm. Makrozoobentos dapat disaring menggunakan alat saringan dengan ukuran mata saring $1,0 \times 1,0 \text{ mm}^2$ atau $2,0 \times 2,0 \text{ mm}^2$. Kelompok ini termasuk hewan bentik berukuran relatif besar, dan salah satu takson yang dominan dalam kelompok ini adalah Moluska, Anelida, Krustasea, dan beberapa insekta air dan larva dari diptera. (Yunitawati et al., 2012). Di antara kelompok tersebut, kelompok Polychaeta, Krustasea, Echinodermata, dan Moluska merupakan kelompok organisme dominan yang menyusun makrozoobentos di perairan lotik pada wilayah pantai. Kelompok Polychaeta umumnya dijumpai sebagai organisme yang membentuk tabung dan hidup dengan cara menggali substrat. Krustasea, khususnya dari golongan Ostracoda, sebagian besar menempati lapisan permukaan perairan atau sedimen. Moluska didominasi oleh spesies Bivalvia serta beberapa Gastropoda yang hidup di permukaan substrat, sedangkan Echinodermata terutama diwakili oleh organisme seperti bintang laut yang ditemukan pada dasar perairan (Kurniawan et al., 2017). Beberapa kelompok makrozoobentos tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1) Polychaeta

Polychaeta atau cacing laut merupakan salah satu sumber daya hayati pesisir yang melimpah di perairan Indonesia. Istilah Polychaeta berasal dari bahasa

Yunani, yaitu *poly* yang berarti banyak dan *chaeta* yang berarti setae atau rambut kaku (Campbell et al., 2012). Kelompok ini termasuk organisme bentik yang mampu beradaptasi pada berbagai tipe habitat di dasar laut. Polychaeta hidup di bawah batu, di dalam celah dan liang batu karang, serta umumnya membenamkan diri di substrat berlumpur atau menempati tabung yang dibentuknya. Dalam ekosistem perairan, Polychaeta berperan penting sebagai sumber pakan bagi organisme berukuran lebih besar dan sebagai penstabil sedimen (Putri et al., 2023). Berdasarkan pola hidupnya, Polychaeta terbagi menjadi dua subkelas, yaitu Errantia dan Sedentaria. Subkelas Errantia mencakup jenis yang bergerak aktif dan bebas, sedangkan subkelas Sedentaria mencakup jenis yang hidup menetap dengan cara membuat liang atau tabung (Jauhara, 2012).

Polychaeta berperan penting sebagai salah satu komponen dalam jejaring makanan, pendauran materi, serta penjaga kestabilan sedimen dasar laut. Keanekaragaman relung trofik dan kemampuan adaptasinya terhadap berbagai tipe habitat menjadikan cacing laut sebagai indikator yang efektif untuk menilai struktur komunitas fauna bentik. Polychaeta yang hidup di sedimen laut berkontribusi dalam siklus nutrisi, proses metabolisme bahan pencemar, serta mendukung produktivitas sekunder perairan. Beberapa jenis cacing laut yang memiliki tingkat toleransi tinggi maupun yang bersifat sensitif terhadap perubahan lingkungan sering dimanfaatkan sebagai penanda kondisi kualitas lingkungan perairan (Widianwari et al., 2011).

2) Krustasea

Krustasea merupakan salah satu anggota Arthropoda yang hidup menempati perairan, baik tawar maupun air laut. Krustasea diperkirakan berjumlah 60.000 spesies menempati habitat terestrial, perairan air tawar (danau dan sungai), estuari, mangrove, lamun, ekosistem terumbu karang, serta zona intertidal. Tubuhnya terbagi menjadi kepala, dada, dan perut. Krustasea yang paling banyak ditemui di perairan tawar dari genus *Macrobrachium*. Siklus hidupnya dikelompokkan menjadi dua, yaitu kelompok yang menyelesaikan seluruh siklus hidupnya di air tawar dan kelompok yang membutuhkan air laut atau air payau untuk menyelesaikan siklus hidupnya (Putri dan Kurniawan, 2023)

Menurut Rusyana (2011), tubuh Krustasea tersusun atas kepala yang umumnya terbentuk dari empat segmen yang menyatu. Pada bagian kepala terdapat dua pasang antena, satu pasang mandibula sebagai rahang pertama, serta dua pasang maksila sebagai rahang kedua. Bagian dada memiliki sejumlah embelan dengan variasi jumlah dan fungsi, di antaranya berperan sebagai alat gerak. Sementara itu, segmen perut berbentuk lebih sempit dan lebih fleksibel dibandingkan kepala dan dada sehingga lebih mudah digerakkan. Bagian sefalotoraks dilindungi oleh struktur keras yang disebut karapak, dan pada ujung depannya terdapat tonjolan berduri yang dikenal sebagai rostrum.

3) Echinodermata

Istilah Echinodermata berasal dari bahasa Yunani, yaitu *echin* yang berarti berduri dan *derma* yang berarti kulit. Berdasarkan asal katanya, Echinodermata diartikan sebagai hewan berkulit duri. Sebagian besar anggotanya memiliki permukaan tubuh tajam akibat tonjolan rangka dan duri (Campbell et al., 2012). Organisme ini hidup di wilayah pantai hingga laut dalam dengan kedalaman mencapai sekitar 366 m, serta bergerak lambat atau bersifat sesil (Rusyana, 2011). Secara morfologi, Echinodermata berciri kulit berduri dengan ukuran tubuh yang bervariasi, misalnya bintang laut berdiameter sekitar 10 mm hingga 1 meter dan beberapa jenis teripang yang dapat mencapai panjang 2 meter. Hewan ini umumnya hidup secara soliter di perairan laut yang jernih maupun di perairan dalam (Hanifa, 2016).

Menurut Romimohtarto dan Sri (2007), filum Echinodermata memiliki sistem pencernaan lengkap yang terdiri dari mulut, usus, dan anus. Kelompok ini memiliki struktur khas berupa bulu getar yang mengandung sel kelenjar dan sel indra. Echinodermata melakukan respirasi melalui kaki tabung atau organ pernapasan bercabang menyerupai pohon. Kelompok ini tidak memiliki sistem peredaran darah sejati dan hanya mempunyai sistem saraf yang masih sederhana. Alat indranya kurang berkembang, tetapi permukaan tubuhnya peka terhadap rangsangan sentuhan.

Echinodermata memiliki alat kelamin terpisah dengan sistem reproduksi sederhana, yaitu melepaskan telur dan spermatozoa tanpa bantuan kelenjar

tambahan. Kelompok yang masih bertahan hingga kini terbagi menjadi lima kelas, yaitu Asteroidea (bintang laut), Ophiuroidea (bintang mengular), Echinoidea (bulu babi dan dolar pasir), Crinoidea (lili laut dan bintang bulu), serta Holothuroidea (teripang) (Rusyana, 2011).

4) Moluska

Moluska merupakan salah satu filum makrozoobentos yang termasuk kelompok hewan invertebrata bertubuh lunak. Sebagian besar anggotanya menghasilkan cangkang pelindung keras yang tersusun dari kalsium karbonat, meskipun beberapa jenis tidak memiliki cangkang. Organisme ini mudah dijumpai di zona litoral pantai. Moluska umumnya melekat pada substrat, sementara sebagian lainnya hidup dengan cara membenamkan diri di dalam lumpur atau sedimen (Imakulata, 2023).

Moluska tergolong hewan selomata dengan struktur tubuh yang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kaki berotot yang berfungsi untuk bergerak, massa viseral yang memuat sebagian besar organ internal, serta mantel yang membungkus massa viseral dan menutupi cangkang apabila ada (Campbell et al., 2012). Mantel juga berperan dalam pembentukan organ pernapasan. Pada beberapa jenis, insang dan struktur menyerupai paru-paru pada siput berkembang dari bagian mantel (Rusyana, 2011). Pada Gastropoda dan Scaphopoda, mantel berfungsi dalam proses respirasi. Pada Cephalopoda, otot mantel berperan dalam pergerakan, mekanisme pertahanan, dan respirasi. Menurut Rusyana (2011), filum Moluska terbagi menjadi lima kelas, yaitu Amphineura, Gastropoda, Scaphopoda, Cephalopoda, dan Pelecypoda.

2.4 Makrozoobentos sebagai Bioindikator

Bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang saling berinteraksi dan memiliki keterkaitan erat dengan kondisi lingkungan tertentu, sehingga keberadaan maupun perilakunya dapat dimanfaatkan sebagai penunjuk kualitas lingkungan. Organisme tersebut mampu merespons perubahan secara biokimia, fisiologis, maupun perilaku yang dapat mengindikasikan gangguan

dalam ekosistem. Kehadiran, ketiadaan, serta pola aktivitas organisme mencerminkan status lingkungan tertentu dan dapat digunakan sebagai dasar penilaian kondisi perairan (Candri et al., 2024). Makrozoobentos sebagai bioindikator berhubungan erat dengan faktor lingkungan perairan. Tingkat kecerahan memengaruhi suhu perairan, sedangkan parameter kimia seperti derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), total padatan tersuspensi (TSS), kebutuhan oksigen biologis (BOD), dan kebutuhan oksigen kimia (COD) turut menentukan kondisi habitat organisme tersebut (Lubis et al., 2013). Bioindikator merupakan komponen biotik yang dimanfaatkan sebagai penunjuk kondisi lingkungan. Keberadaan bioindikator dapat menggambarkan perubahan kualitas perairan akibat aktivitas manusia maupun gangguan alami (Aulia et al., 2020). Salah satu organisme yang sering digunakan sebagai bioindikator perairan adalah makrozoobentos. Makrozoobentos layak dijadikan indikator kualitas perairan karena memiliki sebaran luas di dasar perairan dan jumlah spesies yang beragam, sehingga mampu menunjukkan respons terhadap berbagai bentuk tekanan lingkungan. Organisme ini bergerak relatif lambat dan sangat dipengaruhi oleh kondisi kualitas air serta karakteristik substrat dasar. Selain itu, makrozoobentos hidup relatif menetap pada habitatnya dan memiliki siklus hidup yang cukup panjang. Karakteristik tersebut memungkinkan organisme ini merekam perubahan kondisi lingkungan dari waktu ke waktu (Hatijah et al., 2019).

Makrozoobentos merupakan komunitas organisme yang hidup di dasar perairan dan berasosiasi dengan ekosistem lamun (Indrawan et al., 2016). Organisme ini memiliki peranan penting dalam ekosistem perairan karena terlibat langsung dalam jaring makanan sebagai konsumen tingkat pertama dan kedua. Makrozoobentos berfungsi sebagai pengurai dan detritivor yang memecah bahan organik di dasar perairan, sehingga berperan besar dalam siklus dan perputaran nutrisi (Izimiarti, 2021). Karakteristik substrat memengaruhi perkembangan komunitas makrozoobentos (Sastra et al., 2022). Substrat berpasir mendukung mobilitas organisme untuk berpindah tempat, sedangkan substrat berlumpur menuntut kemampuan adaptasi terhadap kondisi dengan kadar oksigen yang relatif rendah (Rosdatina et al., 2019). Selain itu, makrozoobentos mampu mengakumulasi bahan pencemar di dalam tubuhnya melalui proses dekomposisi dan mineralisasi

bahan organik pada substrat (Gultom et al., 2018). Kemampuan tersebut menjadikan makrozoobentos berperan penting dalam menilai kondisi kualitas lingkungan perairan.

III. METODE PENELITIAN

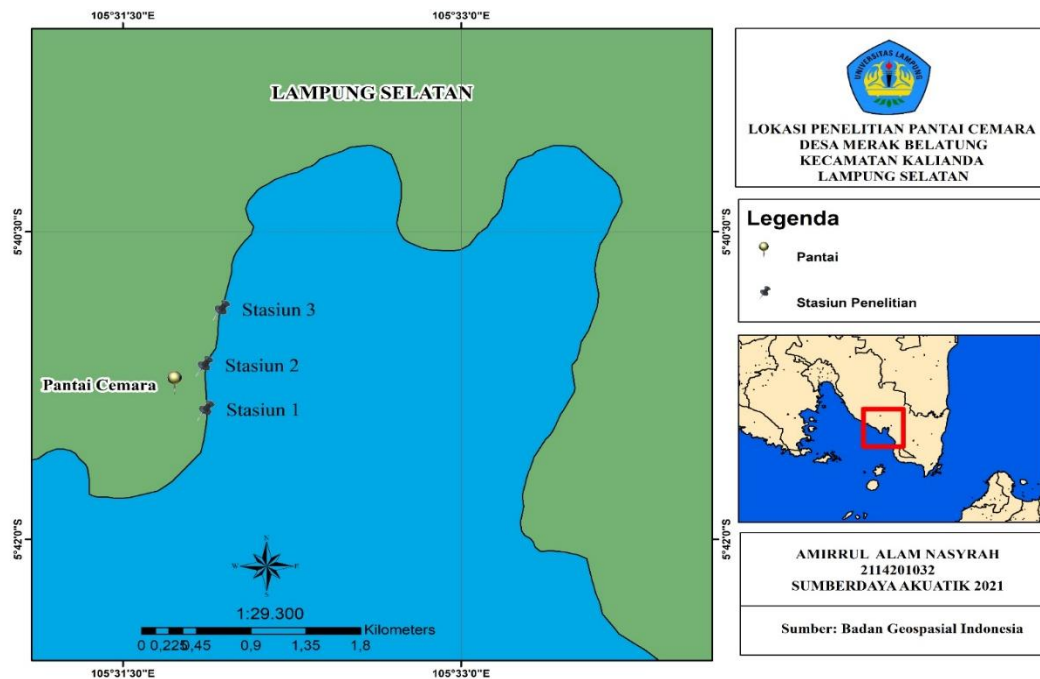
3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juni–Juli 2025. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali dalam kurun waktu enam minggu, dengan selang waktu dua minggu setiap pengambilan. Pemilihan waktu penelitian tersebut bertujuan untuk memudahkan peneliti memperoleh data yang lebih beragam dan akurat. Seluruh kegiatan pengambilan sampel dilakukan pada musim kemarau sehingga kondisi cuaca relatif stabil dan tidak dipengaruhi oleh curah hujan.

3.1.2 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian berada di Pantai Cemara, Dusun Kenjuru, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yaitu stasiun 1 berada di kawasan *hatchery*, stasiun 2 berada di kawasan wisata, dan stasiun 3 merupakan kawasan dermaga serta pemukiman. Adapun untuk pengamatan dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta pengukuran parameter fisika dan kimia perairan dilakukan secara *insitu* dan analisis sampel bahan organik total (BOT) sedimen dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lokasi penelitian disajikan pada (Gambar 2).



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan dalam (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan penelitian yang digunakan beserta konsentrasi/volume, merek, dan fungsinya

No	Bahan	Konsentrasi/Volume	Merek	Fungsi
1	Akuades	1 ml	-	Mensterilkan alat.
2	Formalin	4%	Bouten & Zoom VOF	Mengawetkan sampel.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan dalam (Tabel 3).

Tabel 3. Alat penelitian yang digunakan beserta merek, dan fungsinya

No	Alat	Merek	Fungsi
1	Core sampler	Rucika	Mengambil sampel makrozoobentos dan substrat.
2	pH meter	Multifunction	Mengukur kadar keasaman perairan.
3	DO meter	Bexmart	Mengukur kadar oksigen terlarut perairan.
4	Termometer	Gea	Mengukur suhu perairan.
5	Kamera digital	Poco	Sebagai dokumentasi pengambilan sampel.

Tabel 3. Alat penelitian yang digunakan beserta merek, dan fungsinya (lanjutan)

No	Alat	Merek	Fungsi
6	<i>Roll meter</i>	Houshi	Mengukur jarak titik pengambilan sampel.
7	Saringan	-	Memisahkan bentos dan substratnya.
8	<i>Current meter</i>	-	Untuk mengukur kecepatan arus.
9	<i>Secchi disk</i>	Lokal	Mengukur tingkat kecerahan perairan.
10	Tisu	<i>Nice</i>	Membersihkan alat.
11	<i>Cool box</i>	Dinar Box	Sebagai tempat untuk menyimpan sampel.
12	Plastik zip	Klip C-tik	Sebagai tempat untuk menyimpan sampel makrozoobentos.
13	Pipet tetes	-	Mengambil larutan.
14	<i>Global position system (GPS)</i>	Poco	Mengetahui titik koordinat pengambilan sampel.
15	Refraktometer	ATC	Mengukur kadar salinitas perairan.
16	Kertas label	Champion	Memberi tanda untuk tiap sampel.
17	Kuadran Transek	Rucika	Batasan luasan pengambilan sampel.
18	Tongkat Berskala	Lokal	Mengukur kedalaman perairan.
19	Alat tulis	Sidu	Mencatat hasil pengamatan.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu penentuan stasiun penelitian, pengambilan sampel makrozoobentos, pengukuran parameter kualitas air, serta analisis data.

3.3.1 Penentuan Stasiun Penelitian

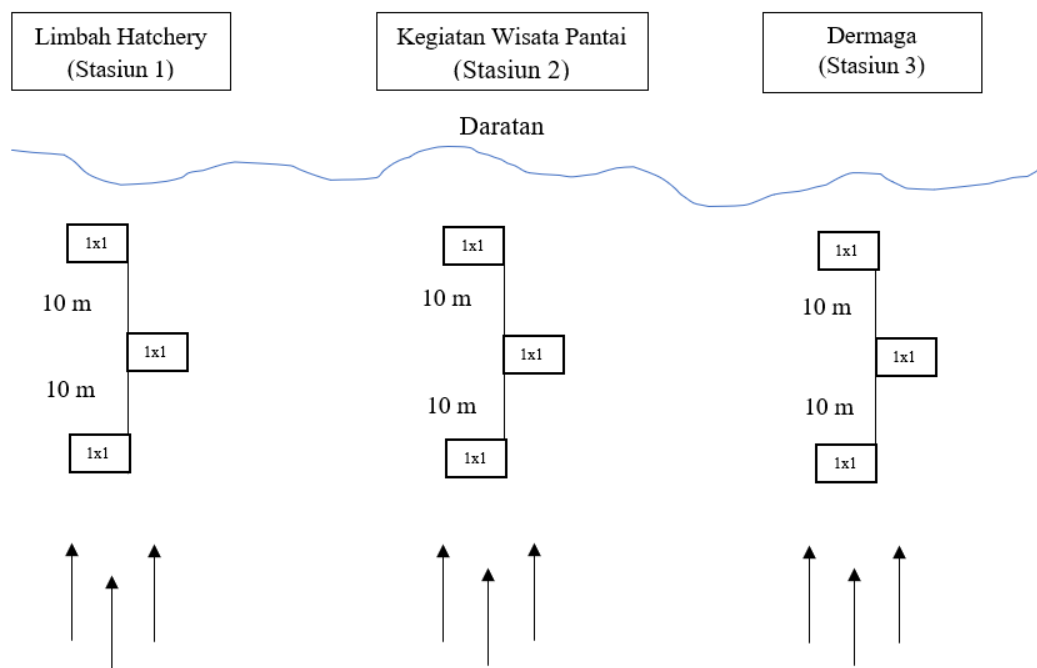
Metode penelitian yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel dilakukan dari stasiun tertentu yang dipilih untuk mewakili keadaan suatu perairan (Ayuningsih et al., 2014). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun dengan masing-masing stasiun dilakukan pada 3 titik dengan 3 kali pengulangan di setiap titiknya. Deskripsi stasiun pengambilan sampel penelitian disajikan dalam (Tabel 4).

Tabel 4. Deskripsi dan karakteristik stasiun pengambilan sampel penelitian

No	Stasiun	Karakteristik
1	Stasiun 1	Kawasan pantai yang berdekatan dengan <i>hatchery</i> yang menghasilkan buangan limbah ke dalam perairan.
2	Stasiun 2	Kawasan pantai yang dimanfaatkan sebagai kegiatan tempat wisata.
3	Stasiun 3	Kawasan pantai yang berdekatan dengan dermaga dan permukiman penduduk.

3.3.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan metode *purposive sampling* di tiga stasiun yang telah ditentukan. Tiap stasiun dilakukan pengambilan sampel sebanyak tiga titik. Ilustrasi pengambilan sampel dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar 3. Ilustrasi pengambilan sampel

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan *core sampler* berdiameter 4 inch (9 cm). Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan pada saat surut dengan tiga kali pengulangan (Lampiran 2). Penentuan titik pada stasiun 1, 2, dan 3 dengan menarik *roll meter* sejauh 10 meter dari bibir pantai ke arah pantai. Transek kuadran diletakkan pada substrat tiap titik dan substrat diambil menggunakan *core sampler* dengan kedalaman 15 cm. Substrat yang terambil kemudian disaring menggunakan saringan. Sampel makrozoobentos yang tersaring kemudian dimasukkan ke dalam plastik zip, kemudian diberi formalin 4%. Masing-masing plastik diberi label untuk selanjutnya dilakukan identifikasi.

3.3.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran dan pengambilan data terkait kondisi faktor lingkungan di Pantai Cemara, dilakukan dengan cara *insitu* maupun melalui analisis laboratorium. Pengukuran suhu, kecepatan arus, kedalaman, kecerahan, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), dan substrat dilakukan secara *insitu*, sementara untuk bahan organik total (BOT) sedimen dianalisis di laboratorium.

3.3.3.1 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara membersihkan alat terlebih dahulu menggunakan akuades, kemudian dimasukkan ujung termometer ke dalam perairan dengan menghadap ke bagian arah yang tidak terkena sinar matahari, setelah suhu stabil, nilai suhu tersebut dicatat (Hendrawan, 2017).

3.3.3.2 Kecerahan

Pengukuran kecerahan dilakukan dengan menggunakan *secchi disk* (Lampiran 2). Cara kerjanya adalah dengan memasukkan *secchi disk* ke dasar perairan hingga warna *secchi disk* tidak lagi terlihat (D1), lalu mencatatnya. Kemudian, *secchi disk* diangkat hingga warnanya muncul kembali (D2), lalu dicatat hasilnya. Nilai D1 dan D2 kemudian dihitung (Pingki & Sudarti, 2021), menggunakan rumus:

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

Keterangan:

D1 = Kedalaman *secchi disk* saat tidak terlihat (m)

D2 = Kedalaman *secchi disk* saat mulai tampak kembali (m)

3.3.3.3 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.

3.3.3.4 Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur menggunakan *current meter*. Alat ini mengukur kecepatan aliran air secara langsung dengan langkah awal yang harus dilakukan yaitu dikalibrasi alat (pastikan alat dalam kondisi yang baik serta sensor bersih). Lakukan pengecekan fungsi layar dan sensor. Kemudian dimasukkan sensor ke dalam air dan nyalakan alat. Tunggu pembacaan stabil setelah itu dicatat hasil kecepatan yang didapat dalam satuan m/s.

3.3.3.5 Tipe Sedimen

Data substrat digunakan untuk mengetahui jenis substrat yang ditempati oleh makrozoobentos di Pantai Cemara. Analisis substrat dilakukan dengan cara pengamatan secara visual. Substrat dari masing-masing stasiun diamati dan kemudian ditentukan jenis dari substrat tersebut.

3.3.3.6 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman perairan dilakukan menggunakan alat pH meter, dengan langkah awal mengkalibrasi sensor pH meter menggunakan aquades. Kemudian masukkan sensor pH meter ke dalam air sampel dan tunggu hingga angka pada pH meter stabil.

3.3.3.7 Salinitas

Pengukuran salinitas air dilakukan menggunakan alat refraktometer. Sebelum digunakan, alat tersebut dikalibrasi terlebih dahulu agar hasil pembacaan lebih akurat. Proses pengukuran diawali dengan membuka pelat prisma, kemudian mengambil sampel air menggunakan pipet tetes. Teteskan beberapa tetes sampel ke permukaan prisma yang transparan hingga seluruh bagian prisma tertutup oleh air. Setelah itu, pelat refraktometer ditutup secara perlahan dan hati-hati untuk menghindari gelembung udara. Selanjutnya, refraktometer diarahkan ke sumber cahaya matahari secara langsung. Kemudian dilihat batas garis antara kedua bidang berwarna biru dan putih, lalu hasil pengukuran dicatat (Wibowo, 2013).

3.3.3.8 *Dissolved Oxygen (DO)*

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan menggunakan DO meter. Sebelum digunakan, DO meter harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan aquades. Kemudian, dicelupkan sensor DO meter ke dalam air dan menunggu hingga angka stabil. Hasil nilai yang telah didapat kemudian dicatat (Wibowo, 2013).

3.3.3.9 Bahan Organik Total (BOT)

Pengambilan sampel BOT menggunakan metode komposit atau sampel komposit. 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 ditempatkan dalam erlenmeyer 500 mL dan ditambahkan 5 mL $K_2Cr_2O_7$ N dengan menggunakan pipet tetes, sambil menggoyangkan erlenmeyer perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah. Selanjutnya ditambah 10 ml H_2SO_4 pekat dengan gelas ukur di ruang asap sambil digoyang cepat hingga tercampur rata, lalu didiamkan campuran tersebut di ruang asap selama 30 menit hingga dingin. Setelah itu diencerkan dengan 100 ml air destilata. Kemudian

ditambahkan 5 mL asam fosfat pekat, 2,5 mL larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenil amin. Kemudian dititrasi dengan larutan $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu dititrasi 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 hasil yang didapat dihitung dengan perhitungan:

$$\% \text{ C-organik } \% = \frac{\text{ml K}^2\text{Cr}^2\text{O}_7 \times \left(1 - \frac{V_B}{V_S}\right) \times 0,3886\%}{\text{Berat sampel tanah}}$$

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

Keterangan:

V_B : mL titrasi blanko

V_S : mL titrasi sampel

3.4 Analisis Data

3.4.1 Kelimpahan (K)

Kelimpahan spesies makrozoobentos dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener (Pranoto, 2017).

$$K = \frac{N_i}{V}$$

Keterangan:

K : Kelimpahan spesies (individu/ m^3)

N_i : Jumlah spesies (individu)

V : Volume *core-sampler* (m^3)

3.4.2 Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman digunakan untuk mengetahui keanekaragaman jenis biota suatu perairan dengan persamaan Shannon Wiener (Odum, 2005):

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

Keterangan:

H' : indeks keanekaragaman jenis/spesies

P_i : n_i/N (proporsi jenis ke- i)

N_i : jumlah individu spesies ke- i

N : jumlah total individu

S : jumlah spesies

Kriteria indeks keanekaragaman menurut Shannom Weiner (1949), dapat dikategorikan sebagai berikut:

- $H' < 1$: Keanekaragaman spesies rendah, penyebaran individu tiap spesies rendah, kestabilan komunitas rendah dan keadaan perairan mulai terganggu.
- $1 < H' < 3$: Keanekaragaman spesies sedang, penyebaran jumlah individu sedang, dan kestabilan perairan mulai terganggu.
- $H' > 3$: Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi, kestabilan komunitas tinggi, dan perairannya masih belum terganggu.

3.4.3 Indeks Keseragaman (E')

Keseragaman menunjukkan berapa besar nilai kesamaan jumlah individu antar jenis pada suatu komunitas. Persamaan indeks keseragaman adalah sebagai berikut (Odum, 2005):

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

Keterangan:

E : indeks keseragaman

H' : indeks keanekaragaman

$\ln S$: H max

S : jumlah jenis

Dengan kriteria sebagai berikut (Odum, 2005):

- $E > 0,4$: Keseragaman populasi rendah
 $E 0,4 - < 0,6$: Keseragaman populasi sedang
 $E \geq 0,6$: Keseragaman populasi tinggi

3.4.4 Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai biota yang mendominasi suatu ekosistem. Persamaan untuk menghitung indeks dominansi adalah sebagai berikut (Odum, 2005):

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

Keterangan:

- C : Indeks dominansi
 N_i : Jumlah individu genus/ spesies ke-i
 N : Jumlah total individu

Dengan kategori indeks dominansi (Odum, 2005):

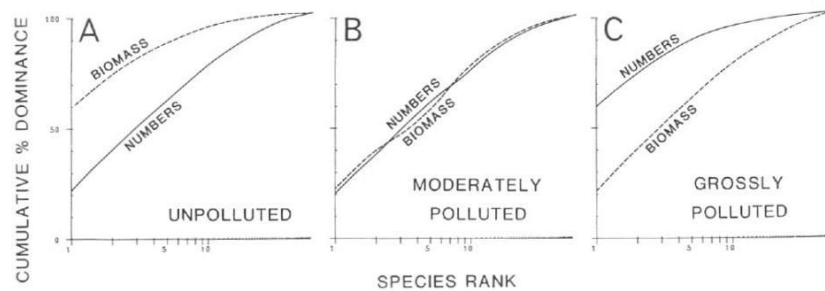
- $C < 0,50$: Dominansi rendah
 $C 0,50 - < 0,75$: Dominansi sedang
 $C 0,75 - < 1,00$: Dominansi tinggi

3.4.5 Analisis Kurva K-Dominance

Metode kurva K-Dominance (Gambar 4) digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan (tingkat pencemaran) dengan menganalisis jumlah total individu per satuan luas (kerapatan) dan biomassa total per satuan luas (Warwick, 1986). Menurut Khaeksi et al. (2015) parameter biologi (makrozoo-bentos) dianalisis dengan kurva K-Dominance yang terdiri atas komponen:

$$\text{Kelimpahan (K)} : \frac{\text{Jumlah Individu (ind)}}{\text{volume (m}^3\text{)}} \quad \text{Kelimpahan Relatif} : \frac{k \text{ satuan jenis}}{k \text{ total}} \times 100\%$$

$$\text{Biomassa (B)} : \frac{\text{Biomassa individu (gr)}}{\text{volume(m}^3\text{)}} \quad \text{Biomassa Relatif} : \frac{B \text{ suatu jenis}}{B \text{ total}} \times 100\%$$



Gambar 4. Kurva K-Dominance.
Sumber: Warwick, (1986).

Keterangan:

(——) : Kelimpahan spesies

(-----) : Biomassa

A : Kondisi tidak tercemar

B : Kondisi tercemar sedang

C : Kondisi tercemar berat

Berdasarkan kurva K-Dominance yang diperoleh di atas, status kualitas perairan berdasarkan komunitas makrozoobentos dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Tidak tercemar, jika kurva biomassa dan kelimpahan cenderung sejajar dan mungkin saling berpotongan beberapa kali. Di mana kurva biomassa berada di atas kurva kelimpahan. Didominasi oleh spesies besar, tetapi tetap ada spesies kecil yang berkontribusi pada kelimpahan.
2. Tercemar sedang, jika kurva biomassa mulai menunjukkan pergeseran dan saling tumpang tindih dengan kurva kelimpahan. Menunjukkan penurunan keanekaragaman spesies, di mana spesies yang lebih sensitif terhadap bahan pencemar mulai menghilang.

3. Tercemar berat, jika kurva biomassa berada dan kurva kelimpahan menunjukkan perbedaan yang signifikan, kurva biomassa berada di bawah kurva kelimpahan. Menunjukkan kerusakan ekosistem yang parah, di mana spesies oportunist menjadi dominan. (Warwick, 1986).

3.4.6 Analisis PCA (*Principal Component Analysis*)

Pengolahan data dilakukan dengan metode *principal component analysis* (PCA). PCA merupakan metode analisis multivariat yang bertujuan mereduksi jumlah variabel awal menjadi beberapa komponen utama yang saling tidak berkorelasi, tetapi tetap mempertahankan sebagian besar informasi dari variabel asal. Variabel yang digunakan meliputi struktur komunitas makrozoobentos dan parameter fisika kimia kualitas air. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program statistika.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa status pencemaran perairan di Pantai Cemara, Desa Merak Belantung, Lampung Selatan, terindikasi terganggu dengan intensitas sedang (*moderately disturbed*) berdasarkan hasil analisis kurva *K-Dominance*, dan komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator. Komunitas makrozoobentos yang didapat terdiri dari 20 spesies yang berasal dari 5 kelas utama (Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Holothuroidea, dan Malacostraca), dengan genus *Clypeomorus* ditemukan sebagai yang paling dominan di perairan Pantai Cemara. Meskipun ada indikasi gangguan, secara keseluruhan, parameter kualitas air (fisika dan kimia) di Pantai Cemara masih berada dalam batas yang sesuai untuk menunjang kehidupan dan perkembangan spesies makrozoobentos.

5.2 Saran

Saran yang perlu diberikan yaitu perlu adanya perhatian khusus dari pemerintah daerah dan masyarakat setempat untuk memperbaiki dan menjaga ekosistem perairan di lingkungan sekitar. Adanya penelitian ini juga diharapkan dapat menambah kesadaran masyarakat sekitar yang tinggal di daerah sekitar Pantai Cemara serta pengunjung Pantai Cemara, Desa Merak Belantung, Kecamatan Kalianda, Lampung Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Aliyas, N. S., & Ya'la, Z. R. (2016). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*, 5(1), 19–27.
- Amizera, S., Ridho, M. R., & Edward, S. (2015). Kualitas perairan Sungai Undur berdasarkan makrozoobentos melalui pendekatan biotic index dan biotilik. *Maspari Journal*, 7(2), 51–56.
- Arita, S., Kamal, S., & Agustina, E. (2019). Keanekaragaman gastropoda di Danau Lut Tawar Kabupaten Aceh Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi, dan Kependidikan*, 6(1), 402–408.
- 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 Jurnal Ilmu Perairan*, 2(1), 17–29.
- Ayuningsih, M. S., Hendrarto, B., & Purnomo, P. W. (2014). Distribusi kelimpahan fitoplankton dan klorofil-a di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: hubungannya dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(2), 138–147.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Selatan. (2021). Kecamatan Kalianda dalam angka tahun 2021. BPS Kabupaten Lampung Selatan.
- Bai'un, N.H., Riyantini, I., Mulyani, Y., & Zallesa, S. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kondisi perairan di ekosistem mangrove di 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., Aryawati, R., Putri, W. A. E., Nurjuliasti, E., Diansyah, G., & Sitorus, E. (2019). Hubungan N-total dan C-organik sedimen dengan makrozoobentos di perairan Pulau Payung, Banyuasin, Sumatera Selatan

Jurnal Kelautan Tropis, 22(2), 147–156.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v22i2.3770>

- 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>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2012). *Biologi Jilid 2. Edisi 8*. (Wulandari, D. T., Penerjemah). Erlangga.
- Candri, D. A., Ulfaturrahmi, M., Japa, L., & Setyaningrum, T. W. (2024). Phytoplankton diversity as a bioindicator for water quality of Pertamina Harbour Ampenan, Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 814–820.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1.6603>
- Cholid, I., Jailani, & Taru, P. (2023). Studi komunitas makrozoobentos yang terdapat pada padang lamun di perairan Dusun Malahing Kota Bontang Kalimantan Timur. *Jurnal Tropical Aquatic Sciences*, 2(2), 113–120.
<https://doi.org/10.30872/tas.v2i2.514>
- 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.
- Fastawa, F., Agustina, E., & Kamal, S. (2019). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran di kawasan Payau Krueng Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi, dan Kependidikan*, 5(1), 390–396.
<https://doi.org/10.22373/pbio.v6i1.4275>
- Ghufran, H. M., Kordi, K., & Andi, B. T. (2007). *Pengelolaan kualitas air dalam budidaya perairan*. Rineka Cipta.
- Gopal, A., Abdul Jaleel, K. U., Parameswaran, U. V., Sanjeevan, V. N., Saramma, A. V., Vijayan, A. K., & Sudhakar, M. (2020). Distinctive community patterns with exceptional diversity of polychaetes around a tectonically active archipelago in the tropical Indian Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 7(10), 1–24. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00710>
- Gultom, C. R., M. R., Muskananfol, P. W., & Purnomo. (2018). Hubungan kelimpahan makrozoobentos dengan bahan organik dan tekstur sedimen di kawasan mangrove Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2), 172–179. <https://doi.org/10.14710/marj.v7i2.22539>

- Guntur, G., Yanuar, A. T., Sari, S. H. J., & Kurniawan, A. (2017). Analisis kualitas perairan berdasarkan metode indeks pencemaran di pesisir timur Kota Surabaya. *Depik: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 6(1), 81–89. <https://doi.org/10.13170/depik.6.1.5709>
- Hamuna., B., Tanjung, R. H. R., Suwito., Maury., H. K., & Alianto. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Handayani., Duhita, M. R., Ulinniam., Hetharia, C., Sianturi, B. J., Yusal, M. S., Sutrisno, E., Purbowati, R., Manik, V. T., Octorina, P., Alang, H., & Apriyanti, E. (2020). *Biologi umum*. Widina Bhakti Persada.
- Harini, R., Natarajan, V., & Sunil, C. K. (2024). Sea cucumber significance: drying techniques and india's comprehensive status. *Journal of Food Science*, 89(7), 3995–4018. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17153>
- Haryono, F. E. D., Illahi, Z. Y., & Dewi, R. (2020). Investigation of total organic matter [TOM] content during high and low water in intertidal zone sediment at Teluk Penyau Coast, Cilacap, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 746, 1–6. <https://doi.org/10.1088/17551315/746/1/012030>
- Hasibuan, E. S. F., Supriyantini, E. & Sunaryo. (2021). Pengukuran parameter bahan organik di perairan Sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 299–306. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.32345>
- Hasniar, R., Melani, W. R., & Apriadi, T. (2018). Status perairan Kampung Madong, Kota Tanjungpinang. *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1), 29–35. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v2i1.2350>
- Hatijah, S., Lestari, F., & Kurniawan, D. (2019). Struktur komunitas gastropoda di perairan Tanjung Siambang Kelurahan Dompok Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 2(2), 27–38. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v2i2.2364>
- 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), 22–36. <https://doi.org/10.30997/jmss.v11i1.15846>
- Hendrawan, Y., Sutan, S.M. and YR, R.K., (2017). Pengaruh variasi suhu karbonisasi dan konsentrasi aktivator terhadap karakteristik karbon aktif dari ampas tebu (Bagasse) menggunakan activating agent NaCl. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(3), 200–207

- Imakulata, M. M. (2023). Analisis keanekaragaman jenis moluska sebagai bioindikator stabilitas ekosistem Pantai Mumutula Kupang Barat Kabupaten Kupang. *Media Sains Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 23(2), 39–45. <https://doi.org/10.69869/xj3c8t36>
- Indrawan, G. S., Yusup, D. S., & Ulinuha, D. (2016). Asosiasi makrozoobentos pada padang lamun di Pantai Merta Segara Sanur, Bali. *Jurnal Biologi Udayana*, 20(1), 11–16. <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2016.v20.i01.p03>
- Irham, M., Ihsan, M., Octavina, C., Sugianto, S., Firman, M., & Batubara, A. S. (2020). The abundance and diversity of benthic community in Krueng Cut estuary, Banda Aceh, Indonesia. *Biharean Biologist*, 14(2), 85–89.
- Izimiarti. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos di Air Terjun Kulu. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 2(1), 261–272.
- Izzah, A. N., & Roziaty, E. (2016). Keanekaragaman makrozoobentos di pesisir pantai Desa Panggung Kecamatan Kedung Kabupaten Jepara. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(2), 140–148. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v2i2.2492>
- Jauhara, A. (2012). Struktur komunitas Polychaeta pada lima muara sungai di Teluk Jakarta. (No Publikasi 20305895)[Skripsi, Universitas Indonesia]. Universitas Indonesia Library.
- Kahirun, K., & Jamaludin, N. (2023). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Kambu berdasarkan penggunaan lahan di Kota Kendari. *Biowallacea: Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 10(2), 162–173.
- Khaeksi, I. P., Haeruddin., & Muskananfola, M. R. (2015). Status pencemaran Sungai Plumbon ditinjau dari aspek total padatan tersuspensi dan struktur komunitas makrozoobentos. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3), 1–10.
- Kolif, R., Amin, B., & Nedi, S. (2017). Analisis kandungan bahan organik sedimen dan kelimpahan makrozoobentos di muara Sungai Batang Arau Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 4(2), 1–12.
- Krebs, C.J. (1985). *Experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collis.
- Kurniawan, M. R., Nasution, S., & Yoswaty, D. (2017). Community structure of echinodermata in Aquatic Park of Pieh Island West Sumatra. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 4(2), 1–18.

- Labbaik, M., Restu, I. W., & Pratiwi, M. A. (2018). Status pencemaran lingkungan Sungai Bandung dan Sungai Mati Provinsi Bali berdasarkan bioindikator Phylum Annelida. Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2), 304–315. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02>
- Lubis, M. S., Basyuni, M., & Suryanti, A. (2013). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos di Sungai Naborsahan Kabupaten Toba Samosir Sumatera Utara. *Journal of Aquatic and Fisheries Sciences (AQUACOASTMARINE)*, 1(1), 1–8.
- Makiyah, H., Candri, D. A., & Ahyadi, H. (2023). Struktur komunitas gastropoda dan bivalvia di zona intertidal Pantai Seger Mandalika Lombok Tengah. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 2–11.
- Mansur, L. K., Kasim, M., & Palupi, R. D. (2023). Karakteristik pola arus dan nutrisi perairan pada areal budidaya rumput laut di pantai Bone-Bone, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan: Indonesia Journal of Marine Science and Technology*, 16(2), 125–138. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.17479>
- Minggawati, I. (2013). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan rawa banjiran Sungai Rungan, Kota Palangka Raya. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 2(2), 64–68.
- Muslim, T., Dwi, W. M., & Nanda, F. (2020). Daya dukung perairan Rawa Mesangat sebagai habitat buaya siam. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 436–445. <https://doi.org/10.14710/jil.18.3.436-445>.
- Musthofa, A., Muskananfolo, M. R., & Rudiyaniti, S. (2014). Analisis struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 81–88. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4289>
- 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>
- 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>
- Nybakken, J. W. (2001). *Marine biology: an ecological approach*. Benjamin Cummings.
- Odum, E. P. (2005). *Fundamentals of ecology*. Thomson Brooks/Cole.

- Pingki, T., & Sudarti. (2021). Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian Sungai Bladak dan Sungai Kedungwaris di Kabupaten Blitar. *Jurnal Budidaya Perairan*, 9(2), 54–63.
<https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>
- Pramika, L. F., Muliadi, M., & Minsas, S. (2021). Stuktur komunitas makrozoobentos di perairan Pulau Kabung, Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), 1–10.
<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. *Journal Biosciences*, 3(3), 125–130.
<https://doi.org/10.24114/jbio.v3i3.8107>
- Prasetya, R. R. (2017). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kualitas Perairan Kampung Baru Kecamatan Tanjungpinang Barat Kota Tanjung Pinang. [Skripsi Tidak Terpublikasi]. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Pratami, Vivin A.Y., Prabang S., & Sunarto S. (2018). Keanekaragaman, zonasi serta overlay persebaran bentos di Sungai Keyang, Ponorogo, Jawa Timur. *Depik: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 7(2), 127–138.
<https://doi.org/10.13170/depik.7.2.9881>
- Prianto, E., Suryono, T., & Rahardjo, M. F. (2018). Distribusi makrozoobentos pada substrat berbeda di kawasan estuari Donan Cilacap. *Journal of Marine Research*, 7(3), 228–236. <https://doi.org/10.14710/jmr.v7i3.22852>
- 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.
- Putra, R. A., Melani, W. R., & Suryanti, A. (2020). Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Senggarang Besar Kota Tanjung Pinang. *Jurnal Akuatiklestari*, 4(1), 20–27.
<https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v4i1.2486>
- Putri, D. A., Nugroho, S. P., & Wulandari, T. (2021). Hubungan antara substrat sedimen dengan keanekaragaman makrozoobentos di ekosistem mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*, 9(1), 33–42.
<https://doi.org/10.33387/jtms.v9i1.2021>
- Putri, N. P. P. N. V., Widianingsih, W., Suryono, S., & Hartati, R. (2023). Potensi anti bakteri dari ekstrak polychaeta *Namanereis* sp. *Journal of Tropical Marine Science*, 6(2), 131–136.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v6i2.3810>

- Putri, Y., Kurniawan, A., & Kurniawan, A. (2023). Macrozoobenthos community as bioindicator of water quality for fish cultivation in the Air Duren River, Bangka Regency. *Journal of Aquatropica Asia*, 8(2), 77–85. <https://doi.org/10.33019/joaa.v8i2.4596>.
- Rahmadhani, G. W., & Martuti, N. K. T. (2023). Keanekaragaman makrozoobentos di sekitar alat pemecah ombak wilayah pesisir Kota Semarang sebagai data awal upaya konservasi. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences Education*, 46(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>
- Rahmawati, S., Hanum, U., Ramadhan, M. F., Armando, M. F., & Sholiqin, M. (2022). Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air di Sungai Pepe Bagian Hilir, Surakarta. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1(1), 376–386.
- Ratih, I., Prihanta, W., & Susetyarini, R. (2016). Inventarisasi keanekaragaman makrozoobentos di daerah aliran Sungai Brantas Kecamatan Ngoro Mojokerto sebagai sumber belajar biologi sma kelas x. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 1(2), 158–168. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v1i2.3327>
- Reynold, S. C. (1971). *A manual of introductory soil science and simple soil analysis methods*. South Pasific Commission.
- Rombe, K. H., Surachmat, A., & Rahayu, E. S. (2022). Keanekaragaman makrozoobentos di Pulau Kelapa Dua Taman Nasional Kepulauan Seribu DKI Jakarta. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*, 50(2), 53–78.
- Romimohtarto, K., & Sri, J. (2007). *Biologi laut: ilmu pengetahuan tentang biota laut*. Djambata.
- Rosdatina, Y. T., Apriadi, W. R., & Melani. (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>
- Rossbach, F. I., Casoli, E., Beck, M., & Wild, C. (2021). Mediterranean red macro algae mats as habitat for high abundances of serpulid polychaetes. *Diversity: Disease Preventive of Resarch Integrity*, 13(6), 265. <https://doi.org/10.3390/d13060265>
- Rukminasari, N., Nadiarti, N., & Awaluddin, K. (2014). Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan

- Halimeda* sp. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 24(1), 28–34.
<https://doi.org/10.35911/torani.v24i1.119>
- Rusyana, A. (2011). *Zoologi invertebrata, (teori dan praktik)*. Alfabeta.
- Safitri, A., Melania, W. R., & Muzammila, W. (2021). Komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas air aliran Sungai Senggarang, Kota Tanjung Pinang. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 8(2), 103–108.
<https://doi.org/10.29103/aa.v8i2.4782>
- Sagi, N., & Hawlena, D. (2023). Climate dependence of the macrofaunal effect on litter decomposition a global meta regression analysis. *Journal Ecology Letters*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/ele.14333>
- Sahidin, A., Setyobudiandi, I., & Wardiatno, Y. (2014). Struktur komunitas makrozoobentos di Perairan Pesisir Tangerang, Banten. *Depik: Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*, 3(3), 226–233.
<https://doi.org/10.13170/depik.3.3.2150>
- Sahidin, 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>
- Santoso, A. D. (2018). Keragaan nilai DO, BOD, dan COD di danau bekas tambang batu bara studi kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 89–96.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2511>
- Saraswati, N. L. G. R. A., Yulius., Rustam, A., Salim, H. L., Heriati, A., & Mustikasari, E. (2017). Kajian kualitas air untuk wisata bahari di pesisir Kecamatan Moyo Hilir dan Kecamatan Lape, Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Segara*, 13(1), 37–47. <https://doi.org/10.15578/segara.v13i.642>
- Sari, D. P., Purwiyanto, A. I. S., & Putra, R. M. (2019). Struktur komunitas makrozoobentos di ekosistem mangrove Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 11(1), 41–50.
<https://doi.org/10.36706/maspari.v11i1.7983>
- Sastra, K., Nugraha, M. A., & Pamungkas, A. (2022). Struktur komunitas makrozoobentos pada sedimen permukaan Pantai Sempur, Kabupaten Bangka Tengah. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(1), 77–82.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i1.2966>
- Simbolon, A. R. (2016). Status pencemaran di perairan Cilincing, pesisir DKI Jakarta. *Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, dan Ilmu Serumpun*, 13(1), 77–82. <https://doi.org/10.33541/pro-life.v3i3.97>

- Simboura, N., Pavlidou, A., Bald, J., Tsapakis, M., Pagou, K., Zeri, C., & Panayotidis, P. (2016). Response of ecological indices to nutrient and chemical contaminant stress factors in eastern mediterranean coastal waters. *Ecological Indicators Research*, 70(2), 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.018>
- Siregar, A. Z., & Yuliana, N. (2019). Faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi makrofauna bentik di ekosistem estuari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 4(2), 67–76. <https://doi.org/10.15294/aes.v4i2.2019>
- Slamet, R., Purnama, D., & Negara, B. F. S. (2021). Identification of types and abundance of gastropode in the Beach of Sepang Bengkulu City. *Jurnal Perikanan Universitas Mataram*, 11(1), 26–34. <https://doi.org/10.29303/jp.v11i1.216>
- Sulistiyarto, B. (2008). Keterkaitan antara kelimpahan makrozoobentos dengan parameter fisika kimia air di Danau Hanjalantung Palangka Raya Kalimantan Tengah. [Skripsi Tidak Terpublikasi]. Universitas Kristen Palangkaraya.
- Supusepa, J., Krisye, K., & Saleky, V. (2022). Keanekaragaman gastropoda sebagai bioindikator perairan di pesisir Pantai Waiheru Kota Ambon. *Jurnal Laut Pulau*, 1(2), 55–70. <https://doi.org/10.30598/jlpvol1iss2pp55-70>
- Ullah, M. A., Hossain, M. S., Hossain, M. B., & Rahman, M. M. (2020). Intertidal variation of macrobenthos in a saltmarsh habitat, Noakhali coast, Bangladesh. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 24(6), 377–390. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.117231>
- Warwick, R. M. (1986). A new method for detecting pollution effects on maritime microbial communities. *Marine Biology Research*, 562(92), 557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00392515>
- Wibowo, T. (2013). *Prosedur penelitian suatu pendekatan*. Pusaka Pelajar.
- Wilson, J. M., Abboud, S. S., & Beman, J. M. (2017). Primary production, community respiration, and net community production along oxygen and nutrient gradients: environmental controls and biogeochemical feedbacks within and across “marine lakes”. *Frontiers in Marine Science*, 4(12), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00012>
- Xuea, J., Yanga, J., Wang, Q., & Aronson, R. B., Wua, H. (2019). Community structure of benthic macroinvertebrates in reclaimed and natural tidal flats of the Yangtze River estuary. *Aquaculture and Fisheries*, 4(1), 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.04.001>

- Yulis, P. A. R., Desti, A. F., & Febliza, A. (2018). Analisis kadar DO, BOD, dan COD air Sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 6(3), 1–11.
- Yuningsih, H. D., Soedarsono, P., & Anggoro, S. (2014). Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 37–43. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4284>
- Yunita, F., Leiwakabessy, F., & Rumahlatu, D. (2018). Macrozoobenthos community structure in the coastal waters of Marsegu Island, Maluku, Indonesia. *International Journal of Applied Biology and Environmental Science*, 2(1), 1–11. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/ijoab>
- Yunitawati., Sunarto., & Zahidah, H. (2012). Hubungan antara karakteristik sedimen dengan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Cantigi, Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3), 221–227.
- 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>
- Yuspita, N. L. E., Putra, I. D. N. N., & Suteja, Y. (2018). Bahan organik total dan kelimpahan bakteri di perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), 129–140. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i01.129-140>
- Zulfiandi, Zainuri, M., & Hartati, R. (2012). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pandansari Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 1(1), 62–66. <https://doi.org/10.14710/jmr.v1i1.888>