

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS PADA EKOSISTEM
MANGROVE DI PANTAI SEBALANG DAN PASIR PUTIH,
LAMPUNG SELATAN**

SKRIPSI

Oleh

**NABIL HAFIZHDIN FATHAN
NPM 2114201019**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS PADA EKOSISTEM
MANGROVE DI PANTAI SEBALANG DAN PASIR PUTIH,
LAMPUNG SELATAN**

Oleh:

NABIL HAFIZHDIN FATHAN

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

ABSTRAK

STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS PADA EKOSISTEM MANGROVE DI PANTAI SEBALANG DAN PASIR PUTIH, LAMPUNG SELATAN

Oleh

NABIL HAFIZHDIN FATHAN

Makrozoobentos adalah salah satu indikator biologi yang dapat dijadikan acuan dalam penilaian kualitas lingkungan di berbagai ekosistem perairan. Dalam rangka mempelajari kondisi mangrove Sebalang dan Pasir Putih, penelitian terkait struktur komunitas makrozoobentos perlu dilakukan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari–Februari 2025 di mangrove Pantai Sebalang dan Pasir Putih, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari struktur komunitas makrozoobentos dan kondisi perairan di daerah mangrove Pantai Sebalang dan Pasir Putih. Metode penelitian dilakukan dengan cara deskriptif kuantitatif, kemudian data dikumpulkan dan dianalisis untuk memberikan gambaran yang jelas dan rinci mengenai objek penelitian. Struktur makrozoobentos yang memadati mangrove Pantai Sebalang berasal dari famili Corixidae, Thiaridae, dan Lymnaeidae. Nilai indeks keanekaragaman (H') yang didapati rata-rata 0,83, keseragaman (E) rata-rata 0,62 dan dominansi (D_i) rata-rata 0,57. Untuk makrozoobentos yang banyak ditemui di mangrove Pasir Putih berasal dari famili Ellobiidae, Neritidae, dan Thiaridae dengan nilai indeks keanekaragaman (H') rata-rata yaitu 1,68. Adapun keseragaman (E) rata-rata dan dominansi (D_i) rata-rata bernilai 0,69 dan 0,26. Sementara itu, kondisi perairan kedua lokasi tersebut berdasarkan hasil analisis kurva *K-Dominance* biomassa relatif dan kelimpahan relatif bertumpang tindih yang menunjukkan bahwa perairan tersebut dalam kondisi terganggu sedang.

Kata kunci : Makrozoobentos, Mangrove, Pantai Sebalang, Pantai Pasir Putih, Struktur Komunitas.

ABSTRACT

COMMUNITY STRUCTURE OF MACROZOOBENTOS IN THE MANGROVE ECOSYSTEM AT SEBALANG AND PASIR PUTIH BEACH, SOUTH LAMPUNG

By

NABIL HAFIZHDIN FATHAN

Macrozoobenthos is one of the biological indicators that can serve as a reference in assessing environmental quality in various aquatic ecosystems. In order to research the condition of the Sebalang and Pasir Putih mangroves, research related to the structure of the macrozoobenthos community needs to be conducted. This research was carried out in January–February 2025 in the Sebalang and Pasir Putih Coastal mangroves, Katibung District, South Lampung Regency, Lampung. The purpose of this research was to examine the structure of the macrozoobenthos community and the water conditions in the Sebalang and Pasir Putih Coastal mangrove areas. The research method was conducted using a quantitative descriptive approach, after which the data were collected and analyzed to provide a clear and detailed depiction of the research object. The macrozoobenthos structure populating the Sebalang Coastal mangroves comes from the families Corixidae, Thiaridae, and Lymnaeidae. The average diversity index (H') value obtained was 0.83, and the average evenness (E) was 0.62 and the average dominance (D_i) was 0.57. The macrozoobenthos most commonly found in Pasir Putih mangroves came from the families Ellobiidae, Neritidae, and Thiaridae, with an average diversity index (H') of 1.68. The average evenness (E) and average dominance (D_i) were 0.69 and 0.26, respectively. Meanwhile, the water conditions of both locations, based on the analysis of the K-Dominance curves of relative biomass and relative abundance, overlapped, indicating that the waters were in a moderately disturbed condition.

Keywords: Community Structure, Macrobenthos, Mangroves, Pasir Putih Beach, Sebalang Beach,

Judul skripsi

: STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOO-
BENTOS PADA EKOSISTEM MANGRO-
VE DI PANTAI SEBALANG DAN PASIR
PUTIH, LAMPUNG SELATAN

Nama Mahasiswa

: Nabil Hafizhdin Fathan

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114201019

Program Studi

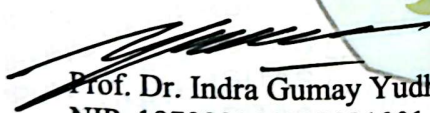
: Sumberdaya Akuatik

Fakultas

: Pertanian

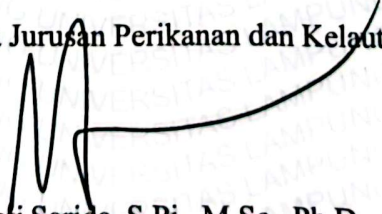


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001


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

: Prof. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.

Sekretaris

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

Penguji Bukan Pembimbing : Herman Yulianto, S.Pi., M.Si.



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: (20 Juni 2025)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **“Struktur Komunitas Makrozoobentos Pada Ekosistem Mangrove Di Pantai Sebalang Dan Pasir Putih, Lampung Selatan”** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 6 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan



Nabil Hafizhdin Fathan
NPM. 2114201019

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung, pada tanggal 10 Mei 2003 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Ahmad Muhajir Supana dan Ibu Upiah. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 04 Margorejo pada tahun 2010–2015, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN 05 Margorejo pada tahun 2015–2018, dan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Kotabumi pada tahun 2018–2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021. Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota Bidang Kerohanian pada periode 2022–2023. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Biro Bimbingan Baca Quran (BBQ) FOSI FP pada periode 2022–2023, Kepala Departemen Isu Islam Keumat-an (KIIK) Birohmah pada periode 2023–2024, dan Ketua Komisi B FSLDK Lam-pung pada periode 2024–2026.

Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Ekologi Perairan tahun 2022–2023. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Heran, Kecamatan Penengahan, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari–Februari 2024. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung, dengan judul “Manajemen Kualitas Air pada Pembenihan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung”.

Untuk orang tua tercinta, Bapak Ahmad Muhajir Supana dan Ibu Upiah yang
selalu memberikan dukungan dan mendoakan penulis hingga lulus

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 pada Ekosistem Mangrove di Pantai Sebalang dan Pasir Putih Lampung Selatan*” 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. Prof. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. David Julian, S.Pi., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Herman Yulianto, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Nidya Kartini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Kedua orang tua.

Bandar Lampung, Juni 2025

Nabil Hafizhdin Fathan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat.....	2
1.4 Kerangka Pikir Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Mangrove	4
2.2 Makrozoobentos	5
2.2.1 Krustasea	6
2.2.2 Polychaeta	6
2.2.3 Bivalvia	6
2.2.4 Gastropoda	7
2.3 Keanekaragaman Makrozoobentos.....	7
2.4 Keseragaman Makrozoobentos.....	8
2.5 Indeks Dominansi Makrozoobentos	8
2.6 Faktor Lingkungan	9
2.6.1 Suhu.....	9
2.6.2 Kecerahan.....	10
2.6.3 Substrat.....	10
2.6.4 pH.....	11
2.6.5 Oksigen Terlarut (DO).....	11
2.6.6 Bahan Organik Total (BOT).....	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Penentuan Stasiun	14
3.4 Pengambilan Sampel Makrozoobentos.....	15

3.4.1. Pengambilan dan Penanganan Sampel Parameter Fisika dan Kimia	15
3.5 Analisis Data	19
3.5.1 Komunitas Makrozoobentos.....	19
3.5.2 Kurva K- <i>Dominance</i>	21
3.5.3 Analisis Komponen Utama (PCA)	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Parameter Kualitas Air	24
4.2 Jenis Makrozoobentos Yang Didapatkan.....	32
4.3 Struktur Komunitas Makrozoobentos.....	36
4.4 Kurva K- <i>Dominance</i>	41
4.5 Analisis Komponen Utama.....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria kandungan bahan organik dalam sedimen	12
2. Alat dan bahan.....	14
3. Alat pengambilan sampel	15
4. Kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos.....	20
5. Parameter kualitas air mangrove Pantai Sebalang.....	23
6. Parameter kualitas air mangrove Pantai Pasir Putih	27
7. Jumlah makrozoobentos setiap stasiun Sebalang	32
8. Jumlah makrozoobentos setiap stasiun Pasir Putih.....	34
9. Nilai indeks kepadatan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi di mangrove Pantai Sebalang	36
10. Komposisi makrozoobentos di mangrove Pantai Sebalang	37
11. Nilai indeks kepadatan, keanekaragaman, keseragaman dan dominansi di mangrove Pantai Pasir Putih.....	39
12. Komposisi makrozoobentos di mangrove Pasir Putih	39
13. Klasifikasi dan habitat makrozoobentos	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	3
2. Peta lokasi penelitian.....	13
3. Kurva <i>K-Dominance</i> antara kelimpahan spesies dan biomassa	22
4. Kurva <i>K-Dominance</i> makrozoobentos di mangrove Pantai Sebalang	42
5. Kurva <i>K-Dominance</i> makrozoobentos di mangrove Pantai Pasir Putih.....	43
6. Biplot parameter kualitas air dengan genus makrozoobentos pada daerah mangrove di Pantai Sebalang.....	45
7. Biplot parameter kualitas air dengan struktur komunitas makrozoobentos pada daerah mangrove di Pantai Sebalang.....	46
8. Biplot parameter kualitas air dengan genus makrozoobentos pada daerah mangrove Pantai Pasir Putih	47
9. Biplot parameter kualitas air dengan struktur komunitas makrozoobentos pada daerah mangrove Pantai Pasir Putih.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jenis makrozoobentos yang ditemukan	62
2. Dokumentasi saat penelitian.....	66
3. Surat izin penelitian Sebalang	67
4. Surat izin penelitian Pasir Putih	68
5. Data hasil pengukuran BOT sedimen.....	69
6. Hasil analisis data.....	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pantai Sebalang dan Pasir Putih merupakan salah satu destinasi wisata yang terletak di Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Letaknya kurang lebih 30 km dari Kota Bandar Lampung. Pantai Sebalang dan Pasir Putih merupakan pantai *semiurban* berdasarkan karakteristik perkembangannya. Pantai *semiurban* sendiri merupakan pantai yang berlokasi di luar kawasan perkotaan, dimana pantai tersebut masih terkoneksi dengan permukiman. Pantai Sebalang banyak menarik wisatawan dengan pemandangan lautnya yang indah, terutama suasana matahari terbenam. Pantai Sebalang memiliki luas kawasan sebesar 3,4 ha, sedangkan Pantai Pasir Putih memiliki luasan sebesar 8,4 ha yang dimanfaatkan untuk kegiatan wisata berenang, *snorkeling*, *diving*, dan beragam permainan air (Abdillah, 2016).

Pantai Sebalang dan Pasir Putih memiliki area mangrove di dalamnya. Mangrove di Pantai Sebalang dan Pasir Putih diduga sudah tidak ada masukan air laut akibat direklamasi untuk pembuatan jalan yang menutupi aliran air laut ke mangrove tersebut serta kegiatan aktivitas wisatawan yang dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan. Akibat yang ditimbulkan dapat berdampak pada perubahan struktur komunitas makrozoobentos, sehingga menyebabkan struktur komunitas di ekosistem mangrove terganggu. Untuk mengetahui kondisi ekologi di daerah mangrove pada Pantai Sebalang dan Pasir Putih mengalami dampak atau tidak dapat dilihat dari kondisi struktur makrozoobentos. Salah satu organisme yang memanfaatkan fungsi ekologis hutan mangrove adalah

makrozoobentos. Makrozoobentos berkontribusi sangat besar terhadap fungsi ekosistem perairan dan memegang peranan penting seperti proses mineralisasi dalam sedimen serta berperan dalam mentransfer energi melalui rantai makanan. Kondisi ekosistem mangrove yang beragam dapat memengaruhi kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos yang hidup di wilayah tersebut (Finisia, 2021).

Makrozoobentos juga dimanfaatkan sebagai bioindikator perairan, karena memiliki sifat yang sangat peka terhadap perubahan lingkungan perairan yang ditempatinya (Pelealu et al., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari indeks ekologi (keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi makrozoobentos) yang terdapat di mangrove Pantai Sebalang dan mangrove Pantai Pasir Putih dengan mengetahui indeks ekologi peneliti dapat memberikan kesimpulan apakah terdapat perubahan struktur komunitas makrozoobentos yang diakibatkan dari kegiatan reklamasi dan aktivitas wisatawan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu informasi mengenai kajian makrozoobentos di kawasan Pantai Sebalang dan Pasir Putih.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

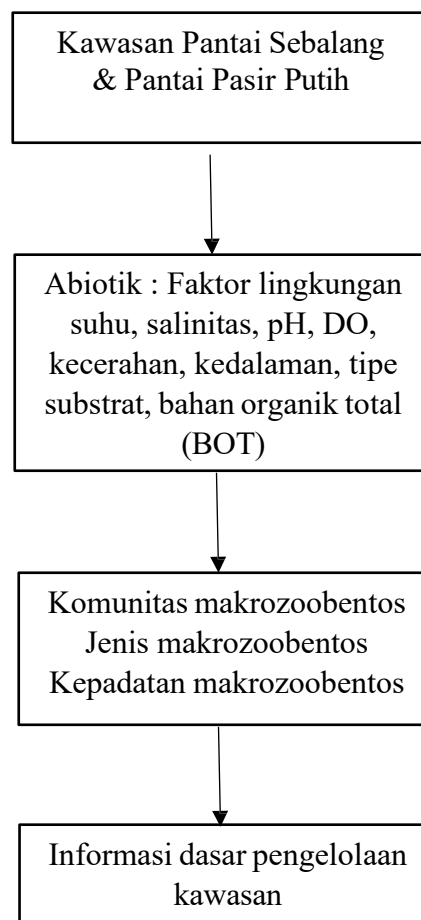
1. Mempelajari struktur komunitas makrozoobentos di daerah mangrove Pantai Sebalang dan Pasir Putih.
2. Mempelajari kondisi perairan di daerah mangrove Pantai Sebalang dan Pasir Putih.

1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang kondisi makrozoobentos mengalami gangguan atau tidak yang diakibatkan dari terputusnya aliran air laut serta aktivitas wisata di daerah mangrove pada Pantai Sebalang dan Pasir Putih.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kawasan Pantai Sebalang dan Pasir Putih memiliki sedikit mangrove di dalam kawasan tersebut. Mangrove yang berada pada Pantai Sebalang sudah terputus dari aliran air laut akibat reklamasi serta dekat dengan daerah PLTU, sementara mangrove Pasir Putih tidak ada masukan air laut dan terdapat aktivitas kegiatan wisata sehingga diduga memengaruhi struktur komunitas makrozoobentos. Kondisi makrozoobentos dihubungkan dengan kualitas air, seperti organik total (BOT), DO, kecerahan, kedalaman, pH, suhu, salinitas, dan tipe substrat. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi dasar pengelolaan kawasan. Hal ini dipetakan dalam kerangka pikir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangrove

Salah satu ekosistem yang memiliki produktivitas yang tinggi adalah mangrove. Mangrove adalah kelompok tumbuhan yang biasanya hidup di wilayah pantai, yang memiliki iklim tropis, bersubstrat lumpur, dan tahan terhadap salinitas (Chandra et al., 2011). Mangrove memiliki fungsi sebagai peredam gelombang dan angin badai, pelindung dari abrasi, penahan lumpur, perangkap sedimen, daerah asuhan (*nursery ground*), daerah mencari makanan (*feeding ground*), dan daerah pemijahan (*spawning ground*) berbagai jenis biota laut, penghasil kayu untuk bahan konstruksi, kayu bakar, bahan baku arang, bahan baku kertas, serta tempat ekowisata (Saru, 2014).

Menurut Aida et al. (2014), ekosistem mangrove berperan penting dalam menyumbangkan bahan organik dari serasah yang dihasilkan. Serasah yang berasal dari daun dan ranting merupakan mata rantai utama dalam jaring-jaring makanan. Salah satu kelompok biota akuatik yang dapat dijumpai hidup pada ekosistem mangrove yaitu moluska, Gastropoda, dan krustasea (Isnainingsih & Patria, 2018).

2.2 Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan salah satu biota laut yang umumnya hidup di zona intertidal yang berada di dalam sedimen perairan. Biota makrozoobentos memiliki ukuran 1 mm sampai dengan 5 mm (Bai'un et al., 2021). Keberadaan makrozoobentos yang mendiami wilayah perairan ekosistem mangrove dapat menunjukkan adanya kehidupan yang dinamis serta adanya interaksi antara

mangrove dan biota makrozoobentos dalam proses pertumbuhan dan perkembangan (Rahmah et al., 2020). Makrozoobentos juga memiliki peranan penting bagi manusia, misalnya sebagai makanan manusia, mata rantai makanan di laut, dan sebagai indikator suatu perairan termasuk di wilayah pesisir dan ekosistem mangrove (Paulus et al., 2020).

Makrozoobentos adalah salah satu indikator biologi yang dapat dijadikan acuan dalam penilaian kualitas lingkungan di berbagai ekosistem perairan. Penggunaan makrozoobentos sebagai bioindikator didasari atas perbedaan kemampuan makrozoobentos dalam merespon perubahan beberapa parameter lingkungan (Safitri et al. 2021). Sifat makrozoobentos yang relatif berukuran besar dengan pergerakan yang terbatas menjadikan makrozoobentos sebagai salah satu indikator biologi untuk mengetahui kondisi perairan dengan melihat dari nilai kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos yang sangat bergantung pada toleransi serta sensitivitasnya terhadap lingkungan sekitarnya (Basahona et al., 2021).

Makrozoobenthos yang hidup menetap di kawasan mangrove kebanyakan hidup pada substrat keras sampai berlumpur. Hewan ini memegang beberapa peran penting dalam perairan, seperti dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang memasuki perairan, serta menduduki beberapa tingkatan trofik dalam rantai makanan. Makrozoobenthos yang umum ditemui di kawasan mangrove adalah dari kelas krustasea, Polychaeta, Bivalvia, dan Gastropoda (Arief, 2003).

2.2.1 Krustasea

Krustasea merupakan bagian penting dari ekosistem mangrove dan pesisir yang berperan dalam daur ulang nutrisi. Krustasea merupakan kelompok subfilum terbesar dalam filum Arthropoda yang merupakan organisme dengan alat gerak (*appendages*) bersendi dan bernafas menggunakan insang. Krustasea termasuk ke dalam spesies bentos utama yang terdiri atas udang, kepiting, dan udang karang. Makanan krustasea berupa serasah mangrove dan bahan organik lainnya. Krustasea hidup pada wilayah perairan di air laut dan air tawar. Terdapat sekitar 68.000 spesies krustasea yang telah ditemukan di seluruh penjuru dunia. Krustasea

memiliki postur tubuh yang terbagi menjadi 3 segmen yaitu *cephalo*, toraks, dan abdomen (Hernawati et al., 2013).

2.2.2 Polychaeta

Cacing laut (Polychaeta) adalah cacing bersegmen yang memiliki banyak rambut (secara etimologis, *poly* berarti banyak; *chaeta* berarti struktur serupa rambut) di sekujur tubuhnya. Secara umum, tubuh hewan ini terbagi menjadi 3 bagian, yakni bagian “kepala” (*presegmental*), bagian “tubuh” (*segmental*) dan bagian “ekor” (*postsegmental*). Umumnya Polychaeta hidup terbenam dalam lumpur dan dapat ditemukan di bawah bebatuan, dalam lubang, dan liang dalam batu karang. Secara garis besar, terdapat tiga tipe kebiasaan makan Polychaeta, yakni *deposit feeder*, predator, dan *filter feeder*. Polychaeta terdiri dari dua sub-kelas yakni Errantia dan Sedentaria. Subkelas Errantia termasuk Polychaeta yang hidup dengan cara bergerak bebas (berenang), sedangkan Sedentaria termasuk Polychaeta yang hidup dengan cara meliang (Jauhara, 2012).

2.2.3 Bivalvia

Bivalvia (kerang-kerangan) adalah biota yang biasa hidup menetap di dalam substrat dasar perairan. Bivalvia memiliki nilai penting di dalam ekosistem air laut. Secara ekologis Bivalvia dikategorikan sebagai biota penting penyusun suatu ekosistem karena Bivalvia bersifat *filter feeder* sehingga mampu menyaring bahan-bahan organik yang ada di dalam perairan. Bivalvia sering dijumpai di perairan laut terutama di daerah mangrove. Banyak jenis Bivalvia yang menghuni mangrove seperti *Andara granosa* (kerang darah), *Andara antiquate* (kerang bulu), *Mytilus viridis* (kerang hijau), dan *Cassostrea cucullata* (tiram bakau). Keberadaan dan penyebaran Bivalvia sangat dipengaruhi oleh faktor biotik dan biotik, seperti kondisi lingkungan, sumber makanan, pemangsaan oleh predator, dan kompetisi (Bahri et al., 2020).

2.2.4 Gastropoda

Gastropoda merupakan hewan bertubuh lunak yang menggunakan otot perutnya untuk berjalan. Gastropoda adalah hewan yang bercangkang tunggal, dan sebagian besar cangkangnya terbuat dari bahan kalsium karbonat yang pada bagian luarnya dilapisi periostrakum dan zat tanduk. Secara ekologis Gastropoda memiliki peran penting pada rantai makanan yaitu sebagai dekomposer dalam proses dekomposisi materi organik. Tekanan ekologis dan kondisi lingkungan seperti vegetasi mangrove dapat memengaruhi kelimpahan gastropoda pada suatu kawasan (Bancin et al., 2020).

2.3 Keanekaragaman Makrozoobentos

Sebagai organisme yang hidup di perairan, hewan makrozoobentos sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan tempat hidupnya, sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya. Oleh karena itu, makrozoobentos dimanfaatkan sebagai bioindikator perairan. Indeks keanekaragaman makrozoobentos dapat menunjukkan kondisi kualitas perairan tersebut. Faktor lingkungan seperti salinitas dan DO memiliki pengaruh yang signifikan terhadap struktur komunitas makrozoobentos (Wijayanti et al., 2025). Selain itu, tingkat keanekaragaman yang terdapat di lingkungan perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran (Handayani et al., 2000).

Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos sangat bergantung pada toleransi dan tingkat sensitifnya terhadap kondisi lingkungannya. Kisaran toleransi dari makrozoobentos terhadap lingkungan berbeda-beda. Kelimpahan dan keanekaragaman komunitas makrozoobentos juga ditentukan oleh sifat fisika, dan kimia (Pelealu et al., 2018). Sifat fisik perairan dapat berupa kedalaman, kecepatan arus, warna, kekeruhan atau kecerahan, dan suhu air. Sebagai contoh, kecepatan arus dan kedalaman perairan berpengaruh negatif terhadap kelimpahan makrozoobentos (Safitri et al., 2021). Sifat kimia perairan antara lain, kandungan gas terlarut, bahan organik, pH, kandungan hara, sama halnya dengan sifat fisika, sifat kimia seperti contohnya pH dan oksigen terlarut berpengaruh terhadap kelimpahan

dan keanekaragaman makrozoobentos (Safitri et al., 2021).

2.4 Keseragaman Makrozoobentos

Indeks keseragaman merupakan ukuran jumlah individu antarspesies dalam suatu komunitas makrozoobentos. Penyebaran individu antarspesies yang semakin merata menyebabkan keseimbangan ekosistem akan makin meningkat. Nilai keseragaman berkisar 0–1, semakin kecil indeks keseragaman maka semakin kecil pula keseragaman populasi. Hal ini menunjukkan penyebaran jumlah individu setiap jenis tidak sama. Tingginya indeks keseragaman menunjukkan bahwa pembagian komposisi individu yang ditemukan tinggi dan merata. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di wilayah tersebut relatif serasi untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme. Kestabilan suatu komunitas dapat digambarkan dengan tinggi rendahnya nilai indeks keseragaman yang didapat. Komunitas yang stabil menunjukkan bahwa ekosistem tersebut memiliki kesehatan ekosistem yang baik hal ini dapat dilihat dari keseragaman yang merata, sehingga tidak ada jenis organisme yang dominan (Afriati et al., 2019).

2.5 Indeks Dominansi Makrozoobentos

Indeks dominansi yang rendah berkaitan dengan indeks keseragaman yang tinggi. Semakin besar nilai keseragaman maka dominansi satu atau beberapa spesies dalam suatu komunitas semakin rendah. Hal ini dikarenakan kelimpahan individu hampir seragam. Indeks dominansi yang rendah menunjukkan bahwa makrozoobentos yang hidup berada dalam kondisi habitat yang baik. Jika dalam suatu stasiun penelitian ditemukan adanya dominansi suatu organisme, menandakan bahwa tidak semua makrozoobentos memiliki daya adaptasi dan kemampuan bertahan hidup yang sama di suatu tempat. Dominansi bergantung pola penyebaran makrozoobentos. Adanya indeks dominansi yang berbeda menunjukkan bahwa makrozoobentos bergantung sifat fisik kimia lingkungan seperti suhu, kecepatan arus, oksigen, pH, dan faktor pendukung lainnya (Desmawati et al., 2020).

2.6 Faktor Lingkungan

Keanekaragaman makrozoobentos dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, baik biotik maupun abiotik. Faktor lingkungan yang memengaruhi keberadaan makrozoobentos meliputi faktor fisika dan kimia yaitu, suhu, pH, oksigen terlarut, dan bahan organik total. Makrozoobentos menjadi salah satu organisme akuatik yang menetap pada dasar perairan yang memiliki pergerakan relatif lambat, sehingga memiliki kemampuan untuk merespon kondisi kualitas perairan. Makrozoobentos juga memiliki peran yang cukup besar dalam ekosistem perairan yaitu menguraikan materi organik yang masuk dalam perairan (Rafi'i & Maulana, 2018).

2.6.1 Suhu

Suhu mempunyai pengaruh bagi keanekaragaman makrozoobentos. Hal ini karena suhu yang optimal akan meningkatkan laju metabolisme dan respirasi organisme perairan. Suhu yang optimal bagi kehidupan makrozoobentos dapat meningkatkan keanekaragamannya (Choirudin et al., 2014). Menurut Ali et al., (2020) suhu yang optimal bagi kehidupan makrozoobentos adalah 25–30 °C, sedangkan yang di bawah kadar optimal dan dapat menghambat laju perkembangan organisme tersebut, sehingga memengaruhi tingkat keanekaragamannya.

2.6.2 Kecerahan

Kecerahan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual menggunakan *Secchi disk*. Tingkat kecerahan suatu perairan digunakan untuk mengetahui adanya kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air, lapisan bagian yang tidak keruh, dan yang paling keruh. Jika 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). Menurut A'ayun et al. (2015), nilai kecerahan air berkorelasi positif terhadap

kelimpahan makrozoobentos. Hal ini disebabkan makrozoobentos membutuhkan cahaya matahari untuk memperoleh makanan dan untuk berkembangbiakan.

2.6.3 Substrat

Substrat merupakan salah satu faktor ekologis utama yang memengaruhi struktur komunitas makrozoobentos. Substrat pada perairan terdiri dari berbagai jenis seperti pasir, lumpur, lempung, kerikil, dan batuan, merupakan habitat utama bagi makrozoobentos, organisme yang hidup di dasar perairan. Substrat menyediakan tempat untuk berlindung dari predator dan arus air yang kuat, serta menjadi lokasi untuk melekat atau membuat sarang. Selain itu, substrat, terutama yang berlumpur, kaya akan bahan organik yang menjadi sumber makanan penting bagi makrozoobentos (Rabiul, 2023).

Substrat dasar memiliki peranan penting bagi pembatasan penyebaran makrozoobentos, jenis substrat yang berbeda memiliki pengaruh terhadap ketersediaan oksigen dan nutrisi. Keadaan substrat dasar menjadi faktor yang sangat menentukan komposisi hewan bentos dalam suatu perairan. Struktur substrat dasar akan menentukan kelimpahan dan komposisi jenis hewan makrozoobentos. Selain itu perubahan sifat substrat akan berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragamannya. Kelompok makrozoobentos lebih banyak ditemukan pada substrat dengan tipe pasir sedang sampai pasir halus atau berlumpur. Substrat tipe tersebut menyediakan sumber makanan yang baik bagi makrozoobentos sehingga meningkatkan kelimpahannya (Gultom et al., 2018).

2.6.4 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH adalah hasil ukuran dari konsentrasi ion hidrogen guna menentukan sifat asam atau basa. Perubahan pH pada badan air sangat berpengaruh pada kehidupan biota di badan air. Nilai pH sangat berpengaruh terhadap racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas. Perubahan nilai pH bisa berasal dari adanya limbah yang masuk ke dalam perairan, baik itu limbah industri, rumah tangga, atau industri rumah tangga (Pratiwi & Mirwan, 2022).

Derajat keasaman merupakan salah satu faktor kualitas perairan yang juga berpengaruh terhadap kehidupan makrozoobentos. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai kisaran pH sekitar 7–8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam ataupun sangat basa tidak baik untuk kelangsungan hidup makrozoobentos. Hal ini karena pada spesies-spesies tersebut tidak memiliki daya toleran yang kuat terhadap perubahan pH (Barus, 2004).

2.6.5 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut digunakan oleh organisme perairan dalam proses respirasi. Perubahan kadar oksigen yang terjadi tentu akan memengaruhi kehidupan organisme yang hidup dalam perairan. Oksigen terlarut rata-rata di perairan tawar adalah 6–8 mg/L, sedangkan untuk nilai rata-rata oksigen terlarut perairan payau adalah 5–10 mg/L. Menurut Ridwan et al. (2016), kehidupan makrozoobentos dapat bertahan jika kandungan oksigen terlarut minimum sebanyak 5 mg/L, selebihnya bergantung pada ketahanan organisme tersebut, derajat keasaman, kehadiran bahan pencemar, temperatur air, dan lain-lain. Kandungan oksigen dalam ekosistem yang besar akan berpengaruh positif terhadap kehidupan makrozoobentos (Sofiyani et al., 2021).

2.6.6 Bahan Organik Total (BOT)

Makrozoobentos erat kaitannya dengan bahan organik yang terkandung dalam substrat, karena bahan organik merupakan sumber nutrisi bagi makrozoobentos yang hidupnya relatif menetap. Namun demikian bila bahan organik tersebut berlebihan justru akan menjadi sumber pencemaran bagi perairan tersebut. Ketersediaan bahan organik dapat memberikan variasi yang besar terhadap kelimpahan organisme. Oleh sebab itu, keberadaan makrozoobentos dapat dijadikan indikator untuk melihat pemasukan bahan organik di perairan. Perairan yang masih baik dapat menunjang keragaman jenis makrozoobentos yang hidup pada perairan tersebut. Sebaliknya, perairan yang kurang baik keragaman makrozoobentosnya

akan menurun atau sedikit jumlahnya (Kolif et al., 2017). Dari hasil penelitian Kholif et al. (2017), semakin tinggi kandungan bahan organik dalam sedimen atau perairan, umumnya kelimpahan makrozoobentos juga semakin tinggi karena bahan organik berfungsi sebagai sumber makanan utama bagi makrozoobentos. Reynold (1971) mengklasifikasikan kandungan bahan organik pada sedimen ke dalam 5 kriteria, tujuan dilakukanya klasifikasi menjadi 5 kriteria yaitu untuk mempermudah penilaian dan pengelolaan kualitas lingkungan, khususnya perairan dan sedimen. Semakin kecil ukuran partikel sedimen, semakin tinggi potensi kandungan bahan organiknya, begitu juga sebaliknya semakin besar ukuran partikel semakin kecil potensi kandungan bahan organiknya (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria kandungan bahan organik dalam sedimen

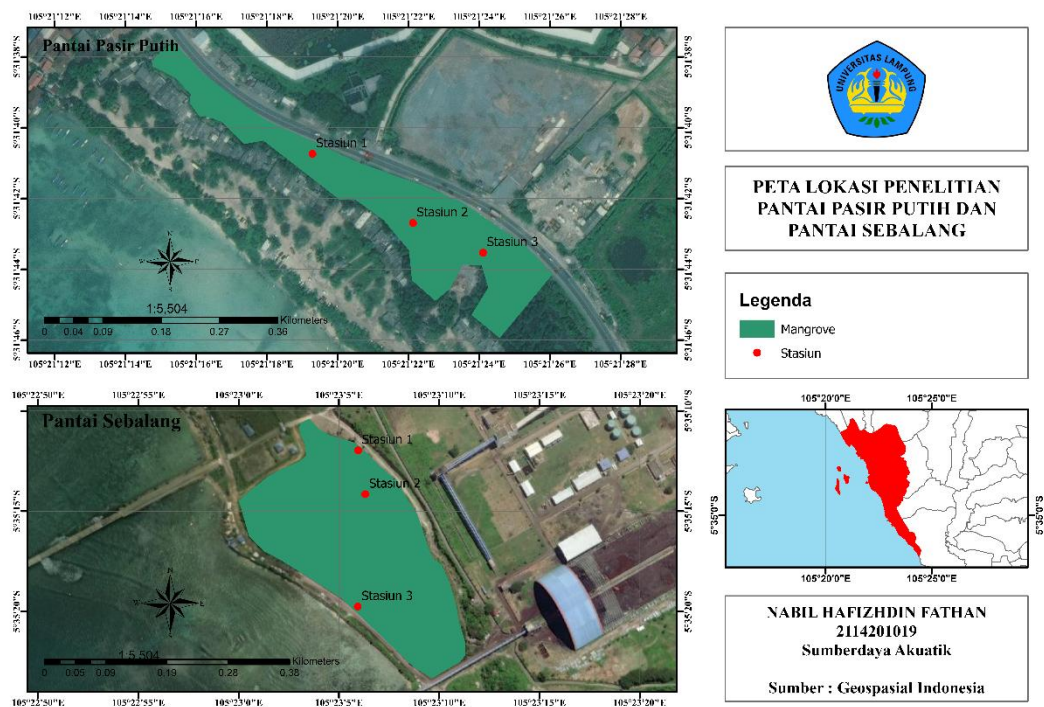
No.	Kandungan bahan organik (%)	Kriteria
1	>35	Sangat tinggi
2	17-35	Tinggi sedang
3	7-17	Sedang
4	3,5-7	Rendah
5	<3,5	Sangat rendah

Sumber: Reynold (1971)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dan pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan di daerah mangrove Pantai Sebalang dan sebagai data pembandingan diambil pada mangrove Pantai Pasir Putih (Gambar 2). Pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 30 Januari 2025 sampai 20 Februari 2025. Pengamatan makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan bahan penelitian

No	Alat	Merek	Fungsi
1	<i>Core sampler</i>	—	Mengambil sampel makrozoobentos pada substrat berpasir dan berlumpur.
2	<i>Secchi disk</i>	—	Mengukur kecerahan perairan.
3	Refraktometer	ATC	Mengukur kadar salinitas perairan.
4	Termometer	—	Mengukur suhu perairan.
5	pH meter	Mediatech pH meter	Mengukur kadar pH perairan.
6	DO meter	Lutron	Mengukur konsentrasi oksigen terlarut.
7	Botol sampel	—	Wadah sampel air.
8	Label	—	Digunakan untuk memberi tanda sampel.
9	<i>Cool box</i>	—	Digunakan untuk menyimpan sampel.
10	Google maps	—	Menentukan titik koordinat.
11	Kamera	Redmi 9C	Alat dokumentasi.
12	Alat tulis	—	Mencatat data sampel.
13	Pipet tetes	—	Mengambil larutan dalam skala kecil.
14	Akuades	—	Digunakan untuk mengkalibrasi alat.
15	Tisu	Nice	Digunakan untuk membersihkan alat.
16	Plastik <i>zip</i>	—	Digunakan untuk wadah sampel makrozoobentos.
17	Formalin 4%	Biomus	Mengawetkan sampel makrozoobentos.
18	Buku identifikasi panduan Taksonomi Hewan dan Zoologi Invertebrata	—	Sebagai acuan pengidentifikasian sampel makrozoobentos.

3.3 Penentuan Stasiun

Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu berdasarkan pertimbangan tertentu atas keberadaan sampel di lokasi penelitian. Secara keseluruhan pengamatan terdiri dari 3 stasiun untuk setiap lokasi dan dilakukan pada daerah mangrove. Stasiun 1 untuk lokasi penelitian di Pantai Sebalang berada di dekat irigasi pembuangan air PLTU, sedangkan stasiun 2 berada di dalam area mangrove dan stasiun 3 di tepi Pantai Sebalang. Adapun pada Pantai Pasir Putih, stasiun 1 berada di dekat permukiman, stasiun 2 di daerah wisata, dan stasiun 3 di pintu masuk Pantai Pasir Putih. Masing-masing

stasiun memiliki 3 titik dan pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali ulangan untuk setiap titik (Lampiran 3 & 4).

3.4 Pengambilan Sampel Makrozoobentos

Sampel makrozoobentos diambil menggunakan *core sampler* berukuran diameter 7,62 cm dan panjang 30 cm (Lampiran 2). Sampel makrozoobentos yang diambil dimasukkan ke dalam plastik bening atau plastik *zip*, kemudian diawetkan dengan larutan formalin 4%. Penanganan sampel makrozoobentos secara umum dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu penyaringan, penyortiran, pengawetan, dan identifikasi. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan saringan halus, sampai makrozoobentos dan serasah bersih dari sedimen. Sedimen diusahakan tidak ada yang tertinggal dalam proses penyaringan. Penyortiran makrozoobentos dilakukan secara *in situ*, yang dipisahkan dari serasah-serasah hasil penyaringan. Makrozoobentos hasil penyortiran dimasukkan ke dalam botol film berlabel stasiun dan ulangan, kemudian diawetkan dengan formalin 4%. Selanjutnya analisis identifikasi spesies dilakukan secara *ex situ* di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan dengan menggunakan buku identifikasi panduan Taksonomi Hewan dan Zoologi Invertebrata oleh (Sri & Nurhidayah, 2020). Setiap individu yang ditemukan dihitung jumlahnya untuk setiap ulangan.

3.4.1. Pengambilan dan Penanganan Sampel Parameter Fisika dan Kimia

Parameter fisika yang diukur selama penelitian meliputi kecerahan, kedalaman, suhu, dan tipe substrat. Pengambilan parameter fisika ini dilakukan sebelum pengambilan parameter kimia yang meliputi DO, bahan organik total (BOT), dan pH. Satuan dan alat parameter fisika dan kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat pengambilan sampel

Parameter	Satuan	Alat
A. Fisika		
Kecerahan	%	<i>Secchi disk</i>
Kedalaman	cm	Tongkat berskala
Suhu	°C	Termometer
Tipe substrat	-	<i>Core sampler</i>

Tabel 3. Alat pengambilan sampel (lanjutan)

Parameter	Satuan	Alat
B. Kimia		
DO	mg/L	DO meter
pH	ppm	pH meter
Salinitas	ppt	Refraktometer
Bahan organik total (BOT)	(%)	Core sampler

a. Kecerahan

Pengukuran kecerahan perairan diukur dengan *Secchi disk* (Lampiran 2). Alat tersebut dimasukkan ke dalam perairan yang diikat dengan tali sampai tidak terlihat, kemudian dicatat sebagai kedalaman d1. Setelah itu, *Secchi disk* diangkat ke permukaan sampai *Secchi disk* terlihat kembali. Kedalaman di saat *Secchi disk* kelihatan kembali dinyatakan dengan d2. Menurut Pingki & Sudarti (2021), perhitungan kecerahan menggunakan persamaan:

$$K = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan:

K = kecerahan (cm)

d1 = kedalaman *Secchi disk* saat tidak terlihat

d2 = kedalaman *Secchi disk* saat mulai tampak kembali

b. Kedalaman

Kedalaman diukur dengan menggunakan tongkat berskala, tongkat tersebut dimasukkan secara vertikal ke dalam air hingga mencapai dasar perairan (Lampiran 2). Kedalaman diukur dengan membaca angka pada skala tongkat yang terlihat di atas permukaan air. Kedalaman perairan perlu diukur beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat di titik yang berbeda.

c. Suhu

Suhu pada masing-masing stasiun diukur dengan menggunakan termometer. Pengukuran suhu dilakukan dengan memasukkan termometer ke dalam air selama ± 5 menit. Pembacaan skala dilakukan sewaktu termometer masih berada di dalam air. Hal ini dimaksudkan agar suhu luar perairan tidak memengaruhi suhu air sebenarnya.

d. Tipe Substrat

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan *core sampler* pada setiap plot pengambilan sampel makrozoobentos. Sedimen yang diperoleh diamati tipe substratnya apakah lumpur, pasir atau berbatu.

e. DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter dengan cara *probe* dice-lupkan ke dalam air sampel dan dipastikan terendam dengan baik (Lampiran 2). Nilai DO yang ditampilkan pada layar DO meter akan muncul setelah ditunggu beberapa saat ketika pembacaannya stabil. Kemudian DO meter dikalibrasi sebelum digunakan sesuai dengan petunjuk manual alat.

f. pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter (Lampiran 2). Pertama, pH meter dikalibrasi dengan memasukkan elektroda pH meter ke dalam larutan bufer dengan pH 7 lalu ditekan “on/off”, lalu ditunggu hingga pH meter menunjukkan pH 7 (netral). Setelah itu pH meter dicelupkan ke dalam air sampel dan nilai pH dapat terbaca sesuai dengan pH air yang diukur.

g. Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan menggunakan refraktometer (Lampiran 2). Sampel air laut pada permukaan perairan diambil dengan menggunakan pipet tetes, selanjutnya sampel air diteteskan pada refraktometer dan dibaca nilai skala yang tertera.

h. Bahan organik total (BOT)

Pengambilan sampel sedimen untuk BOT dilakukan dengan menggunakan *core sampler* berdiameter 7,62 cm dengan panjang 30 cm. Cara penggunaannya yaitu dengan menancapkan *core sampler* ke dalam sedimen lalu mengangkatnya kembali. Sedimen yang telah diambil dimasukkan ke dalam kantong sampel dan disimpan di *cool box* yang telah terisi es sebagai pendingin agar tidak terjadi penguraian oleh bakteri. Sampel dibawa ke laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung untuk analisis BOT. Analisis BOT dilakukan dengan menggunakan metode *loss by ignition* (pembakaran dengan suhu tinggi) (Mardi, 2014).

Langkah-langkah metode analisis adalah sebagai berikut:

- Sampel sedimen dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 2×24 jam sampai benar-benar kering.
- Cawan dioven untuk memastikan tidak ada sisa kandungan air yang terdapat pada cawan agar pada saat pemijaran dengan suhu tinggi cawan tersebut tidak pecah. Setelah itu, berat cawan petri (B_c) ditimbang.
- Berat sampel sedimen yang telah dioven ditimbang sebanyak kurang lebih 5 g dan dicatat sebagai berat awal (B_{aw}).
- Cawan petri yang berisi sampel sedimen sebanyak 5 g dipanaskan dengan menggunakan oven pada suhu 550 °C selama kurang lebih 3,5 jam. Setelah mencapai 3,5 jam, sampel sedimen pada cawan dikeluarkan dari oven. Sampel pada cawan yang sudah dioven ditimbang kembali sebagai berat akhir (B_{ak}).

Kadar abu dihitung berdasarkan persen bobot setelah dipanaskan per bobot sebelum dipanaskan dengan persamaan:

$$\% \text{ abu} = \left[\frac{D-B}{C-B} \right] \times 100 \dots\dots\dots (A)$$

Keterangan:

B = Bobot cawan petri (g)

C = Bobot cawan petri + sampel sebelum dipanaskan (g)

D = Bobot cawan petri + sampel setelah dipanaskan (g)

Selanjutnya untuk menghitung kandungan bahan organik (*organic matter*)/OM digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ OM} = 100 - A$$

3.5 Analisis Data

3.5.1 Komunitas Makrozoobentos

1. Kepadatan bentos

Sampel bentos yang telah diidentifikasi dihitung kepadatannya per satuan volume. Persamaan kepadatan bentos menurut Brower & Zar (1990) yang telah dimodifikasi dengan alat *core sampler*:

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

Keterangan:

K = Kepadatan (individu/m³)

N_i = Jumlah total individu spesies ke-i (individu)

V = Volume *core sampler* (m³)

2. Keanekaragaman bentos

Keanekaragaman merupakan sifat komunitas yang memperlihatkan tingkat dari keanekaragaman jenis organisme. Indeks keanekaragaman dihitung menurut Shannon-Weaver (H') sebagai berikut (Odum, 1993):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \ln (P_i)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

H' = keanekaragaman Shannon & Weaver.

n_i = jumlah individu spesies ke-i.

N = jumlah individu total.

Kisaran kategori indeks keanekaragaman menurut Shannon & Weaver (1949) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos

H'	Kategori
$H' < 1$	Rendah
$1 < H' < 3$	Sedang
$H' > 3$	Tinggi

3. Indeks keseragaman:

Indeks keseragaman digunakan untuk mengetahui seberapa merata suatu populasi atau komunitas. Keseragaman jenis makrozoobentos dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut (Setyobudiandi et al., 2009):

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

Dimana

E = Indeks keseragaman jenis

H' = Indeks keanekaragaman jenis

S = Jumlah jenis yang tertangkap

Kategori nilai indeks keseragaman mempunyai kisaran nilai tertentu yaitu sebagai berikut :

$E < 0,4$ = keseragaman rendah

$0,4 > E < 0,6$ = keseragaman sedang

$E > 0,6$ = keseragaman tinggi

4. Indeks dominansi

Indeks dominansi dihitung menggunakan persamaan dominansi Simpson (Odum, 1993):

$$D_i = \sum \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Dimana :

D_i = Indeks dominasi suatu jenis

n_i = Jumlah individu suatu jenis

N = Jumlah individu dari seluruh jenis

Kriteria tingkat dominansi spesies berdasarkan indeks dominansi (C) menurut Odum (1993) adalah sebagai berikut :

Jika $C < 0,50$ = Dominansi rendah

Jika $0,50 < C < 0,75$ = Dominansi sedang

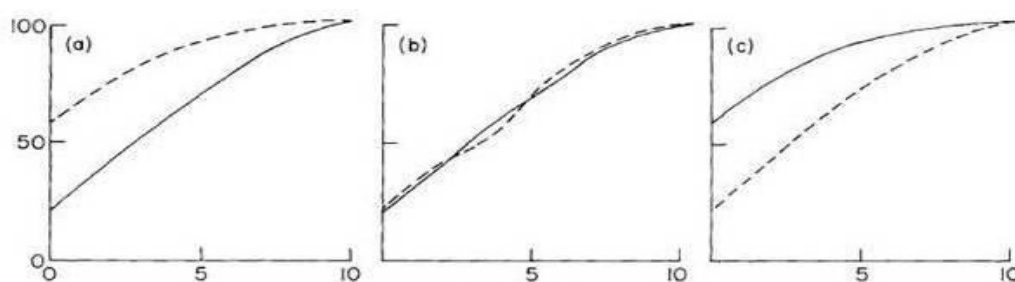
Jika $0,75 < C < 1,00$ = Dominansi tinggi

3.5.2 Kurva *K-Dominance*

Analisis komunitas dengan kurva *K-Dominance* digunakan untuk mengetahui gangguan perairan akibat pencemaran. Efriningsih (2016) menjelaskan bahwa metode ini dibuat dengan langkah sebagai berikut:

1. Membuat daftar persentase relatif jumlah total individu per satuan luas dan biomassa per satuan luas masing-masing jenis makrozoobenthos.
2. Menyusun peringkat masing-masing jenis dari persentase relatif jumlah total individu dan biomassa per satuan luas dan kemudian membuat kumulatif dominan dari persentase relatif.
3. Memplotkan data rangking jumlah total individu persatuan luas (ind/m^2) dan biomassa per satuan luas (g/m^2) pada sumbu X dan memplotkan data persentase kumulatif dominan dari jumlah individu per satuan luas dan berat per satuan luas pada sumbu Y

Gambar 3 menunjukkan hipotesis kurva K-Dominance sebagai pendekatan antara kelimpahan spesies yang ditandai dengan garis utuh (_____) dan biomassa yang ditandai dengan garis putus-putus (-----). Kurva (a) menunjukkan kondisi eko-sistem yang tidak terganggu, sedangkan kurva (b) dan (c) secara berurut-turut me-nunjukkan kondisi ekosistem yang terganggu dengan intensitas sedang (moderat) dan tinggi.



Gambar 3. Kurva K-Dominance antara kelimpahan spesies dan biomassa.

Sumber: Warwick (1986)

Pada penentuan status pencemaran berdasarkan metode kurva K-Dominance. Data yang diperlukan ialah nilai kelimpahan dan biomassa suatu spesies. Nilai kelimpahan diperoleh dari jumlah individu dalam spesies dibagi dengan luas total daerah pengambilan sampling dan biomassa diperoleh dari berat kering sampel mak-rozoobentos. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase relatif jumlah individu per satuan luas (ind/m^2) dan biomassa pada masing-masing jenis mak-rozoobentos adalah sebagai berikut (Warwick, 1986).

$$KR = \frac{K \text{ Suatu Spesies}}{K \text{ Total}} \times 100 \%$$

Keterangan :

KR = Kelimpahan relatif

K = Kelimpahan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung biomassa dan biomassa relatif sebagai berikut:

$$B = \frac{\text{Biomassa individu suatu spesies}}{\text{Luas Area (m}^2\text{)}}$$

$$BR = \frac{\text{Biomassa suatu spesies}}{\text{Biomassa total}} \times 100\%$$

Keterangan :

B = Biomassa

BR = Biomassa relatif

3.5.1. Analisis Komponen Utama (PCA)

Analisis komponen utama atau disebut PCA (*principle component analysis*) adalah suatu teknik analisis statistik untuk mentransformasi peubah asli yang masing-masing saling berkorelasi satu dengan yang lain menjadi satu set peubah baru yang tidak berkorelasi lagi. Tujuan dari analisis komponen utama yaitu menampilkan kesimpulan yang lebih mudah dan terwakilkan dengan menyederhanakan faktor dan variabel dari data yang dihasilkan (Maddupa *et al.* 2016). Analisis PCA dilakukan untuk mengetahui hubungan antara parameter kualitas air dengan kelimpahan makrozoobentos. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah suhu, pH, DO, salinitas, BOT, kecerahan, dan kelimpahan.

Hubungan antara kerapatan mangrove dan faktor lingkungan dengan kepadatan makrozoobentos di mangrove Pantai Sebalang dilakukan dengan menggunakan analisis komponen utama (*principal component analysis*, PCA). Bengen (2000) menyatakan tujuan utama penggunaan analisis komponen utama antara lain:

- Mempelajari suatu matriks data dari sudut pandang kemiripan antara individu (waktu pengamatan, stasiun, kedalaman dan lain- lain) atau hubungan antarvariabel (parameter fisika, kimia, dan biologi perairan).
- Mengekstraksi informasi esensial yang terdapat dalam suatu tabel/matriks data yang benar.
- Menghasilkan suatu representasi grafik yang memudahkan interpretasi. Bentuk data yang umumnya dianalisa dengan menggunakan analisa komponen utama adalah matriks yang terdiri dari n individu (baris) dan p variabel (kolom). Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program statistika menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur komunitas makrozoobentos pada mangrove di Pantai Sebalang banyak didapatkan dari famili Corixidae disusul Thiaridae dan Lymnaeidae. Sementara di mangrove Pantai Pasir Putih banyak didapatkan dari famili Ellobiidae, Neritidae dan Thiaridae. Ketiga jenis famili ini memiliki adaptasi ekologis yang memungkinkan biota tersebut untuk bertahan hidup dengan baik dalam lingkungan mangrove.
2. Perairan mangrove di Pantai Sebalang dan Pantai Pasir Putih termasuk ke dalam kondisi terganggu sedang, yang mana ini mengindikasikan bahwa kondisi perairan terindikasi terganggu sedang.

5.2 Saran

Perlu adanya tindakan pengelolaan untuk menjaga mangrove Sebalang dan Pasir Putih yang melibatkan masyarakat sekitar dan pengelola kawasan Sebalang dan Pasir Putih agar ekosistem mangrove tetap terjaga kedepannya

DAFTAR PUSTAKA

- A'ayun, N. Q., Perdana, T. A. P., Pramono, P. A., & Laily, A. N. (2015). Identifikasi fitoplankton di perairan yang tercemar lumpur Lapindo, Porong Sidoarjo. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(1), 48-56. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v8i1.3414>.
- Abdillah, D. (2016). Pengembangan wisata bahari di pesisir Pantai Teluk Lampung. *Jurnal Destinasi Kepariwisata Indonesia*, 2(1), 45-66.
- Abimayu, A. T., Idris, M. M., & Idami, Z. (2023). Keanekaragaman makrozoobentos di kawasan Pantai Sujono Kabupaten Batu Bara Sumatera Utara. *BIO-CONS : Jurnal Biologi dan Konservasi*, 5(2), 356-374. <https://doi.org/10.31537/biocons.v5i2.1415>.
- Aida, G. R., Wardiatno, Y., Fahrudin, A., & Kamal, M. M. (2014). Produksi serasah mangrove di pesisir Tangerang, Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(2), 91-97.
- Akbar, S. S. (2022). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Kanal Mangetan, anak Sungai Brantas, Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 229-236. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.64>.
- Ali, A., Bakar, B., & Candra, C. (2020). Pengaruh fluktuasi suhu perairan terhadap keanekaragaman makrozoobentos. *Jurnal Biologi Perairan*, 15(2), 112-125.
- Anggraini, R., Syahrial, S., Karlina, I., Mariati, W., Saleky, D., & Leni, Y. (2021). Gastropoda test family of neritidae as bioindicator to health status of mangrove forest Pulau Tunda Serang Banten, Indonesia. *Aquatic Sciences Journal*, 8(1), 49-58. <https://doi.org/10.29103/aa.v8i1.3829>.
- Afriati, D., Herawati, E. Y., Buwono, N. R., Firdaus, A., Winarno, M. S., & Puspitasari, 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>.

- Ariawan, I. K. D., Dharma, I. G. B. S., & Faiqoh, E. (2021). Struktur komunitas makrozoobenthos di ekosistem mangrove Pulau Serangan Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7(2), 224-232. <https://doi.org/10.24843/jmas.2021.v07.i02.p11>.
- Arief, A. (2003). *Hutan mangrove fungsi dan manfaatnya*. Kanisius.
- Aumentado, H. D., Armand, A., Chethana, K. W. T., Phukhamsakda, C., Norphanphoun, C., Hyde, K. D., & Jayawardena, R. S. (2024). Novel species, morpho-molecular identification and pathogenicity of *Allophoma* (Didymellaceae) causing leaf spots of true mangroves and mangrove associates in Thailand. *Plant Pathology*, 73(7), 1730-1748. <https://doi.org/10.1111/ppa.13928>.
- Bahri, S., Kurnia, T. I. D., & Ardiyansyah, F. (2020). Keanekaragaman kelas Bivalvia di hutan mangrove Pantai Bama Taman Nasional Baluran. *Jurnal Biosense*, 3(1), 56-70. <https://doi.org/10.36526/biosense.v3i1.967>.
- 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>.
- Bancin, I. R., Suharsono, S., & Hernawati, D. (2020). Diversitas gastropoda di perairan litoral Pantai Sancang Kabupaten Garut. *Jurnal Biosains*, 6(3), 72-81. <https://doi.org/10.24114/jbio.v6i3.17739>.
- Barus, T. A. (2004). *Pengantar limnologi studi tentang ekosistem air daratan*. USU Press.
- Basahona, F., Tahir, I., & Akbar, N. (2021). Kepadatan, keaneragaman dominansi dan kesamaan jenis biota intertidal di Pulau Ternate dan Pulau Woda. *Hemyscyllium*, 1(2), 1-12. <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/hemyscyllium/article/view/34/2281>.
- Bengen, D. G. (2000). *Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Brower, J. E., & Zar, J. H. (1990). *Field and laboratory methods for general ecology, third editon*. C. Brown Publisher.
- Carvalho, F. L., Grave, S. D., & Mantelatto, F. L. M. (2016). An integrative approach to the evolution of shrimps of the genus *Palaemon* (Decapoda, *Palaemonidae*). *Zoologica Scripta*, 46(4), 473-485. <https://doi.org/10.1111/zsc.12228>.

- Chandra, L. A., Seca, G., & Hena, A.M.K. (2011). Aboveground biomass production of *Rhizophora apiculata* blume in Sarawak Mangrove Forest. *Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 469 -474. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.469.474>.
- Choirudin, I. R., Supardjo, M. N., & Muskananfolo, M. R. (2014). Studi hubungan kandungan bahan organik sedimen dengan kelimpahan makrozoobenthos di muara Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(3), 23-32. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i3.6708>.
- Coelho, P. R. S., Ker, F. T. d. O., Araújo, A. D. d., Pinto, H. A., Negrão-Corrêa, D. A., Caldeira, R. L., & Geiger, S. M. (2022). Survey on limnic gastropods: relationships between human health and conservation. *Pathogens*, 11(12), 15-33. <https://doi.org/10.3390/pathogens11121533>.
- Daulay, A. P., Sari, R., & Girsang, S. R. M. (2023). Pemanfaatan hutan mangrove untuk silvofishery di Desa Pasar Rawa Kecamatan Gebang Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 11(3), 68-78. <https://doi.org/10.26418/jhl.v11i3.71506>.
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, C. A. (2020). Studi awal makrozoobentos di kawasan wisata Sungai Kalimas, Monumen Kapal Selam Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 19-22. DOI: 10.12962/j23373520.v8i2.49929.
- Dewantari, A. W., Sulthanadia, A. M., Agatha, D. A., & Hasan, V. (2022). Identifikasi plankton, makrozoobentos, dan mikroplastik sebagai indikator kualitas air di kawasan suaka ikan Kali Surabaya. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 217-228. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.65>.
- Dièye, E. H. B., Sané, T., Solly, B., Ba, B. D., Ndour, N., Sy, O., & Diaw, A. T. (2022) Mangrove dynamics and local perceptions in the department of Oussouye.(Basse-Casamance, Sénégal) entre 1972 et 2018. *Tropicultura*. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.2016>.
- Efriningsih, R. (2016). Evaluasi kualitas lingkungan perairan pesisir di sekitar TPA Telaga Punggur Kota Batam berdasarkan struktur komunitas makrozoobenthos. *Jurnal Simbiosis*, 5(1), 1-15. DOI:10.33373/sim-bio.v5i1.800.
- Farantika, R., Putro, S. P., & Indarjo, A. (2020). Biomonitoring application using macrozoobenthic assemblages at coastal area of Menjangan Besar Island, Kepulauan Karimunjawa, Indonesia. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 16(3), 292-296. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v16n3.1669>.

- Fentaw, G., Beneberu, G., Wondie, A., & Getnet, B. (2024). Composition and dynamics of macroinvertebrates community in relation to physicochemical parameters of hydrogeologically connected wetlands in Abbay River basin, Ethiopia. *Plos One*, 19(12), 31-49. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314969>.
- Finisia, N. P. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos pada ekosistem mangrove di daerah penyangga Taman Nasional Way Kambas (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Lampung.
- Fischer, M. L., Vivas, S. A. Y., Wielsch, N., Kirsch, R., Vilcinskas, A., & Vogel, H. (2023). You are what you eat—Ecological niche and microhabitat influence venom activity and composition in aquatic bugs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(20222064). <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.2064>.
- Fisesa, E. D., Setyobudiandi, I., & Krisanti, M. (2014). Kondisi perairan dan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Belumai Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. *Depik*, 3(1), 1-9. <https://doi.org/10.13170/depik.3.1.1087>.
- Galgani, G. A., Ernawati, N. M. L., & Dewi, A. P. W. K. (2023). An inventory of gastropod species in the mangrove ecosystems of Nusa Lembongan, Bali. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1221(1), 1-7 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012030>.
- Gultom, C. R., Sari, N. P., & Sulistyaningrum, A. (2018). Hubungan kelimpahan makrozoobenthos dengan bahan organik dan tekstur sedimen di kawasan mangrove di Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Journal of Aquatic Resources*, 7(2), 172-179. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/view/22539>.
- Hanafiah, Z., Setiawan, D., & Damayanti, F. M. (2022). Struktur komunitas makrozoobentos di bagian litoral Danau Kerinci Kabupaten Kerinci Provinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(3), 127-135. <https://doi.org/10.56064/jps.v24i3.721>.
- Handayani, S. T., Suharto, B., & Marsoedi. (2000). Penentuan status kualitas perairan Sungai Brantas Hulu dengan biomonitoring makrozoobentos tinjauan dari pencemaran bahan organik. *Jurnal Ilmiah Sains*, 3(1), 30-38.
- Hernawati, R. T., Nuryanto, A., & Indarmawan, I. (2013). Kajian tentang kekayaan dan hubungan kekerabatan krustasea (*Decapoda*) di Sungai Cijalu Kecamatan Majenang Kabupaten Cilacap. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*, 13(1), 11-24.

- Isnaningsih, N. R., & Patria, M. P. (2018). Peran komunitas moluska dalam mendukung fungsi kawasan mangrove di Tanjung Lesung, Pandeglang, Banten. *Jurnal Biotropika*, 6(2), 35–44.
<https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2018.006.02.01>.
- Isoni, W., Sari, P. D., Sari, L. A., Daniel, K., South, J., Islamy, R. A., & Hasan, V. (2023). Checklist of mangrove snails (gastropoda: mollusca) on the coast of Lamongan District, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(3), 1676-1685.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d240341>.
- Izzati, T., Munita, A. A., Kusuma, R. I., & Pradana, A. H. (2019). Analisa kualitas air tanah wilayah perindustrian Kab. Bekasi dan pemukiman penduduk Kota Bekasi, Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Infrastruktur*, 4(2), 81-85.
<https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i2.693>.
- Jauhara A. (2012). Struktur komunitas Polychaeta pada lima muara sungai di Teluk Jakarta (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Indonesia.
- 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/ajoas.6.2.229-237>.
- Kolif, R., Amin, B., & Nedi, S. (2017). Analisis kandungan bahan organik sedimen dan kelimpahan makrozoobenthos di muara Sungai Batang Arau Kota Padang Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 4(2), 1-12.
- Kurniadi, B., Agamawan, L. P. I., Basran, B., & Mahyudi, I. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Buaya Pulau Bunyu, Kalimantan Utara. *Manfish Journal*, 1(03), 161-167.
<https://doi.org/10.31573/manfish.v1i03.266>.
- Kurobe, T., Lehman, P. W., Hammock, B. G., Bolotaolo, M. B., Lesmeister, S., & Teh, S. J. (2018). Biodiversity of cyanobacteria and other aquatic micro-organisms across a freshwater to brackish water gradient determined by shotgun metagenomic sequencing analysis in the San Francisco estuary, USA. *Plos One*, 13(9), e0203953.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203953>.
- Li, P., Liu, J., Bai, J., Tong, Y., Meng, Y., Diao, X., & Lin, G. (2022). Community structure of benthic macrofauna and the ecological quality of mangrove wetlands in Hainan, China. *Frontiers in Marine Science*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861718>.

- Maddupa, H., Subhan, B., Arafat, D., & Zamani, N. P. (2016). Riset dan inovasi terumbu karang dan proses pemilihan teknik rehabilitasi: sebuah usulan menghadapi gangguan alami dan antropogenik kasus di Kepulauan Seribu. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 3(2), 45-54. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jkebijakan/article/view/15513>.
- Maith, M., Rondonuwu, S., Papu, A., & Singkoh, M. (2015). Keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Talawaan Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 42-53. <https://doi.org/10.35799/jis.15.1.2015.8230>.
- Makin, A. A., Miah, M. F., Yadav, S. K., Deb, M., & Khan, Z. K. (2014). Ecological diversity and abundance of earthworms in Sylhet metropolitan area of Bangladesh. *Advances in Zoology and Botany*, 2(4), 63-68. <https://doi.org/10.13189/azb.2014.020402>.
- Mardi, (2014). Keterkaitan struktur vegetasi mangrove dengan keasaman dan bahan organik total sedimen pada kawasan suaka margasatwa Mampie di Kecamatan Wonomulyo Kabupaten Polewali Mandar. (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Hasanuddin.
- Matatula, J. (2019). Keragaman kondisi salinitas pada lingkungan tempat tumbuh mangrove di Teluk Kupang, NTT. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 425-434. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.425-434>.
- 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>.
- Miao, J., Feng, J., Liu, X., Yan, C., Ye, Y., Li, J., & Lü, Z. (2022). Sequence comparison of the mitochondrial genomes of five brackish water species of the family Neritidae: phylogenetic implications and divergence time estimation. *Ecology and Evolution*, 12(6), 1-13. <https://doi.org/10.1002/ece3.8984>.
- Mimier, D., Żbikowska, E., & Żbikowski, J. (2018). Water residence time in the Włocławek dam reservoir (the Vistula River, Poland) affects its macrozoobenthos structure. *Annales De Limnologie - International Journal of Limnology*, 54, 24. <https://doi.org/10.1051/limn/2018016>.
- Moningkey, R. D., Lumingas, L. J. L., & Rembet, U. N. W. J. (2017). Macrozoobenthic community structure in subtidal soft-bottom area along the coast of Lembeh Island -North Sulawesi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 5(2), 105-116. <https://doi.org/10.35800/jip.5.2.2017.15531>.

- Nadhifah, F. (2025). Hubungan indeks keanekaragaman makrozoobentos dengan kualitas air di hulu Sungai Brantas, Wonosalam Kabupaten Jombang. *Environmental Pollution Journal*, 5(1), 1188-1199. <https://doi.org/10.58954/epj.v5i1.241>.
- Nhuong, D. V., Hậu, T. Đ., Hùng, N. Đ., & Hải, T. N. (2021). Community structure and ecological distribution of benthic animals in Tien Hai mangrove forest, northern Vietnam. *Journal of Biology*, 43(3), 95-112. <https://doi.org/10.15625/2615-9023/14941>.
- Nugraha, D. R., Susanto, G. N., & Kanedi, M. (2024). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Way Awi, Bandarlampung. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 9(3), 330-339. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i3.8744>.
- Nurmalasari, Y., Aji, I. M. L., & Sari, D. P. (2024). Hubungan parameter lingkungan dengan morfometrik daun mangrove jenis *Rhizophora mucronata* pada kawasan mangrove Desa Labuan Tereng Kabupaten Lombok Barat. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 8(2), 7-16. <https://doi.org/10.32522/ujht.v8i2.13989>.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-dasar ekologi*. Gramedia.
- Patty, S. I., Nurdiansah, D., & Akbar, N. (2020). Sebaran suhu, salinitas, kekeruhan dan kecerahan di perairan laut Tumbak-Benten, 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 ekowisata mangrove di pesisir Kelurahan Oesapa Barat, Kota Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(2), 105-118p. <https://garuda.kemdikbud.go.id/journal/view/25881>.
- 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>.
- Pingki, T., & Sudarti. 2021. Analisis kualitas air sungai berdasarkan ketinggian Sungai Bladak dan Sungai Kedungrawis di Kabupaten Blitar. *Jurnal Budidaya Perairan*, 9(2), 54-63. <https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>.
- Prasetya, F. S. (2020). A baseline study on macrozoobenthos assemblages in pasir island. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 227-233. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.02.7>.

- 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>.
- Pratiwi, E. C., & Mirwan, M. (2022). Penggunaan makrozoobentos sebagai bioassessment anak Sungai Brantas. *Envirous*, 3(1), 10-18. <https://doi.org/10.33005/envirous.v3i1.59>.
- Pratiwi, L. E., Suprpto, D., & Taufani, W. T. (2020). Evaluasi konservasi mangrove berdasarkan tingkat partisipasi masyarakat di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 14(1), 27-44. <https://doi.org/10.33378/jppik.v14i1.159>.
- Passeri, D. L., Jenkins, R. L., Poisson, A., Bilskie, M. V., & Bacopoulos, P. (2023). Modeling the effects of large-scale interior headland restoration on tidal hydrodynamics and salinity transport in an open coast, marine-dominant estuary. *Marine Science*, 10(1), 13-20. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1193462>.
- Putra, R. A., Melani, W. R., & Suryanti, A. (2020). Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Senggarang Besar Kota Tanjung Pinang. *Jurnal Akuatik Lestari*, 4(1), 20-27. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v4i1.2486>.
- Putra, R. P. (2023). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator perairan Sungai Pelus, Banyumas, Jawa Tengah. *Maiyah*, 2(3), 148-156. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2023.2.3.9084>.
- Putri, N., Afriyansyah, B., & Marwoto, R. M. (2021). Kepadatan bivalvia di kawasan mangrove Sungai Perpat dan Sungai Bunting Belinyu, Bangka. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 123-132. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i1.9838>.
- Rabiul, A. N. (2023). Keterkaitan jenis substrat dengan jenis makrozoobentos di ekosistem mangrove Pulau Pannikiang Kabupaten Barru (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Hasanuddin.
- Rafi'i, M., D., & Maulana, F. (2018). Jenis, keanekaragaman, dan kelimpahan makrozoobentos di Sungai Wangi Desa Banua Rantau Kecamatan Banua Lawas. *Jurnal Pendidikan Hayati*, 4(2), 94-101.
- Rahayu, A. P., & Fanni, N. A. (2022). Study of macrozoobentos diversity in the secondary flow of the Bengawan Solo River. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(1), 22-33. <https://doi.org/10.24843/atbes.2022.v06.i01.p05>.

- Ramadhan, B., Sofiana, M. S. J., & Minsas, S. (2023). Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos di kawasan mangrove Setapak Besar. *Oseanologia*, 2(3), 109-117. <https://doi.org/10.26418/jose.v2i3.74928>.
- Rahmah, N., Saputri, N. A., & Zahra, N. A. (2020). Struktur komunitas benthos di perairan Pantai Kaca Kacu Gampong Deudap Pulo Aceh. *Prosiding Seminar Nasional Biotik VIII*, 8(1), 83-86. <https://doi.org/10.22373/pbio.v8i1.9468>
- Reynold, S. C. (1971). *A Manual of introductory soil science and simple soil analysis methods*. South Pasific Commission.
- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. (2016). Struktur komunitas makrozoobenthos di empat muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kauniah Jurnal Biologi* 9(1), 57-65. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v9i1.3256>.
- 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. <https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.1613>.
- Rosalina, D., Sofarini, D., Serdiati, N., & Sari, S. P. (2022). Keanekaragaman makrozoobentos di Pantai Tukak Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 17(3), 189. <https://doi.org/10.15578/jkn.v17i3.9982>.
- Safitri A, Melani W. R., & Muzammil W. (2021). Komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas air aliran Sungai Senggarang, Kota Tanjungpinang. *Acta Aquatica*. 8(2), 103-108. <https://doi.org/10.29103/aa.v8i2.4782>.
- Sahidin, A., Zahidah, Z., 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. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190347>.
- Saru, A. (2014). *Potensi ekologis dan pengelolaan ekosistem mangrove di wilayah pesisir*. IPB Press.
- Setyobudiandi, I., Sulistiono, Yulianda, F., Kusmana, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembiring, A., & Bahtiar. (2009). *Sampling dan analisis data perikanan dan kelautan, terapan metode pengambilan contoh di wilayah pesisir dan laut*. IPB Press.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.

- Sirait, M., Rahmatia, F., & Pattullo, P. (2018). Komparasi indeks keanekaragaman dan indeks dominansi fitoplankton di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Kelautan: Indonesian*, 11(1), 75- 79. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3338>.
- Sofiyani, R. G., Muskananfol, M. R., & Sulardiono, B. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan pesisir Kelurahan Mangunharjo sebagai bioindikator kualitas perairan. *Life Science*, 10(2), 15- 27. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54446>.
- Sri, M., & Nurhidayah. (2020). *Identifikasi panduan taksonomi hewan dan zoologi invertebrata*. Widina.
- Surbakti, S. (2018). Biologi dan ekologi *Thiaridae* (Moluska: Gastropoda) di Danau Sentani Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 3(2), 59-66. <https://doi.org/10.31957/jbp.550>.
- Suyadi, Gao, J., Lundquist, C. J., & Schwendenmann, L. (2019). Land-based and climatic stressors of mangrove cover change in the Auckland Region, New Zealand. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(9), 1466-1483. <https://doi.org/10.1002/aqc.3146>
- Ulfa, Y. (2011). Status pencemaran dan indeks ekologi Annelida sebagai bioindikator pencemaran lingkungan pada muara sungai di Kabupaten Pangkep (Tesis Tidak Terpublikasi). Universitas Hasanuddin.
- Wang, P., Zhu, P., Wu, H., Xu, Y., Liao, Y., & Zhang, H. (2019). The complete mitochondrial genome of neritina violacea. *Mitochondrial DNA Part B*, 4(2), 2942-2943. <https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1662744>.
- Warwick, R. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92(4), 557-562.
- Widodo, S. (2023). Pengaruh pendapatan transfer pusat, pendapatan asli daerah dan pembiayaan daerah terhadap belanja modal daerah pada pemerintah kabupaten/kota di Indonesia. *Jurnal Budget*, 8(1), 71-84. <https://doi.org/10.22212/jbudget.v8i1.155>.
- Wijayanti, L. A. S., Herawati, H., Sahidin, A., Pratama, G. B., Annisa, T., Maharani, A. T. H., & Firdaus, M. R. (2025). Makrozoobentos muara Bojong Salawe: mengungkap komposisi genus dan hubungannya dengan ekosistem perairan. *Jurnal Akuatiklestari*, 8(2), 152-162. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v8i2.6968>.

- Xia, W., Li, N., Shan, H., Lin, Y., Yin, F., Yu, X., & Zhou, Z. (2021). Gallium porphyrin and gallium nitrate reduce the high vancomycin tolerance of mrsa biofilms by promoting extracellular DNA-dependent biofilm dispersion. *ACS Infectious Diseases*, 7(8), 2565-2582. <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.1c00280>.
- Zhang, Y., Zhu, Y., Zuo, A., Wen, L., & Lei, G. (2016). Numerical response of migratory shorebirds to prey distribution in a large temperate arid wetland, China. *Scientifica*, 2(6), 1-9. <https://doi.org/10.1155/2016/1297603>.