

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN
KONDISI PERAIRAN DI PANTAI PASIR PUTIH,
DESA TARAHAH, KATIBUNG, LAMPUNG SELATAN**

SKRIPSI

Oleh

**NUR FADILLAH
NPM 2114201025**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN
KONDISI PERAIRAN DI PANTAI PASIR PUTIH,
DESA TARAHAH, KATIBUNG, LAMPUNG SELATAN**

Oleh

NUR FADILLAH

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK
STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS DAN
KONDISI PERAIRAN DI PANTAI PASIR PUTIH,
DESA TARAHAH, KATIBUNG, LAMPUNG SELATAN

Oleh

NUR FADILLAH

Pantai Pasir Putih merupakan kawasan wisata bahari yang terletak di Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan. Tingginya aktivitas di sekitar pantai, seperti industri semen, dan kapal tongkang batu bara dapat memberikan dampak terhadap kualitas perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman makrozoobentos, menentukan kualitas perairan berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos dan parameter fisika-kimia menggunakan metode kurva k-dominansi, serta menganalisis hubungan antar kondisi perairan dengan struktur komunitas makrozoobentos di Pantai Pasir Putih menggunakan metode PCA (*principal component analysis*). Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei–Juni 2025 menggunakan metode *purposive sampling*. Sampel diambil pada tiga stasiun dengan tingkat aktivitas antropogenik yang berbeda. Makrozoobentos dikoleksi menggunakan paralon berdiameter 9 cm dan kedalaman 15 cm, lalu diidentifikasi hingga tingkat spesies. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, kecerahan, kedalaman, arus, tipe substrat, pH, salinitas, DO, dan bahan organik total (BOT). Data dianalisis menggunakan indeks ekologi, kurva k-dominansi, dan PCA. Hasil penelitian menunjukkan kualitas air bervariasi antar stasiun dan dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik. Stasiun 1 dan 2 berada pada kategori terganggu sedang akibat pembuangan limbah domestik dan aktivitas kapal tongkang batu bara, sedangkan Stasiun 3 menunjukkan kondisi ekosistem yang lebih stabil. Makrozoobentos yang ditemukan terdiri atas empat kelas yaitu Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, dan Malacostraca, dengan struktur komunitas menunjukkan keanekaragaman sedang, keseragaman tinggi, dan dominansi rendah. Kurva k-dominansi menunjukkan perairan Pantai Pasir Putih berada dalam kondisi tidak tercemar. Analisis PCA menunjukkan bahwa sebaran makrozoobentos dipengaruhi oleh suhu, arus, pH, dan BOT.

Kata kunci: Bioindikator, Keanekaragaman, Kurva K-Dominansi, Makrozoobentos, Pantai Pasir Putih, PCA.

ABSTRACT
MACROZOOBENTHOS COMMUNITY STRUCTURE AND
WATER CONDITIONS AT PASIR PUTIH BEACH, TARAHAN
VILLAGE, KATIBUNG, SOUTH LAMPUNG

By

NUR FADILLAH

Pasir Putih Beach is a marine tourism area located in Tarahan Village, Katibung Subdistric, South Lampung Regency. Intensive anthropogenic activities surrounding the coastline such as cement industry operations and coal barge transportation pose significant impacts on the water quality of the coastal ecosystem. This study aimed to analyze the diversity of macrozoobenthos, determine water quality based on macrozoobenthic community structure and physicochemical parameters using curve k-dominance, and examine the relationship between water conditions and macrozoobenthic community structure at Pasir Putih Beach, using principal component analysis (PCA). The research was conducted from May to June 2025 using a purposive sampling method. Samples were collected from three stations representing different levels of anthropogenic activity. Macrozoobenthos were collected using PVC corers with a diameter of 9 cm and a depth of 15 cm, and were subsequently identified to the species level. Water quality parameters measured included temperature, water transparency, depth, current velocity, substrate type, pH, salinity, DO, and total organic matter (TOM). Data were analyzed using ecological indices, curve k-dominance, and PCA. The results showed that water quality varied among stations and was influenced by anthropogenic activities. Station 1 and 2 were classified as moderately disturbed due to domestic waste discharge and coal barge traffic, whereas Station 3 exhibited a more stable ecosystem condition. The macrozoobenthos identified belonged to four classes Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, and Malacostraca, with community structure showed moderate diversity, high evenness, and low dominance, suggestion a relatively stable benthic community. Curve k-dominance at showed that the waters of Pasir Putih Beach were in an unpolluted. The PCA analysis revealed that macrozoobenthic distribution was influenced by temperature, current velocity, pH, and TOM.

Keywords: Bioindicator, Curve K-Dominance, Diversity, Macrozoobenthos, Pasir Putih Beach, PCA.

Judul skripsi

: STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOO-
BENTOS DAN KONDISI PERAIRAN DI
PANTAI PASIR PUTIH, DESA TARAHAN,
KATIBUNG, LAMPUNG SELATAN

Nama Mahasiswa

: Nur Fadillah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114201025

Program Studi

: Sumberdaya Akuatik

Fakultas

: Pertanian



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

Darma Yuliana, S.Kel., M.Si.
NIP. 198907082019032017

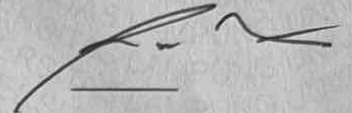
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Darna Yuliana, S.Kel., M.Si.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. I. 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 : Nur Fadillah

NPM : 2114201025

Judul Skripsi : Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Kondisi Perairan di Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Katibung, Lampung Selatan

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

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

Bandar Lampung, 09 Maret 2026

Yang Membuat Pernyataan



Nur Fadillah

NPM. 2114201025

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, pada tanggal 19 Juni 2003 sebagai anak dari pasangan Bapak Suprpto dan Ibu Marbiyah. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak At-Tawakal, Gadingrejo, Pringsewu, Lampung pada tahun 2007 – 2009, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 9 Gadingrejo pada tahun 2009 – 2015, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Gadingrejo pada tahun 2015 – 2018, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2018 – 2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Sumber Daya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021. Penulis pernah mengikuti perlombaan tingkat nasional, Program Kreativitas Mahasiswa yang diselenggarakan oleh Kemeterian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi pada tahun 2023 sebagai ketua, serta penulis pernah mengikuti perlombaan tingkat universitas, Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) sebagai ketua, pada tahun 2024. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung pada bulan Juli tahun 2023. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Canggung, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari–Februari 2024. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta Utara pada tahun 2024, dengan judul “Valuasi Ekonomi Destinasi Wisata di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta dengan Pendekatan *Travel Cost* (Biaya Perjalanan).

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah atas segala rahmat, rasa cinta, dan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia dan kemudahan yang engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Penulis mempersembahkan karya sederhana ini kepada:

Ayah dan Ibu

Karya sederhana ini merupakan bentuk penghormatan dan ungkapan terima kasih yang tulus kepada cinta pertama saya, Ayahanda Suprpto dan Ibunda tercinta Marbiyah. Terima kasih karena sudah menjadi orang tua yang senantiasa memberikan cinta, kasih sayang, perhatian, motivasi, restu dan doa yang tiada henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.

Kakak, Adik, dan Bude

Kakakku tersayang Ardi Yulianto, Adikku yang paling menggemaskan Zahra Anisa Putri dan Bude Rusti yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.

Sahabat-sahabatku

Terima kasih telah memberikan arti kebersamaan dan pengalaman tak terlupakan.

Serta

Almamater kebanggaan, Universitas Lampung.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

Skripsi dengan judul “*Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Kondisi Perairan di Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Katibung, 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. Rara Diantari, S.Pi., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Darma Yuliana, S.Kel., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Prof. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Rachmat Chaesario, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua, Ibu Marbiyah dan Ayah Suprpto.

Bandar Lampung, 09 Maret 2026

Nur Fadillah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Kerangka Pikir	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Makrozoobentos	7
2.2 Peranan Makrozoobentos di Perairan.....	8
2.3 Indeks Kelimpahan Spesies.....	9
2.4 Indeks Keanekaragaman Spesies.....	9
2.5 Indeks Keseragaman Spesies.....	10
2.6 Indeks Dominansi Simpson.....	10
2.7 Indikator Kualitas Air.....	11
2.7.1 Parameter Fisika	11
2.7.1.1 Suhu	11
2.7.1.2 Kecerahan.....	12
2.7.1.3 Kecepatan Arus	13
2.7.1.4 Kedalaman.....	13
2.7.1.5 Tipe Substrat	14
2.7.2 Parameter Kimia	14
2.7.2.1 pH.....	14
2.7.2.2 Salinitas	15
2.7.2.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	15
2.7.2.4 Bahan Organik Total (BOT)	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Bahan dan Alat	18
3.3 Rancangan Penelitian	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	20

3.4.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel	20
3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos.....	20
3.4.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air	22
3.4.3.1 Parameter Fisika.....	22
3.4.3.2 Parameter Kimia.....	24
3.5 Analisis data	26
3.5.1 Identifikasi Makrozoobentos	26
3.5.2 Indeks Kelimpahan Spesies	26
3.5.3 Indeks Keanekaragaman	27
3.5.4 Indeks Keseragaman	27
3.5.5 Indeks Dominansi Simpson	28
3.5.6 Analisis Kurva K-Dominansi.....	28
3.5.7 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	31
4.2 Parameter Kualitas Air	32
4.2.1 Suhu	33
4.2.2 Kecerahan	34
4.2.3 Kedalaman	35
4.2.4 Kecepatan Arus.....	35
4.2.5 Tipe Substrat	36
4.2.6 Derajat Keasaman (pH)	37
4.2.7 Salinitas.....	38
4.2.8 DO.....	39
4.2.9 Bahan Organik Total (BOT).....	39
4.3 Komposisi Jenis Makrozoobentos.....	40
4.4 Kelimpahan Makrozoobentos.....	43
4.5 Struktur Komunitas Makrozoobentos	45
4.6 Analisis Kurva K-Dominansi	48
4.7 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	49
V. SIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	18
2. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	19
3. Titik koordinat tiap stasiun penelitian.....	22
4. Parameter fisika-kimia kualitas air pada tiga stasiun pengamatan dan kesesuaiannya dengan baku mutu	33
5. Tipe substrat Pantai Pasir Putih.....	36
6. Jenis dan jumlah individu makrozoobentos pada tiap stasiun pengamatan ...	40
7. Kelimpahan makrozoobentos pengamatan ke-1	43
8. Kelimpahan makrozoobentos pengamatan ke-2	44
9. Kelimpahan mkarozoobentos pengamatan ke-3	44
10. Nilai indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi pada setiap stasiun pengamatan	45
11. Klasifikasi makrozoobentos	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	6
2. Peta lokasi penelitian.....	18
3. Ilustrasi stasiun pengambilan sampel.....	21
4. Kurva k-dominansi.....	29
5. Kondisi lokasi penelitian.....	31
6. Kurva k-dominansi Pantai Pasir Putih	48
7. Hubungan makrozoobentos dengan kualitas air	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jenis makrozoobentos yang ditemukan.....	63
2. Dokumentasi saat penelitian	68
3. Hasil pengukuran kurva <i>k-dominansi</i>	69
4. Surat izin penelitian.....	69
5. Hasil uji BOT	73
6. <i>Log book</i> penelitian	76

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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).

Pantai Pasir Putih merupakan kawasan wisata bahari yang terletak di Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan. Pantai Pasir Putih memiliki panjang garis pantai sebesar 610 m. Pantai ini dipisahkan oleh sungai yang bermuara di laut menjadikannya terbagi menjadi dua wilayah (Rafif et al., 2023). Tingginya aktivitas di sekitar Pantai Pasir Putih, seperti industri semen dapat memberikan dampak terhadap kualitas perairan. Pabrik semen yang berdekatan dengan Pantai Pasir Putih merupakan pabrik yang melakukan kegiatan identifikasi dan inventarisasi, pengemasan, penyimpanan, dan pengangkutan semen. Aktivitas bongkar muat semen yang dilakukan pabrik ini diduga menjadi sumber pencemaran melalui tumpahan minyak yang berasal dari kapal tongkang

milik perusahaan dan air bekas cucian kapal yang dibuang ke perairan laut. Aktivitas tersebut jika dilakukan secara terus menerus akan memengaruhi kualitas perairan di Pantai Pasir Putih (Liyanti, 2021). Selain industri semen, keberadaan limbah domestik yang diduga berasal dari daerah Kota Bandar Lampung juga dapat menyebabkan perubahan pada kualitas perairan. Aktivitas wisata di sekitar Pantai Pasir Putih juga sedikit banyak dapat memengaruhi habitat dari organisme, karena dapat menyebabkan pengadukan sedimen dan menciptakan habitat yang tidak stabil bagi organisme yang hidup di dalamnya. Aktivitas bongkar muat batu bara di sekitar Pantai Pasir Putih juga turut memperparah kondisi perairan karena serpihan batu bara selama kegiatan bongkar muat dan pencucian kapal akan masuk ke perairan. Hal ini akan mengganggu aktivitas di sekitar Pantai Pasir Putih, salah satunya pariwisata (Nurfaidah, 2024).

Penurunan kualitas air merupakan masalah serius yang memengaruhi ekosistem perairan. Penurunan kualitas air pada suatu perairan dapat menjadi masalah yang cukup serius apabila tidak segera dilakukan penanganan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan pemantauan dan evaluasi kualitas air menggunakan organisme di perairan. Kelompok organisme yang memiliki peran tersebut yaitu makrozoobentos. Makrozoobentos merupakan salah satu indikator biologi yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam penilaian kualitas lingkungan di berbagai ekosistem perairan (Prihatin et al., 2021).

Makrozoobentos merupakan organisme yang hidup menetap di dasar perairan dan bersifat sesil atau tidak banyak bergerak, sehingga makrozoobentos ini sangat tepat untuk mendeteksi polutan yang bersifat *site-spezifik*. Hidupnya yang bersentuhan langsung dengan sedimen, sehingga berpotensi terpapar oleh zat pencemar seperti bahan organik serta logam berat secara langsung. Cara makrozoobentos merespon adanya perubahan keadaan lingkungan ditandai dengan adanya perubahan pada struktur kelimpahan, keanekaragaman dan biomassa makrozoobentos (Nurachman, 2023). Makrozoobentos juga dapat memberikan informasi penting tentang bagaimana faktor-faktor fisika dan kimia perairan dapat memengaruhi komunitas biota dasar ini. Organisme ini juga memiliki respon yang cepat dibandingkan dengan organisme tingkat tinggi lainnya sehingga dapat digunakan sebagai pemantau kualitas perairan (Desmawati et al., 2019).

Kajian tentang struktur komunitas makrozoobentos pada suatu perairan yang dilakukan oleh peneliti terdahulu menunjukkan bahwa setiap badan air memiliki permasalahan pencemaran air yang berbeda-beda, di mana struktur komunitas makrozoobentos dapat dijadikan sebagai penentu kualitas perairan (Nisara et al., 2024). Adanya aktivitas industri di sekitar Pantai Pasir Putih diduga dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan pantai. Namun masih sedikit informasi data mengenai keanekaragaman makrozoobentos di Pantai Pasir Putih. Oleh karena itu, perlu dilakukannya penelitian mengenai keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Pantai Pasir Putih Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

- 1) Bagaimana struktur komunitas makrozoobentos yang ditemukan di perairan Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan.
- 2) Bagaimana kondisi fisika kimia perairan pada habitat makrozoobentos di perairan Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

- 1) Menganalisis struktur komunitas makrozoobentos yang terdapat di perairan Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan.
- 2) Menentukan kualitas perairan Pantai Pasir Putih berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos dan parameter fisika-kimia menggunakan metode kurva k-dominansi.
- 3) Menganalisis hubungan antar kondisi perairan dengan struktur komunitas makrozoobentos di Pantai Pasir Putih, Desa Tarahan, Kecamatan

Katibung, Kabupaten Lampung Selatan menggunakan metode PCA (*principal component anallysis*)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat tentang struktur komunitas makrozoobentos di Pantai Pasir Putih.
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya kualitas perairan dan keanekaragaman hayati serta memicu partisipasi masyarakat dalam upaya pelestarian lingkungan dan mendukung program-program pendidikan lingkungan.
3. Data yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mendukung kebijakan pengembangan dan regulasi lingkungan yang lebih baik di Pantai Pasir Putih.

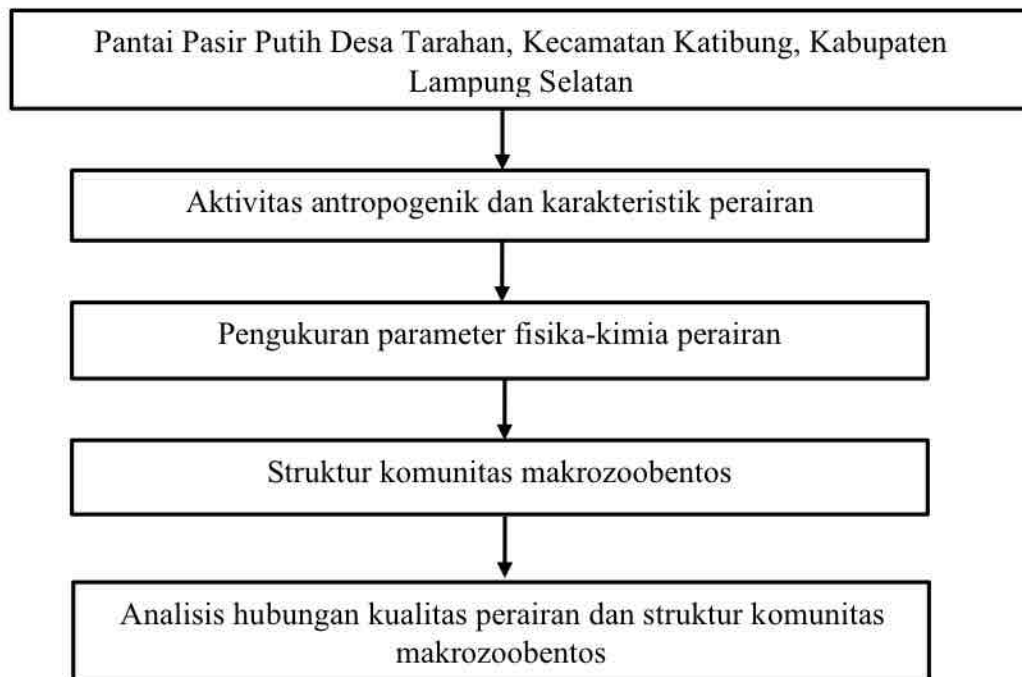
1.5 Kerangka Pikir

Pantai Pasir Putih berada dekat dengan kawasan industri yang secara langsung ataupun tidak langsung akan meningkatkan potensi terjadinya pencemaran dan penurunan kualitas perairan yang diakibatkan oleh buangan limbah. Pantai yang tercemar oleh limbah merupakan masalah lingkungan yang serius dan dapat mengancam keanekaragaman hayati serta kesehatan ekosistem pesisir. Pencemaran ini dapat berasal dari limbah domestik, limbah pabrik semen, dan batu bara yang tidak dikelola dengan baik, yang mengakibatkan penumpukan zat berbahaya di perairan dan dasar pantai (Johan et al., 2020). Dampak dari adanya pencemaran tidak hanya berpengaruh pada kualitas air, tetapi juga mengganggu habitat organisme yang hidup di dalamnya. Hal ini tentunya dapat menimbulkan kerusakan ekosistem perairan yang memengaruhi struktur kehidupan organisme. Penurunan jumlah dan komposisi organisme tersebut merupakan pertanda adanya gangguan fisik, kimia atau biologi dari perairan tersebut (Bangun et al., 2019).

Komponen biotik dapat memberikan gambaran mengenai kondisi fisika, kimia, dan biologi dari suatu perairan. Salah satu biota yang dapat digunakan sebagai parameter biologi dalam menentukan kondisi suatu perairan adalah makrozoobentos. Makrozoobentos merupakan salah satu indikator biologi yang dapat dijadikan acuan dalam penilaian kualitas lingkungan di berbagai ekosistem perairan. Penggunaan makrozoobentos sebagai penentu kualitas perairan didasari atas perbedaan kemampuan makrozoobentos dalam merespon perubahan parameter lingkungan (Fadilla et al., 2021). Sebagai organisme yang hidup di perairan, makrozoobentos peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya sehingga akan berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahannya (Roman, 2024).

Beberapa kajian mengenai makrozoobentos sebagai parameter kesehatan air telah dilakukan, salah satunya di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman makrozoobentos di ketiga stasiun berada pada tingkat rendah hingga sedang, dengan 8 spesies yang berasal dari 4 kelas yaitu Bivalvia, Echinoidea, Gastropoda, dan Holothuroidea. Analisis ini lebih lanjut mengonfirmasi adanya korelasi yang kuat antara kelimpahan makrozoobentos dengan kualitas air, yang menunjukkan bahwa makrozoobentos dapat digunakan sebagai indikator kesehatan ekosistem perairan (Adlim et al., 2024).

Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos memiliki peran yang sangat penting dalam mengindikasikan kualitas perairan. Makrozoobentos, yang terdiri dari organisme-organisme makroskopis seperti larva serangga air, Echinodermata, Crustacea, dan Mollusca, memiliki siklus hidup yang berkaitan dengan ketersediaan sumber daya dan kondisi lingkungan perairan. Bahan organik yang terdapat di dasar perairan Pantai Pasir Putih berasal dari berbagai aktivitas di sekitar daerah pantai. Kandungan bahan organik erat kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos terutama sebagai sumber nutrisinya. Hal ini menunjukkan ketersediaan bahan organik pada substrat akan memengaruhi kelimpahan makrozoobentos (Arfiati et al., 2019). Kerangka pikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan kelompok organisme akuatik yang hidup sebagian atau seluruhnya di dasar perairan. Berdasarkan ukuran tubuh, bentos dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu mikrobentos ($< 0,1$ mm), meiobentos ($0,1 - 1$ mm) dan makrozoobentos (> 1 mm) (Odum, 1994). Berdasarkan habitatnya, makrozoobentos dibagi menjadi 2, yaitu infauna dan epifauna. Infauna merupakan organisme yang hidup di dalam sedimen dasar, dengan cara menggali lubang, merayap atau membangun tabung, contohnya cacing laut, krustacea, dan kerang. Sementara itu, epifauna merupakan bentos yang hidup di atas substrat dan biasanya menempel pada daun lamun atau rumput laut. Seperti beberapa jenis Moluska dan Gastropoda (Desmawati et al., 2019).

Makrozoobentos disebut sebagai hewan makroinvertebrata yang berarti hidup di permukaan maupun di dalam substrat dasar perairan dan hidup menempel pada substrat. Karena sifat hidupnya yang tinggal di dasar perairan, hewan ini terus menerus terpapar polusi yang masuk ke badan air. Oleh karena itu, makrozoobentos sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan tempat hidupnya. Perubahan ini tercermin pada komposisi spesies, kelimpahan dan keanekaragaman. Terjadinya perubahan komposisi dan kepadatan makrozoobentos merupakan respon adanya perubahan yang terjadi di perairan seperti masuknya bahan pencemar (Bima et al., 2022).

Makrozoobentos merespon perubahan kualitas air termasuk tingkat kontaminasi dengan bahan kimia berbahaya seperti logam berat dan bahan organik terlarut. Makrozoobentos dapat mengalami perubahan kelimpahan dan keragaman spesies, serta perubahan taksonomi. Hal ini disebabkan adanya perbedaan toleran

terhadap polutan (Nugraha et al., 2024). Lingkungan memiliki pengaruh terhadap keberadaan makrozoobentos. Lingkungan yang kurang stabil dapat memengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan spesies, karena makrozoobentos merupakan hewan dasar perairan yang rentan terhadap perubahan lingkungan (Rosalina et al., 2022).

2.2 Peranan Makrozoobentos di Perairan

Makrozoobentos memiliki peran penting dalam perairan, terutama dalam proses dekomposisi dan mineralisasi material organik yang masuk dalam perairan. Organisme ini menempati beberapa tingkatan trofik dalam rantai makanan. Kelompok herbivora dan detritivore diantaranya menghancurkan tumbuhan air yang masih hidup maupun yang telah mati menjadi potongan kecil sehingga lebih mudah diuraikan mikroba menjadi nutrisi bagi produsen primer. Peran makrozoobentos sebagai bagian utama dari jaring makanan menjadikannya salah satu komponen paling vital dalam ekosistem akuatik, karena menyediakan sumber energi bagi organisme lain di perairan (Alwi et al., 2020). Makrozoobentos memiliki peranan penting dalam ekosistem perairan yaitu sebagai pengurai materi organik yang jatuh ke dasar perairan. Selain itu makrozoobentos berperan dalam proses mineralisasi sedimen dan siklus material organik serta sebagai penyeimbang kondisi nutrisi lingkungan (Sastra et al., 2022).

Makrozoobentos memiliki sifat sesil atau tidak banyak bergerak sehingga sangat sesuai digunakan untuk mendeteksi keberadaan polutan yang bersifat spesifik pada suatu perairan. Respon organisme ini terhadap perubahan lingkungan biasanya terlihat pada struktur kelimpahan, keanekaragaman, dan biomassa makrozoobentos. Beberapa kelompok seperti Moluska dan Echinodermata juga berperan penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem pesisir sekaligus mendukung rantai makanan di habitat tersebut (Adlim et al., 2024). Jenis makrozoobentos yang berbeda akan menunjukkan reaksi yang berbeda pula terhadap pencemaran. Misalnya seperti keberadaan cacing Polychaeta, yaitu *Capitella capitata* menunjukkan perairan tercemar dan *Capitella ambiesta* terdapat pada lingkungan yang tidak tercemar (Nurachman, 2023).

2.3 Indeks Kelimpahan Spesies

Indeks kelimpahan menggambarkan jumlah individu dalam satuan luas atau volume tertentu yang menempati suatu wilayah. Nilai yang diartikan organisme dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan fisika dan kimia perairan. Konsentrasi bahan organik yang tinggi biasanya akan berdampak pada jumlah individu yang ada di suatu ekosistem. Namun, tidak semua spesies mampu bertahan pada kondisi bahan organik yang berlebihan. Makrozoobentos merupakan salah satu kelompok organisme yang relatif mampu menoleransi kandungan organik dan dapat digunakan untuk mencerminkan kondisi perairan secara menyeluruh (Shoumiyah, 2024). Selain itu, makrozoobentos juga dapat digunakan untuk pemantauan kondisi fisika-kimia suatu perairan serta dapat memberikan gambaran mengenai dinamika ekosistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, makrozoobentos memiliki peranan yang penting di suatu perairan (Afifatur, 2021).

2.4 Indeks Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman merupakan ukuran integrasi suatu komunitas biologi dengan memperhitungkan jumlah spesies dan distribusi relatif setiap individu yang ada di dalamnya. Tingkat keanekaragaman makrozoobentos dipengaruhi oleh berbagai faktor biotik maupun abiotik. Faktor lingkungan yang memengaruhi seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan bahan organik total. Suatu komunitas mencakup keanekaragaman tinggi jika terdiri dari banyak spesies dengan jumlah individu yang relatif merata. Sebaliknya, komunitas dengan sedikit spesies atau dihuni oleh berbagai jenis saja akan memiliki keanekaragaman yang rendah (Nurachman, 2023).

Indeks keanekaragaman makrozoobentos dapat digunakan untuk menentukan tingkat keanekaragaman suatu spesies. Nilai keanekaragaman yang tinggi menunjukkan bahwa individu berasal dari spesies yang berbeda. Ini merupakan salah satu cara untuk mengetahui status pencemaran perairan (Shoumiyah, 2024). Odum (1994), mengelompokkan tingkat keanekaragaman dalam kategori rendah, sedang dan tinggi. Keanekaragaman mempunyai nilai terkecil atau sama dengan 0

jika suatu individu berasal dari satu atau hanya beberapa jenis. Jika nilainya lebih dari 1 dan kurang dari 3 maka dikategorikan ke dalam keanekaragaman sedang dan katagori tinggi jika nilainya lebih dari 3.

2.5 Indeks Keceragaman Spesies

Indeks keceragaman merupakan susunan individu setiap spesies yang terdapat di dalam suatu komunitas. Indeks keceragaman ditujukan untuk menandai jumlah spesies dalam suatu daerah tertentu atau sebagai jumlah spesies di antara jumlah total individu dari seluruh spesies yang ada. Keceragaman biota dalam suatu perairan sangat tergantung pada banyaknya spesies dalam komunitas dari organisme tersebut. Tingginya jumlah spesies akan meningkatkan nilai keceragaman, meskipun distribusi individu tiap jenis tetap menjadi faktor penentu utama. Semakin kecil indeks keceragaman suatu organisme maka akan semakin kecil juga keceragaman organisme tersebut di dalam populasi (Askanita, 2021).

2.6 Indeks Dominansi Simpson

Indeks dominansi merupakan penggambaran kondisi suatu komunitas didominasi oleh suatu organisme tertentu. Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui sejauh mana suatu spesies yang menguasai jumlah individu dalam komunitas tertentu (Potje et al., 2024). Penentuan nilai indeks dominansi (C) dilakukan dengan cara metode perhitungan rumus indeks dominansi Simpson. Nilai indeks dominansi menunjukkan dominansi dari suatu jenis dalam suatu komunitas. Nilai indeks dominansi yang berbeda akan menunjukkan adanya dominansi dari suatu jenis makrozoobentos yang berbeda pula di setiap stasiun dan waktu pengambilan. Apabila nilai dominansi tinggi, berarti hanya sedikit spesies yang menguasai jumlah individu dalam komunitas tersebut. Sebaliknya, nilai dominansi yang rendah menunjukkan komunitas lebih seimbang dan tidak dikuasai oleh satu jenis organisme.

2.7 Indikator Kualitas Air

Kualitas air merupakan kondisi kualitatif air yang diukur melalui pengukuran parameter tertentu dengan metode sesuai standar peraturan perundang-undangan yang berlaku (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air). Kualitas air pada suatu perairan penting untuk diketahui untuk melihat apakah ada pencemaran yang terjadi di perairan tersebut. Pencemaran air diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Yang dimaksud dengan tingkat tertentu tersebut adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolok ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air. Penetapan baku mutu air, selain didasarkan pada peruntukan (*designated beneficial water uses*), juga didasarkan pada kondisi nyata kualitas air yang mungkin berada antara satu daerah dengan daerah lainnya.

2.7.1 Parameter Fisika

Sifat fisika perairan mempunyai peranan yang penting karena berpengaruh langsung terhadap keberlangsungan organisme. Pengamatan parameter fisika perlu dilakukan agar dapat diketahui kondisi ekosistem serta faktor-faktor yang mempengaruhi biota. Beberapa parameter fisika utama yang berhubungan dengan kehidupan makrozoobentos meliputi suhu, kecerahan, arus, kedalaman dan tipe substrat. Faktor-faktor tersebut saling berkaitan dalam menentukan kondisi habitat suatu organisme benthik. Dengan demikian, pemantauan parameter fisika menjadi dasar penting dalam studi ekologi ekosistem perairan.

2.7.1.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu variabel yang menentukan reaksi kimia dan proses biologi perairan. Suhu sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem suatu perairan. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Selain itu, meningkatnya suhu perairan akan

mengakibatkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya akan mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat. Faktor utama yang memengaruhi suhu air laut meliputi tingkat radiasi matahari, arus laut, kekeruhan air, dan berbagai faktor antropogenik. Suhu perairan bervariasi baik secara horizontal maupun vertikal. Secara horizontal suhu bervariasi sesuai dengan garis lintang dan secara vertikal sesuai dengan kedalaman (Ningsih et al., 2024).

Secara horizontal sebaran suhu perairan sangat bergantung pada letak lintang, secara umum suhu laut pada daerah sekitar khatulistiwa lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitar lintang tinggi. Suhu air laut dapat memengaruhi ekosistem di wilayah pesisir, baik terhadap kehidupan ekosistem terumbu karang, lamun, dan mangrove, maupun terhadap organisme yang hidup di dalam ekosistem tersebut. Suhu perairan dapat memengaruhi laju fotosintesis pada tumbuhan air dan berperan dalam pembentukan pola sirkulasi laut dan distribusi nutrisi di laut. Organisme perairan dapat hidup dengan batas-batas suhu tertentu. Organisme yang memiliki toleransi terhadap suhu yang tinggi disebut euriterm. Sedangkan organisme yang memiliki toleransi rendah terhadap suhu disebut stenoterm (Tanto & Riswanto, 2022).

2.7.1.2 Kecerahan

Kecerahan merupakan tingkat transparansi perairan yang dapat diamati secara visual. Kecerahan suatu perairan sangat dipengaruhi oleh kekeruhan (Pingki & Sudarti, 2021). Dengan mengetahui kecerahan suatu perairan kita dapat mengetahui sampai di mana masih ada kemungkinan terjadi proses asimilasi dalam air lapisan-lapisan mana yang tidak keruh dan yang paling keruh. Perairan yang memiliki nilai kecerahan rendah pada waktu cuaca yang normal dapat memberikan suatu petunjuk atau indikasi banyaknya partikel-partikel tersuspensi dalam perairan. Rendahnya nilai kecerahan dapat disebabkan karena adanya pengaruh dari hujan ataupun limbah industri yang sangat dekat dengan objek penelitian (Hamuna et al., 2018).

2.7.1.3 Kecepatan Arus

Arus merupakan salah satu dari parameter hidro-oseanografi perairan dan dapat menjadi langkah awal dalam monitoring kondisi perairan (Pitaloka et al., 2023). Kecepatan arus merupakan salah satu parameter yang penting untuk diamati karena merupakan faktor pembatas bagi keberadaan organisme yang ada di dalam. Kecepatan arus erat kaitannya dengan makrozoobentos. Kecepatan arus yang lambat akan membuat lumpur atau lempung mendominasi sedimen, yang akan membentuk substrat dasar yang bakal menjadi habitat makrozoobentos. Pergerakan arus yang lambat menyebabkan partikel-partikel halus mengendap dan detritus melimpah. Hal tersebut menjadi media yang tidak baik bagi pemakan deposit seperti makrozoobentos. Sebaliknya, jika pergerakan arus di daerah berpasir cenderung tidak ada, menyebabkan makrozoobentos yang memanfaatkan daerah yang demikian adalah *filter feeder* (Safitri et al., 2021).

2.7.1.4 Kedalaman

Kedalaman merupakan jarak vertikal dari permukaan air dengan titik terdalamnya. Kedalaman memiliki hubungan dengan kualitas perairan laut yaitu variabel terikat seperti suhu, pH, salinitas, dan *dissolved oxygen* meskipun tidak secara signifikan yaitu nilai dari parameter kualitas air akan bertambah atau berkurang seiring berubahnya tingkat kedalaman perairan. Di kedalaman yang lebih rendah, suhu cenderung lebih rendah dan tekanan air meningkat, yang dapat mempengaruhi kehidupan laut. Banyak spesies laut, seperti plankton dan ikan, telah beradaptasi dengan kondisi ekstrem di kedalaman laut (Sirajudin & Putri, 2022).

Kedalaman suatu perairan dapat dipengaruhi oleh substrat dasar perairan serta buangan limbah yang mengendap di dasar perairan sehingga menjadi dangkal. Pada kondisi perairan yang dangkal, biasanya terdapat variasi habitat yang lebih besar daripada daerah yang lebih dalam sehingga cenderung terdapat jenis-jenis makrozoobentos yang beraneka ragam dan interaksi kompetisi lebih kompleks. Kedalaman perairan berpengaruh terhadap kelimpahan jenis makrozoobentos. Semakin dalam dasar perairan, maka akan semakin sedikit kelimpahan

jenis makrozoobentos karena hanya makrozoobentos tertentu yang dapat beradaptasi di perairan yang dalam (Sofiyani et al., 2021).

2.7.1.5 Tipe Substrat

Substrat merupakan tempat tinggal bagi beberapa jenis organisme seperti makrozoobentos. Substrat memiliki tipe yang berbeda-beda seperti berupa kerikil, pasir, dan lumpur (Velati et al., 2024). Struktur dan karakteristik substrat seperti jenis, ukuran partikel dan teksturnya memiliki peran kunci dalam menentukan tempat tinggal dan ketersediaan makanan bagi makrozoobentos. Substrat yang berbeda dapat memengaruhi kelimpahan komposisi makrozoobentos. Karena beberapa spesies lebih memilih atau mampu beradaptasi dengan jenis substrat tertentu (Nugraha, 2024).

2.7.2 Parameter Kimia

Parameter kimia perairan sangat penting dalam ekologi, karena dapat memengaruhi kehidupan organisme di dalam perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap sifat kimia perairan karena dapat memengaruhi keberadaan makrozoobentos. Parameter kimia yang dapat memengaruhi makrozoobentos diantaranya yaitu:

2.7.2.1 pH

pH merupakan ukuran kuantitatif keasaman atau kebasaan dari larutan berair atau larutan cair lainnya. Konsep pH melibatkan penggunaan skala pH untuk mengukur keasaman atau kebasaan larutan apa pun. pH didefinisikan sebagai log negatif dari konsentrasi ion hidrogen (Winoto et al., 2023). Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana nilai 7 menunjukkan kondisi netral. Larutan dengan pH kurang dari 7 dianggap asam, sedangkan larutan dengan pH lebih dari 7 dianggap basa (juga dikenal sebagai alkali) (Hapsari et al., 2024).

Pengukuran pH merupakan suatu yang penting, karena banyak kimia dan biokimia yang penting pada tingkat pH. Nilai pH menunjukkan derajat keasaman

ataupun kebiasaan pada suatu perairan. Nilai yang normal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya terdapat 7 hingga 7,5 dengan pH minimum 4 dan maksimum 8. Perairan dengan kondisi yang sangat basa maupun asam akan membahayakan kelangsungan hidup organisme yang ada di air. Karena akan menyebabkan terjadinya metabolisme dan respirasi (Kurniati et al., 2020).

2.7.2.2 Salinitas

Salinitas air yang lebih mudah dipahami adalah jumlah kadar garam yang terdapat pada suatu perairan. Hal ini dikarenakan salinitas air merupakan gambaran tentang padatan total di dalam air setelah semua karbonat dikonversikan menjadi oksida. Semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi. Salinitas merupakan bagian dari sifat fisik kimia suatu perairan, selain suhu, pH, dan substrat. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang juga umum dituliskan dalam ‰ (permil) atau ppt yaitu (*part per thousand*). Kadar garam yang terlarut dalam salinitas yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl) (Annisa, 2022).

Salinitas merupakan konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut. Salinitas air laut memengaruhi penyebaran, kelimpahan, dan pertumbuhan biota perairan serta kerapatannya di suatu perairan. Di samping itu, setiap biota laut memiliki kisaran toleransi yang berbeda terhadap salinitas, sehingga salinitas merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan biota. Salinitas dipengaruhi oleh pasang surut, suhu penguapan curah hujan, presipitasi, dan topografi suatu perairan. Akibatnya, salinitas suatu perairan dapat sama atau berbeda dengan perairan lainnya, misalnya perairan darat, laut, dan payau (Putriningtias et al., 2021).

2.7.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen atau oksigen terlarut merupakan faktor penting untuk menentukan kualitas perairan. Oleh karena itu, penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air merupakan indikasi kuat terjadinya pencemaran. Oksigen terlarut penting bagi pernapasan makrozoobentos. Air yang tercemar pada umumnya

memiliki kandungan oksigen terlarut yang sangat rendah. Hasil dekomposisi maupun proses oksidasi bahan organik dapat menurunkan kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob) (Syahrul et al., 2021).

Di perairan laut, oksigen dimanfaatkan saat massa air berada di lapisan permukaan terutama untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Oksigen akan tetap rendah pada lapisan ini karena digunakan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdekomposisi dari lapisan permukaan. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme dinyatakan dengan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU) (Patty et al., 2021). Oksigen terlarut dibutuhkan oleh organisme perairan melalui respirasi untuk pertumbuhan, reproduksi, dan kesuburan. Oksigen dalam perairan bersumber dari difusi udara, fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air lainnya, air hujan, dan aliran permukaan yang masuk, sehingga tinggi rendahnya kadar oksigen dalam air tergantung pada suhu, salinitas, dan tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun di air kedalaman serta potensi biotik perairan.

2.7.2.4 Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik merupakan salah satu indikator kesuburan di lingkungan perairan. Kandungan bahan organik pada sedimen mencerminkan kualitas suatu perairan. Bahan organik dalam jumlah tertentu dapat berguna bagi organisme suatu perairan. Namun demikian, apabila jumlah bahan organik sudah melebihi kemampuan asimilasi perairan maka dapat menimbulkan gangguan terhadap organisme. Bahan organik di sedimen permukaan pada wilayah pesisir dapat berasal dari input terestrial atau diproduksi oleh fitoplankton. Adanya kegiatan antropogenik seperti pemukiman, pelabuhan, rumah tangga, industri serta budidaya perairan dapat memberikan sumbangan bahan organik dalam sedimen. Bahan organik total merupakan jumlah bahan organik yang mengandung unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen yang terdapat pada suatu perairan. Bahan organik menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kesuburan perairan juga merupakan faktor seringnya terjadi pencemaran yang berpengaruh terhadap kelestarian keanekaragaman hayati pada perairan tersebut (Razid et al., 2021).

III. METODE PENELITIAN

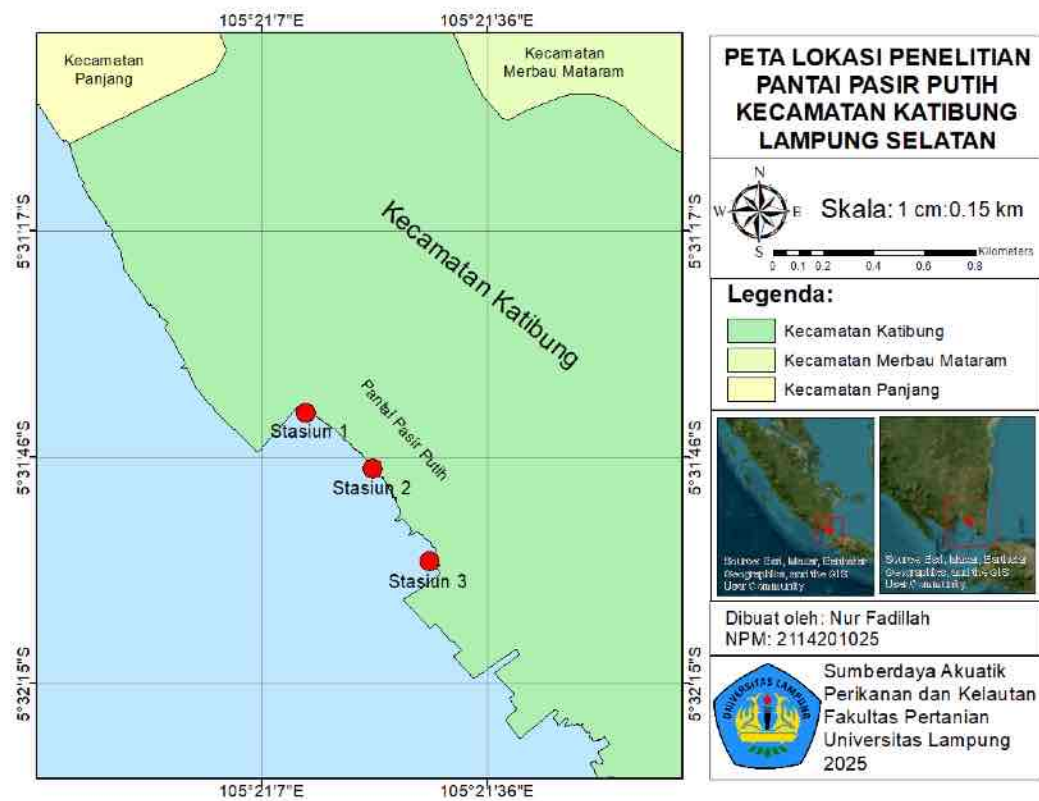
3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni 2025. Pengambilan sampel dilakukan setiap dua minggu sekali selama 6 minggu. Pemilihan waktu penelitian ini dilakukan untuk memudahkan peneliti mendapatkan data yang lebih beragam dan akurat.

3.1.2 Tempat

Penelitian ini dilakukan di perairan Pantai Pasir Putih Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan. Analisis sampel makrozoo-bentos dan tipe sedimen dilakukan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung. Pengukuran parameter fisika kimia perairan dilakukan secara langsung di lokasi penelitian dan untuk analisis BOT (Bahan Organik Total) dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
1	Formalin	4%	Bouten & Zoon VOF	Untuk mengawetkan sampel
2	Aquades	-	-	Untuk mensterilkan alat uji kualitas air.

3.2.3 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Fungsi/Kegunaan
1.	GPS	-	-	Untuk mengetahui titik koordinat lokasi penelitian.
2.	Termometer	-	Gea	Untuk mengukur suhu perairan.
3.	pH meter	-	-	Untuk mengukur derajat keasaman perairan.
4.	DO meter	-	Bexmart	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut perairan.
5.	Refraktometer	-	ATC	Untuk mengukur salinitas perairan.
6.	<i>Secchi disk</i>	-	-	Untuk mengukur tingkat kecerahan perairan.
7.	Saringan	-	-	Untuk menyaring sampel makrozoobentos yang didapatkan.
8.	<i>Core-sampler</i>	-	-	Untuk mengambil sampel makrozoobentos.
9.	Tongkat berskala	-	-	Untuk mengukur kedalaman.
10.	<i>Current meter</i>	-	<i>Flowatch</i> fl-03	Untuk mengukur kecepatan arus.
11.	Kamera digital	-	-	Untuk dokumentasi pengambilan sampel.
12.	Plastik sampel	-	Zip In	Untuk tempat sampel makrozoobentos.
13.	Alat tulis	-	-	Untuk mencatat hasil pengukuran parameter kualitas air.
14.	Kertas label	-	Joyko	Untuk memberi nama sampel makrozoobentos.
15.	<i>Cool box</i>	-	-	Sebagai tempat penyimpanan sampel makrozoobentos.
16.	Roll meter	-	Hioshi	Untuk mengukur jarak titik pengambilan sampel.
17.	Pipet tetes	-	-	Untuk memindahkan larutan.
18.	Tisu	-	Tessa	Untuk membersihkan alat uji kualitas air.
19.	Botol sampel	-	-	Untuk tempat sampel kualitas air.
20.	<i>Sieve shaker</i>	-	-	Untuk mengidentifikasi tipe substrat.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang digunakan untuk menggambarkan kondisi dan struktur komunitas makrozoobentos secara numerik dan sistematis berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data jumlah individu makrozoobentos di setiap titik pada stasiun pengambilan sampel untuk kemudian diidentifikasi jenis/spesies makrozoobentos untuk diketahui kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi makrozoobentos yang ada di Pantai Pasir Putih.

3.4 Prosedur Penelitian

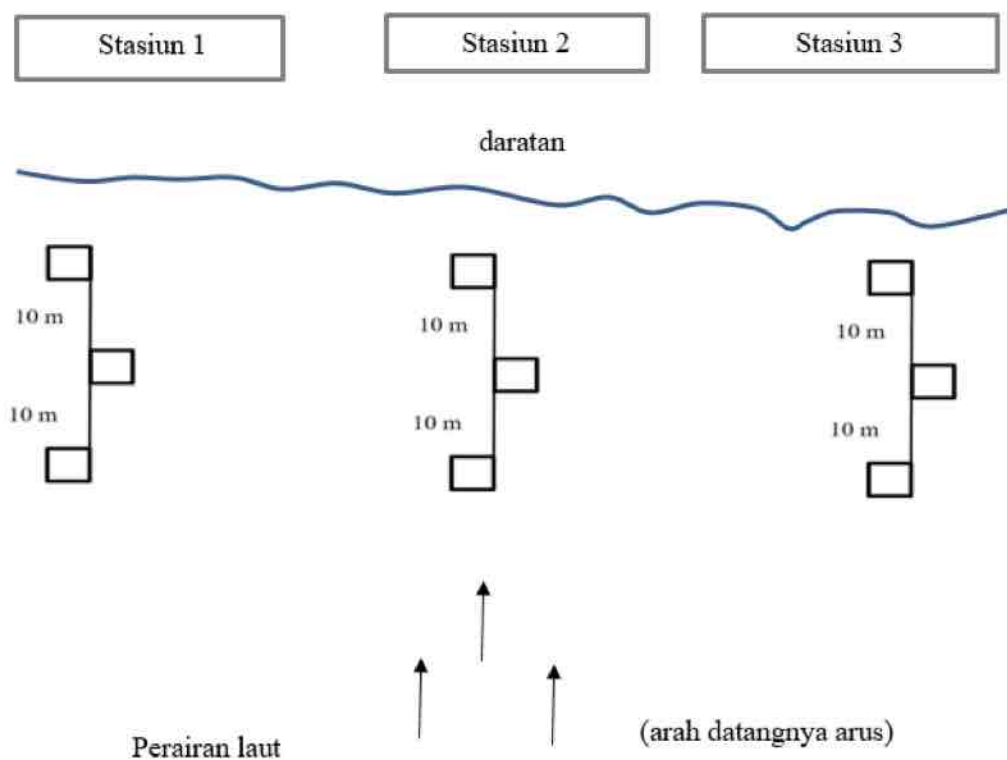
3.4.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi sampling dilakukan secara *purposive sampling*, menurut Sugiyono (2020), metode *purposive sampling* merupakan teknik penentuan pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu oleh peneliti berdasarkan ciri atau sifat-sifat populasi yang sudah diketahui sebelumnya. Kondisi lingkungan sekitar stasiun, kegiatan masyarakat, dan lokasi perairan menjadi pertimbangan yang digunakan untuk menentukan lokasi penelitian. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan di 3 stasiun berdasarkan perbedaan lingkungan penelitian. Pada setiap stasiun akan dibagi menjadi 3 titik pengambilan sampel dan pada setiap titik akan dilakukan 5 kali pengulangan untuk meningkatkan keakurasian data. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan di sore hari saat laut dalam keadaan surut agar memudahkan peneliti dalam pengambilan sampel.

3.4.2 Pengambilan Sampel Makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan menggunakan *core-sampler* berdiameter 4 inch (9 cm) dengan cara menancapkan *core-sampler* ke dasar perairan dengan kedalaman 15 cm, substrat akan terbawa saat *core-sampler* tersebut diangkat dari dasar perairan. Pengambilan sampel dilakukan pada

tiap-tiap titik pada stasiun yang telah ditentukan dan dilakukan 5 kali pengulangan. Sampel substrat dan makrozoobentos yang berada di dalam *core-sampler* kemudian disaring menggunakan ayakan dengan lebar lubang 1 mm dan sampel makrozoobentos yang tersaring dimasukkan ke dalam plastik sampel dan ditambahkan larutan formalin dengan konsentrasi 4 % untuk selanjutnya dilakukan identifikasi jenis dengan mengacu pada buku identifikasi *Invertebrate Identification Guide* (Easton et al., 2012) dan internet sebagai media pendukung. Selanjutnya dihitung berat makrozoobentos yang digunakan untuk melihat hubungan kualitas perairan dengan makrozoobentos. Ilustrasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3 dan titik koordinat stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Ilustrasi stasiun pengambilan sampel

Tabel 3. Titik koordinat tiap stasiun penelitian

Stasiun	Titik Koordinat	Lokasi
1	5°31'40"S 105°21'12"E	Kawasan industri
2	5°31'44"S 105°21'12"E	Kawasan wisata
3	5°31'49"S 105°21'22"E	Kawasan muara sungai

3.4.3 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara *in-situ* (secara langsung di lapangan) yang pada setiap titiknya dilakukan 3 kali pengulangan. Sementara itu, untuk pengambilan sampel tipe substrat dan bahan organik total dilakukan secara *ex-situ* (pengukuran sampel tidak dilakukan langsung di lapangan). Untuk pengambilan sampel tipe substrat dan bahan organik total dilakukan satu kali pengambilan sampel pada tiap stasiun. Parameter kualitas air yang diukur meliputi:

3.4.3.1 Parameter Fisika

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

3.4.3.1.1 Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan alat termometer alkohol dengan skala celcius (°C). Termometer dicelupkan ke permukaan air di setiap titik pengamatan secara vertikal hingga bagian ujung thermometer terendam air, kemudian tunggu hingga alkohol pada termometer tidak bergerak kembali dan catat hasil pengukuran suhu.

3.4.3.1.2 Kecerahan

Pengukuran kecerahan dilakukan menggunakan *secchi disk* dengan memasukkan *secchi disk* ke dalam perairan, selanjutnya dilihat pada kedalaman

berapa piring berwarna hitam tidak terlihat dan diulangi untuk piringan putih kemudian catat hasil pengukuran untuk kemudian dihitung nilai kecerahannya. Nilai kecerahan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

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

Keterangan:

K : Kecerahan (%)

d1 : Kedalaman piring hitam tidak terlihat (cm)

d2 : Kedalaman piring putih tidak terlihat (cm)

3.4.3.1.3 Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur menggunakan *current meter* tipe *Flowatch* fl-03. Alat ini mengukur kecepatan aliran air secara langsung dengan langkah awal yang harus dilakukan yaitu kalibrasi alat (pastikan alat dalam kondisi yang baik serta sensor bersih). Lakukan pengecekan fungsi display dan sensor. Kemudian masukkan sensor ke dalam air dan nyalakan alat. Tunggu pembacaan stabil setelah itu catat hasil kecepatan yang didapat dalam satuan m/s.

3.4.3.1.4 Kedalaman

Pengukuran kedalaman dilakukan menggunakan tongkat berskala pada setiap titik pengambilan sampel. Dilakukan dengan memasukkan ujung tokat ke dalam perairan pada tiap titik pengambilan sampel hingga dasar, kemudian baca hasil pengukuran pada skala utama dan catat hasil yang didapatkan.

3.4.3.1.5 Identifikasi Tipe Substrat

Identifikasi tipe substrat dilakukan dengan mengambil sampel material dasar perairan pada tiap stasiun penelitian menggunakan *core-sampler*. Sampel yang sudah didapatkan kemudian dikeringkan kemudian diayak menggunakan *sieve shaker* sehingga dapat diidentifikasi tipe dan ukuran fraksi substrat di setiap

stasiun. Sampel sedimen ditimbang sebanyak ± 300 gram berat kering kemudian disaring pada *sieve shaker* dengan ukuran 0,111 mm – 2 mm. Kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

Berat sampel = Berat total sampel substrat

3.4.3.2 Parameter Kimia

Parameter kimia yang diukur yaitu pH, salinitas, oksigen terlarut, dan bahan organik total sebagai berikut:

3.4.3.2.1 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.

3.4.3.2.2 Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan menggunakan refraktometer dengan cara meneteskan air sampel ke bagian ujung lensa refraktometer. Arahkan refraktometer ke cahaya matahari langsung, kemudian lihat nilai pada batas garis antara kedua bidang berwarna putih.

3.4.3.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Pengukuran oksigen terlarut pada penelitian ini menggunakan alat DO meter. Cara penggunaan DO meter yaitu dengan melakukan kalibrasi alat

menggunakan aquades, setelah itu keringkan elektroda menggunakan tisu dan masukkan bagian ujung elektroda ke dalam air sampel sampai DO meter menunjukkan pembacaan nilai yang tetap.

3.4.3.2.4 Bahan Organik Total (BOT)

Pengambilan sampel bahan organik total BOT menggunakan metode komposit atau sampel komposit. Analisis kandungan organik pada sedimen dilakukan dengan menggunakan metode Walkey dan Black (1934). Sedimen yang telah didapatkan dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven pada suhu 105°C. Setelah itu, sebanyak 0,5 g sedimen kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml dan tambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ N dengan pipet tetes, sambil digoyangkan secara perlahan-lahan agar berlangsung pencampuran dengan tanah. Selanjutnya, tambahkan 10 ml H_2SO_4 pekat dengan gelas ukur di ruang asap sambil digoyang cepat hingga homogen. Usahakan tidak ada partikel sedimen yang terlempar ke dinding erlenmeyer sebelah atas hingga tidak tercampur merata. Campuran kemudian dibiarkan di ruang asap selama 30 menit hingga dingin, sebelum diencerkan dengan 100 ml akuades. Tahap berikutnya adalah penambahan 5 ml asam fosfat pekat, 2,5 ml larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenil amin. Sampel kemudian dititrasi dengan larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ 0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh. Lalu dilanjutkan titrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi hijau terang. Penetapan blanko dilakukan dengan prosedur yang sama, tetapi tanpa menggunakan contoh sedimen. Selanjutnya dihitung dengan perhitungan:

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

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

Keterangan:

VB : ml titrasi blanko

VS : ml titrasi sampel

3.5 Analisis data

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan dianalisis secara kuantitatif. Analisis data kuantitatif dilakukan dengan cara mengidentifikasi makrozoobentos berdasarkan genus/spesies dalam bentuk tabel dan gambar dengan mengacu pada buku identifikasi *Invertebrate Identification Guide* (Easton et al., 2012) dan internet sebagai media pendukung. Kemudian dilakukan analisis kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi yang terdapat di perairan Pantai Pasir Putih. Rumus yang digunakan untuk menganalisis kelimpahan spesies, keanekaragaman, dan dominansi makrozoobentos yaitu:

3.5.1 Identifikasi Makrozoobentos

Proses indentifikasi makrozoobentos dilakukan dengan cara mengamati berdasarkan ciri morfologi. Data morfologi yang diamati kemudian dibandingkan dengan taksonomi literatur seperti buku identifikasi *Invertebrate Identification Guide* (Easton et al., 2012) dan *website Word Register of Marine Species* sebagai media pendukung.

3.5.2 Indeks Kelimpahan Spesies

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

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

Keterangan:

K_i : Kelimpahan spesies (in/m³)

N_i : Jumlah spesies (ind)

V : Volume *core-sampler* (m³)

3.5.3 Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman makrozoobentos dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman spesies dari makrozoobentos menggunakan persamaan Shannon-Wiener (Odum, 1994)

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

Keterangan:

H' : Indeks keanekaragaman jenis/spesies

p_i : n_i/N (proporsi spesies ke i)

n_i : Jumlah individu spesies ke- i

N : Jumlah total individu

S : Jumlah spesies

Berikut kriteria indeks keanekaragaman makrozoobentos menurut Odum (1994):

- Jika $H' < 1,0$: Diartikan keanekaragaman spesies rendah, penyebaran individu tiap spesies rendah, kestabilan komunitas rendah dan keadaan perairan mulai terganggu.
- Jika $1,0 < H' < 3,0$: Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu sedang dan perairan mulai terganggu.
- Jika $H' \geq 3,0$: Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi, kestabilan komunitas tinggi dan perairan belum terganggu.

3.5.4 Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman menunjukkan berapa besar nilai kesamaan jumlah individu antar spesies pada suatu komunitas. Berikut adalah persamaan indeks keseragaman:

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

Keterangan:

E : Indeks keseragaman

H' : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S : Jumlah spesies

Berikut kriteria keseragaman makrozoobentos menurut Odum (1994):

Jika $E < 0,40$: Diartikan Keseragaman spesies rendah

Jika $0,40 < E < 3,0$: Diartikan Keseragaman spesies sedang

Jika $E > 0,60$: Diartikan Keseragaman spesies tinggi

3.5.5 Indeks Dominansi Simpson

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

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

Keterangan:

C : Indeks dominansi

n_i : Jumlah individu genus/spesies ke-i

N : Jumlah total individu

Berikut kriteria indeks dominansi makrozoobentos menurut Odum (1994):

Jika $C < 0,50$: Diartikan dominansi rendah

Jika $0,50 < C < 0,75$: Diartikan dominansi sedang

Jika $0,75 < C < 1,00$: Diartikan dominansi tinggi

3.5.6 Analisis Kurva K-Dominansi

Metode kurva k-dominansi digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan (tingkat gangguan pada perairan) dengan menganalisis jumlah total individu per satuan luas (kerapatan) dan biomassa total per satuan luas

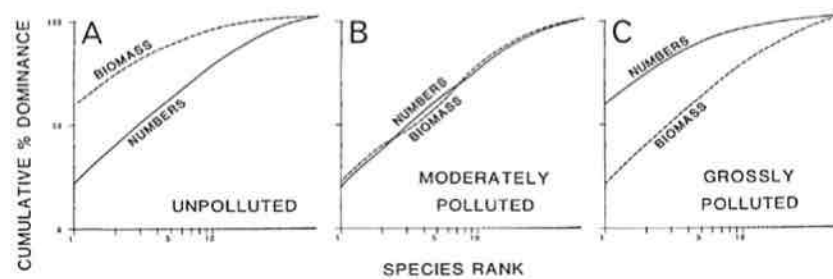
(Warwick, 1986). Gambar kurva k-dominansi dapat dilihat pada Gambar 4. dan berikut merupakan komponen analisis kurva k-dominansi:

$$\text{Kelimpahan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu (Ind)}}{\text{Volume } \textit{core-sampler} \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Kelimpahan relatif} = \frac{\text{Kelimpahan suatu jenis}}{\text{Kelimpahan total}} \times 100\%$$

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{Biomassa individu (g)}}{\text{Volume } \textit{core-sampler} \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Biomassa relatif} = \frac{\text{Biomassa suatu jenis}}{\text{Biomassa total}} \times 100\%$$



Gambar 4. Kurva k-dominansi.
Sumber: Warwick (1986)

Keterangan:

(——) : Kelimpahan spesies

(-----) : Biomassa spesies

A : Kondisi tidak tercemar

B : Kondisi tercemar sedang

C : Kondisi tercemar berat

Penilaian status pencemaran perairan dilakukan menggunakan kurva k-dominansi, yang membandingkan hubungan antara kelimpahan dan biomassa makrozoobentos. Berdasarkan bentuk kurva k-dominansi yang diperoleh, status pencemaran perairan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

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 dibawah kurva kelimpahan menunjukkan perbedaan yang signifikan, di mana kurva biomassa berada di bawah kurva kelimpahan. Menunjukkan kerusakan ekosistem yang parah, di mana spesies oportunistik menjadi dominan. (Warwick., 1986).

3.5.7 Principal Component Analysis (PCA)

Principal component analysis (PCA) atau juga dikenal dengan analisis komponen utama merupakan metode untuk mereduksi variabel dari gugusan data peubah. Analisis ini mampu mempertahankan sebagian besar informasi yang diukur menggunakan sedikit peubah yang menjadi komponen utamanya saja. Analisis komponen utama digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara parameter kualitas air dengan makrozoobentos (Sofiyani et al., 2021). Variabel yang digunakan meliputi indeks kelimpahan makrozoobentos dan parameter fisika kimia perairan. Data yang digunakan dalam analisis PCA terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan metode standarisasi *Z-score*. Proses ini dilakukan dengan mengkonversi data mentah menjadi nilai simpangan baku terhadap rata-ratanya, sehingga perbedaan skala dan satuan antar variabel tidak memengaruhi hasil analisis PCA. Nilai *Z-score* dihitung menggunakan rumus:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Keterangan:

- Z : Nilai standar
 x : Nilai teramati
 μ : Nilai rata-rata
 σ : Simpangan baku

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur komunitas makrozoobentos di Pantai Pasir Putih menunjukkan indeks keanekaragaman pada kategori rendah hingga sedang, indeks keseragaman tinggi, serta tingkat dominansi rendah. Komposisi jenis makrozoobentos yang ditemukan terdiri atas 14 jenis dari kelas Gastropoda, 2 jenis dari kelas Bivalvia, 1 jenis dari kelas Polychaeta, dan 2 jenis dari kelas Malaconstraca
2. Berdasarkan analisis kurva k-dominansi terlihat bahwa kondisi perairan di Pantai Pasir Putih tidak tercemar.
3. Parameter lingkungan seperti suhu, kecerahan, kedalaman, kecepatan arus, DO, pH, dan BOT dapat memengaruhi keseimbangan ekologis makrozoobentos di perairan.

5.2 Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, kondisi perairan di Pantai Pasir Putih berada dalam kategori tidak tercemar. Namun, hasil PCA menunjukkan adanya keterkaitan antara beberapa parameter kualitas air dengan organisme toleran, seperti Gastropoda dan Polychaeta, menunjukkan perlu dilakukan pemantauan kualitas perairan secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan untuk dilakukan pada stasiun dan musim berbeda guna mengkaji dinamika perubahan struktur komunitas makrozoobentos sebagai respon terhadap variasi kondisi lingkungan dan aktivitas antropogenik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abyantara, A.N., Wulandari, S.Y., & Atmodjo, W. (2024). Studi sebaran konsentrasi material padatan tersuspensi dan bahan organik total di Perairan Morosari, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 13(1), 151–160. <http://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.42740>
- Adlim, F. F. F., Ashari, M. M., Rachma, N., Jelita, D., Sihombing, A. R. D., Az-zahra, F., Satriya, R. N. B., Anzani, L., & Hamidah, H. N. (2024). Keanekaragam makrozoobenthos sebagai parameter tingkat kesehatan air di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 6(1), 99–109. <https://doi.org/10.35308/jlik.v6i1.9774>
- Afifatur, M. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 1(3), 255–262. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i3.61>
- Alwi, D., Muhammad, S. H., & Herat, H. (2020). Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos pada ekosistem mangrove Desa Daruba Pantai Kabupaten Pulau Morotai. *Jurnal Enggano*, 5(1), 64–77. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.1.64-77>
- Ananta, S., & Harahap, A. (2022). Distribusi dan keanekaragaman makrozoobentos. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 286–294. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3522>
- Annisa, N. (2022). Analisis sebaran salinitas air berbasis sistem informasi geografis (studi kasus Sungai Tallo) (No Publikasi 24848) [Skripsi, Universitas Hasanuddin]. Repository Universitas Hasanuddin.
- Arfiati, 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.
- Askanita, D. A. (2021). Keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan pada ekosistem wisata mangrove dan

pemanfaatannya sebagai sumber belajar di Kelurahan Kabonga Besar Kabupaten Donggala (No Publikasi 116088) [Skripsi, Universitas Tadulako]. Repository Universitas Tadulako.

- 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. *Jurnal Ilmu Perairan*, 2(1), 17–30. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v7i2.27500>
- Bakri, I., Binur, R., Sinuraya, S., & Moge, R. (2025) Analisis korelasi struktur komunitas Gastropoda terhadap parameter lingkungan di Pulau Samai Fakfak menggunakan Principal Component Analysis. *CASSOWARY*, 8(2), 60–70. <https://doi.10.30862/cassowary.cs.v8.2.456>
- Bangun, S. A., Sangari, J. R. R., Tilar, F. F., Pratasik, S. B., Salaki, M., & Pelle, W. (2019). Komposisi sampah laut di Pantai Tasik Ria. Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(1), 322–328. <https://doi.org/10.35800/jip.7.1.2019.23411>
- 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. <http://doi.org/10.14710/buloma.v11i3.40786>
- Bima, S., Izmiarti., & Nofrita. (2022). Bioassessment kualitas air dengan menggunakan makrozoobentos di Sungai Batang Arau, Kota Padang. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 10(2), 70–77. <https://doi.org/10.25077/jbioua.10.2.70-77.2022>
- Darza, S. E. (2020). Dampak pencemaran bahan kimia dari perusahaan kapal indonesia terhadap ekosistem laut. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi dan Akuntansi*, 4(3), 1831–1852.
- Dewi, M. K. (2021). Pencemaran laut akibat tumpahan batu bara di Laut Meulaboh ditinjau dari sudut hukum lingkungan. *Jurnal Hasil Penelitian*, 6(2), 58–70. <https://doi.org/10.30996/jhp17.v6i2.6217>
- Desmawati, I., Adany, A., & Java, C. A. (2019). Studi awal makrozoobentos di kawasan wisata Sungai Kalimas, Monumen Kapal Selam Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 19–22. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.49929>
- Easton, J. A., Huselid, L., & Breu, A. (2012). *Invertebrata identification guide*. Florida International University Aquatic Ecology Lab.
- Fadilla, R. N., Melani, W. R., & Apriadi, T. (2021). Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Desa Pengujan Kabupaten Bintan.

- Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 2(2), 83–94.
<https://doi.org/10.29244/HAJ.2.1.83>
- Faizi, A.N., Ardiyansyah, A., & As'ari, H. (2025). Asosiasi bivalvia pada vegetasi mangrove di Mangrove Center Bengkak (MCB) Kecamatan Ongsorejo Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Biosense*, 8(2), 217–232.
<https://doi.org/10.36526/biosense.v8i2.5030>
- Farid, A., Tauriqie, R.D., & Arisandi, A. (2023). Struktur komunitas dan kelimpahan makrozoobenthos di ekowisata mangrove lembung, Kecamatan Galis, Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Kelautan*, 16(3), 291–298.
- 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. <http://dx.doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hapsari, G. A., Herlambang, S. M., & Arleiny. (2024). Prototype monitoring dan kontrol kualitas nilai pH air pada kapal (teknologi rekayasa kelistrikan kapal). *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 3(2), 12–32.
<https://doi.org/10.55606/juprit.v3i2.3712>
- 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 Penyu Coast, Cilacap, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 746 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/746/1/012030>
- Hawan, F.K., Bullu, N.I., & Ballo, A. (2020). Identifikasi jenis gastropoda pada zona intertidal Pantai Deri dna Pantai Watotena Kecamatan Ile Boleng Kabupaten Flores Timur. *Bioma*, 22(1), 15–25.
<https://doi.org/10.14710/bioma.22.1.15-25>
- Helmi, L.A., Yuliati., & Prianto, E. (2025). Status ekologi perairan Sungai Umban Sari Kota Pekanbaru dengan bioindikator makrozoobentos menggunakan metode kurva ABC. *Jurnal Mina Sains*, 11(1), 23–36.
<https://doi.org/10.30997/jmss.v11i1.15846>
- Husamah., & Kadir, A. (2019). *Bioindikator (teori dan aplikasi dalam biomonitoring)*. UMM Press.
- Johan, Y., Renta, P. P., Muqsit, A., Purnama, D., Maryani, L., Hiriman, P., Rizky, f., Astuti, A. F., & Yunisti, T. (2020). Analisis sampah laut (*Marine Debrise*) di Pantai Kualo Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 5(2), 273–289.
<https://doi.org/10.31186/jenggano.5.2.273-289>

- Kurniati, E., Anugroho, F., & Sulianto, A. A. (2020). Analisis pengaruh pH dan suhu pada desinfeksi air menggunakan microbubble dan karbondioksida bertekanan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(2), 247–256. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.2.247-256>
- Lanuru, M., & Yusuf, S. (2018). Distribusi sedimen dasar di muara sungai dan laut Pantai Malili Sulawesi Selatan, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 4(2), 59–62. <https://doi.org/10.20956/jiks.v4i2.7063>
- Lindawaty., Dewiyanti, I., Karina, S. (2016). Distribudi dan kepadatan kerang darah (*Anadara* sp.) berdasarkan tekstur substrat di perairan Ulee Lheue Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa dan Perikanan Unsiyah*, 1(1), 114–123.
- Liyanti, V. F. (2021). Dampak limbah pabrik semen terhadap perekonomian masyarakat di Pantai Pasir Putih Lampung Selatan (Studi kasus PT. Solusi Bangun Indonesia) (No Publikasi 6638) [Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Metro]. Repository Metro Universitas.
- Mardi. (2014). Keterkaitan struktur vegetasi mangrove dengan keasaman dan bahan organik total sedimen pada kawasan suaka margasatwa mampie di Kecamatan Wonomulyo Kabupaten Polewali Mandar (No Publikasi 25496935) [Skripsi, Universitas Hasanuddin]. Repository Universitas Hasanuddin.
- Marreta, G., Hasan, W.H., & Septiana, N.I. (2019). Keanekaragaman moluska di Pantai Pasir Putih Lampung Selatan. *Biotropika : Journal of Tropical Biology*, 7(3), 87–94. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2019.007.03.01>
- Munandar, A., Haryati, S., Alfia, R., & Fitriyani. (2016). Karakteristik, penanganan dan kndungan mineral keong laut *Neverita didyma*. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 5(2), 107–111.
- Nabilah, R., & Sari, R. (2024). Evaluasi objek wisata berdasarkan preferensi estetika scenic beauty estimation di Pantai Pasir Putih, Lampung. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, 19(2), 702–721. <https://10.20961/region.v19i2.84594>
- Ningsih, E. N., Agussalim, E., Barus, B. S., & Hartoni. (2024). Variabilitas spasiotemporal suhu permukaan laut di pesisir Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Enggano*, 9(1), 1–10.
- Nisara, I. J. P., Novita, M. Z., Supendi, A., & Octorina, P. (2024). Kelimpahan makrozoobenthos di Situ Cijeruk Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Ilmu Hewani*, 2(2), 83–98.

- Nugraha, D. R. (2024). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air Sungai Way Awi Bandar Lampung (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Lampung.
- Nugraha, D. R., Tugiyono., Susanto, G. N., & Kanedi, M. (2024). Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Wai Awi, Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 9(3), 330–339. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i3.8744>
- Nurachman, P. (2023). Studi keanekaragaman jenis makrozoobentos di ekosistem perairan zona litoral Pantai Sancang Kabupaten Garut sebagai suplemen bahan ajar biologi (No Publikasi 9830) [Skripsi, Universitas Siliwangi Tasikmalaya]. Repository Universitas Siliwangi.
- Nurfaidah, E. (2024). Penanganan tumpahan batu bara pada kegiatan transshipment di PT. Cipta Krida Bahari cabang Bunati Kalimantan Selatan. (No Publikasi 5732) [Skripsi, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang]. Repository PIP Semarang.
- Odum, E. P. (1994). *Dasar-dasar ekologi*. Terjemahan T. Samingan. Gadjah Mada University Press.
- Patty, S., Yalindua., & Putri, S. (2021). Analisis perairan Kota Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara berdasarkan parameter fisika-kimia air laut. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 113–122. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i1.7596>
- Pelealu, G.V.E., 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. *Budidaya Perairan*, 9(2), 54–63. <https://doi.org/10.35800/bdp.9.2.2021.35364>
- Pinontoan, M., Paulus, J.J.H., Wullur, S., Rompas, R.M., Ginting, E.L., & Pelle, W.E. (2023). Oksigen terlarut dan ph di air sisipan sedimen mangrove dan pesisir di Desa Bulutui Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 11(1), 132–133. <https://doi.org/10.35800/jplt.11.1.2023.52733>
- Pitaloka, D., Jayanthi, O. W., & Kartika, A.G.D. (2023). Pengolahan data arus laut menggunakan bahasa Program R. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(2), 231–242. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i2.49511>
- Potje, E. I., Wiyanto, D. B., Putra, I. N. G., & Hukom, F.D. (2024). Penilaian biodiversitas ikan karang pada lokasi berbeda: studi kasus kawasan

- Indonesia coral reef garden Bali Utara. *Journal of Science and Technology*, 17(1), 10–22. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i1.24171>
- Pranoto, H. (2017). Studi kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di perairan Bedagai, Kecamatan Tanjung Beringin Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Biosains*, 3(3), 125–130. <https://doi.org/10.24114/jbio.v3i3.8107>
- Pratama, G., Kurniawan, I.D., & Ilhamdy, A.F. (2020). Pengendalian pencemaran limbah domestik sebagai upaya rehabilitasi pesisir di Desa Malangrapat, Kabupaten Bintan. *Journal of Community Empowering and Services*, 4(1), 45–50. <https://doi.org/10.20961/prima.v4i1.41228>
- Prihatin, N., Melan, W. R., & Muzammil, W. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas perairan Kampung Baru, Desa Sebong Lagoi, Kabupaten Bintan. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 5(1), 20–28. <https://doi.org/10.29244/jppt.v5i1.34541>
- Putriningtias, A., Bahri, S., Faisal, T. M., & Harahap, A. (2021). Kualitas perairan di daerah pesisir Pulau Ujung Perling, Kota Langsa, Aceh. *Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management*, 2(2), 95–99. <https://doi.org/10.29244/HAJ.2.1.95>
- Rafif, A. A., Wicaksono, A. D., & Firdausiyah, N. 2023. Evaluasi wisata pesisir di Kabupaten Lampung Selatan berdasarkan *beach quality index*. *Pure Journal*, 12(1), 187–198. <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/492/391>
- 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*, 46(2), 74–82. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- Razid, M., Amin, B., & Efriyeldi. (2021). Analisis bahan organik dan kelimpahan dari makrozoobentos di Pulau Benggala Selatan, Provinsi Riau. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 127–133. <https://dx.doi.org/10.31258/jocos.2.2.98-103>
- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. (2016). Struktur komunitas makrozoobentos di empat muara sungai cagar alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 9(1), 57–65. <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kauniyah>
- Rizka, S., Muchlisin, Z. A., Akyun, Q., Fadli, N., Dewiyati, I., & Halim, A. (2016). Komunitas makrozoobentos di Perairan Estuaria Rawa Gambut Tripa Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), 134–145.

- Roman, M. F. (2024). Kelimpahan dan keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Biknoi, Kelurahan Naikoten 1, Kota Kupang, NTT. *Jurnal Humaniora, Sosial dan Bisnis*, 2(1), 222–227.
- Rosalina, D., Sofarini, D., Serdiati, N., & Sari, S. P. (2022). Keanekaragaman makrozoobentos di Pantai Tukak Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 17(3), 189–198.
<http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v17i3.9982>
- Safitri, A., Melania, W. R., & Muzammila, W. (2021). Komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas air aliran sungai Senggarang, Kota Tanjungpinang. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 8(2), 103–108. <https://doi.org/10.29103/aa.v8i2.4782>
- Salim, D., Yuliyanto., & Baharuddin, B. (2017). Parameter karakteristik oseanografi fisika-kimia perairan Pulau Kerumputan Kabupaten Kota baru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*, 2(2), 218–228.
<https://doi.org/10.31186/jenggano.2.2.218-228>
- Santya, A., Akhrianti, I., & Hudatwi, M. (2023). Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos pada ekosistem mangrove di Desa Kurau Barat. *Journal Perikanan*, 13(3), 913–924. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i3.648>
- 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, N. I., Nasution, S., & Efriyeldi. (2021). The structure of macrozoobenthos community in the intertidal zone of Api-Api Village Waters, Bandar Laksamana District, Bengkulu. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(2), 137–145.
- Sastra, K., Nugraha, M. A., & Pamungkas, A. (2022). Struktur komunitas makrozoobentos pada sedimen permukaan Pantai Sampur, Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal of Tropical Marine Science*, 5(1), 77–82.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v5i1.2966>
- Sembel, S. N. K., Sabar, M., Benua, R. L., Subur, R., Fabanjo, M. A., & Samman, A. (2024). Hubungan kelimpahan gastropoda dengan bahan organik total (BOT) sedimen pada habitat mangrove di Kelurahan Gambesi, Kecamatan Ternate Selatan, Kota Ternate. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 210–219.
<https://doi.org/10.29303/jtb.v24i2b.7867>
- Shoumiyah, R. (2024). Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di perairan hulu Sungai Wangi Kabupaten Pasuruan. (No Publikasi 64972) [Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim] Etesis Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Silva, C. F., Seixas, V. C., Barroso, R. M., Domenico, M. D., Amaral, C. Z., & Paiva, P. C. (2017). Demystifying the *Capitella capitata complex* (Annelida, Capitellidae) diversity by morphological and molecular data along the Brazilian coast. *Brazilian Coast*, 12(5), 1–35. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177760>
- Sirajudin, H., & Putri, N. S. (2022). Kontrol kedalaman sebagai parameter sifat fisik dan kimia perairan Pantai di Pulau Dutungan Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sensistek*, 5(2), 102–109. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v5i2.24239>
- Solikhah., Hastuti, E. D., & Budihastuti, R. (2018). Hubungan kualitas air dengan pertumbuhan semai *Rhizophora mucronata lamk* pada periode pengamatan yang berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(2), 215–222. <https://doi.org/10.14710/baf.3.2.2018.215-222>
- Sofiyani, R. G., Muskananfola, B. R., & Sulardiono, B. (2021). Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo sebagai bioindikator kualitas perairan. *Journal of Biology*, 10(2), 150–161. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54446>
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Syahrial., Desrita., & Ezraneti, R. (2021). *Littoraria* spp. Snail (Mollusca: Gastropoda) as a bioindicator un the mangrove ecosystem. *Earth and Environmental Science*, 695(1), 1–15. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/695/1/012008>
- Syahrul., Nur, M., Fajriani., Takril., & Fitriah, R. (2021). Analisis kesesuaian kualitas air sungai dalam mendukung kegiatan budidaya perikanan di Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Provinsi Sulawesi Barat. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 3(1), 171–181. <https://doi.org/10.31605/siganus.v3i1.1210>
- Tanto, T. A., & Riswanto. (2022). Kajian suhu permukaan laut (SPL) menggunakan analisis deret waktu di perairan Laut Banda. *Jurnal Kelautan*, 15(3), 270–279. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i3.14386>
- Tudorancea, C., Green, R. H & Huebner, J. (1978). Structure dynamics and production of the benthic fauna in Lake Manitoba. *Hydrobiologia*, 64(1), 59–95. <https://doi.org/10.1007/BF00011932>
- Valentino, N., Ltifah, S., Setiawan, B., Hidayati, E., Awanis, Z. Y., & Hayati. (2022). Karakteristik struktur komunitas makrozoobentos di perairan ekosistem mangrove di Gili Lawang, Lombok Timur. *Jurnal Belantara*, 5(1), 119–130. <https://doi.10.29303/jbl.v5i1.888>

- Velati, Z. A., Suryono., & Pratikto, I. (2024). Jenis substrat dan tingkat kerapatan mangrove di Kawasan Konservasi Mangrove Baros Yogyakarta. *Journal of Marine Research*, 13(4), 739–745.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.43088>
- Wahab, I., Madduppa, H., Kawaroe, M., & Nurafni. (2019). Analisis kepadatan makrozoobentos pada fase bulan berbeda di lamun, Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 93–107. <https://doi.org/10.24319/jtpk.10.93-107>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38.
<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Warwick, R. M. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92(4), 557–562.
<https://doi.org/10.1007/BF00392515>
- Winoto, S. W., Galih, A. V. B., Awahita, H., & Irmita, L. U. (2023). Pengembangan “pHelper” Kalkulator ph larutan berbasis web sebagai media pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 208–221.
<https://doi.org/10.19109/ojpk.v7i2.19781>