

**KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS AIR HULU SUNGAI WAY BESAI, DI KECAMATAN
SUMBER JAYA, KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

(Skripsi)

Oleh

ELIANA DIANTINI

2014201004



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR HULU SUNGAI WAY BESAI, KECAMATAN SUMBER JAYA, KABUPATEN LAMPUNG BARAT

Oleh

ELIANA DIANTINI

Hulu Sungai Way Besai banyak dimanfaatkan masyarakat setempat terutama dalam kegiatan rumah tangga, penambangan pasir, wisata arung jeram, serta PLTA yang dapat memberikan pengaruh terhadap perubahan kualitas air sungai. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian kualitas air menggunakan indeks keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan hulu Sungai Way Besai dan kaitan antar keduanya. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat keanekaragaman jenis makrozoobentos dan menganalisis kualitas perairan hulu Sungai Way Besai berdasarkan metode kurva ABC. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-April 2024. Lokasi penelitian ini bertempat di hulu Sungai Way Besai, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *purposive sampling*. Hasil-hasil yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh 4 kelas yang terdiri dari 11 spesies yang didominasi kelas gastropoda. Jenis makrozoobentos dengan nilai kepadatan tertinggi yaitu *Melanoides tuberculata* dengan nilai kepadatan 15 ind/m². Nilai indeks keanekaragaman yang tergolong sedang. Berdasarkan analisis kurva ABC yang diperoleh bentuk kurva kepadatan dan kurva biomassa yang saling tumpang tindih atau saling berpotongan sehingga menggambarkan semua stasiun termasuk dalam kategori perairan yang tergolong tercemar sedang. Dari analisis PCA diperoleh keterkaitan makrozoobentos dengan beberapa parameter kualitas air sebesar 54,70% dengan parameter lingkungan yang memiliki korelasi positif dengan kepadatan makrozoobentos yaitu pH, kedalaman, oksigen terlarut (DO) dan *total suspended solid* (TSS).

Kata kunci: Makrozoobentos, kualitas perairan, hulu Sungai Way Besai

ABSTRACT

THE MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES AS BIOINDICATORS OF WATER QUALITY IN THE UPSTREAM OF WAY BESAI RIVER, SUMBER JAYA DISTRICT, WEST LAMPUNG REGENCY

By

ELIANA DIANTINI

The upstream of Way Besai River is extensively utilized by the local community, particularly for household activities, sand mining, whitewater rafting tourism, and hydropower plants, which can affect changes in river water quality. Therefore, it is necessary to assess water quality using macrozoobenthos diversity indices as bioindicators for the water quality of the Way Besai River upstream and their correlation. This study aimed to analyze the diversity levels of macrozoobenthos species and assess the water quality of Way Besai River upstream using the ABC curve method. The research was conducted from February to April 2024. The study location was in the Way Besai River upstream, Sumber Jaya District, West Lampung Regency. The method used in this research was purposive sampling. The results obtained were then analyzed using descriptive analysis methods. Based on the research results, 4 classes consisting of 11 species were identified, with gastropods being the dominant class. The macrozoobenthos species with the highest density was *Melanoides tuberculata*, with a density value of 15 ind/m². The diversity index value was classified as moderate. Based on the ABC curve analysis, the density and biomass curves overlap or intersect, indicating that all stations were the category of moderately polluted water. PCA analysis showed that macrozoobenthos were related to several water quality parameters by 54.70% correlation between macrozoobenthos and several water quality parameters, with environmental parameters that had a positive correlation with macrozoobenthos density being pH, depth, dissolved oxygen (DO), and total suspended solids (TSS)

Keywords: Macrozoobenthos, water quality, Way Besai River upstream

**KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR
KUALITAS AIR HULU SUNGAI WAY BESAI, DI KECAMATAN
SUMBER JAYA, KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Oleh

ELIANA DIANTINI

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul : KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR HULU SUNGAI WAY BESAI, DI KECAMATAN SUMBER JAYA, KABUPATEN LAMPUNG BARAT

Nama Mahasiswa : *Eliana Diantini*
No. Pokok Mahasiswa : 2014201004
Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Sumberdaya Akuatik
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



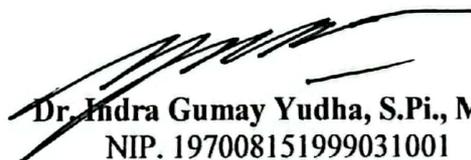
Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.
NIP. 196505011989021001

Pembimbing II



Putu Cinthia Delis, S.Pi., M.Si.
NIP. 199008222019032011

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan



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

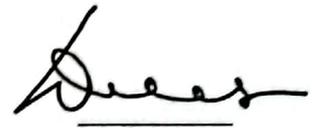
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.



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



Anggota : Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal lulus ujian skripsi : 31 Juli 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eliana Diantini
NPM : 2014201004
Judul Skripsi : Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Hulu Sungai Way Besai, di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah murni hasil karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Karya tulis ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 September 2024
Yang membuat pernyataan,



Eliana Diantini
NPM. 2014201004

RIWAYAT HIDUP



Eliana Diantini lahir di Tambak Jaya, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung, 18 Agustus 2002. Penulis merupakan anak kelima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Sugiman dan Ibu Sutini. Penulis memulai pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Tambak Jaya pada tahun 2008-2014, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Sekincau pada tahun 2014-2017, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Way Tenong pada tahun 2017- 2020. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Perikanan dan Kelautan (Himapik) Unila sebagai anggota bidang Pengkaderan selama periode 2021-2022 dan bendahara umum selama periode tahun 2023-2024. Penulis juga aktif menjadi asisten dosen pada mata kuliah Biologi Akuatik pada tahun 2022, Ekologi Perairan Tropis pada tahun 2023, dan Biologi Perikanan pada tahun 2024. Penulis telah melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjarsari, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus pada bulan Januari-Februari 2023. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (LPSPL) Serang Wilker DKI Jakarta dengan judul “Distribusi Produk Hiu yang Diverifikasi di Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Serang Wilker DKI Jakarta” pada bulan Juni-Agustus 2024 selama 30 hari kerja. Pada bulan Februari-April 2024 penulis melakukan penelitian di Hulu Sungai Way Besai, dengan judul “Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Hulu Sungai Way Besai, di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat”.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya terkasih dan tersayang yang selalu menjadi motivator terbaik saya, Bapak Sugiman dan Ibu Sutini yang selalu berjuang untuk kehidupan penulis yang tiada hentinya memberikan doa, dukungan dan kasih sayang dengan penuh cinta. Bapak dan ibu memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun mereka tetap mampu mendidik dan membawa penulis hingga penulis mampu menyelesaikan studinya hingga sarjana. Terima kasih yang tak terhingga atas doa, semangat, nasihat, dan kasih sayang yang tidak pernah henti sampai saat ini serta pengorbanan yang tak tergantikan oleh apapun dan siapapun. Bapak dan ibu adalah alasan saya untuk selalu kuat dan bertahan dalam keadaan apapun. Sehat selalu, panjang umur dan bahagia selalu buat kita ya pak, mak.

Keempat saudara kandungku, mamas-mamas tersayangku, yang selalu memberikan support dan semangat kepada penulis dan juga memberikan bantuan baik materil maupun nonmateril. Terima kasih sudah saling menguatkan satu sama lain.

Kedelapan keponakanku tersayang, yang selalu memberikan semangat dan sudah menjadi *mood booster* untuk penulis dalam menempuh pendidikan selama ini. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat keponakan-keponakanku.

Almamaterku, Universitas Lampung.

MOTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhan-mu lah engkau berharap”

(Q.S Al-Insyirah: 6-8)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al Baqarah: 286)

Allah sesuai prasangka hambanya. Sesungguhnya Allah berkata “Aku sesuai prasangka hambaku padaku. Jika prasangka itu baik, maka kebaikan padanya, dan apabila prasangka itu buruk, maka keburukan baginya”

(HR. Muslim)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Q.S Ar Ruum: 60)

Siapapun bisa jadi apapun, hidup hanya ada dua pilihan, sabar tanpa tepi atau syukur tanpa tapi

Cita-cita tidak harus dibagikan kepada semuanya. Wujudkan tanpa pengaruh ekspektasi manusia lain. Tak perlu bicara hanya dianggap istimewa, berjuang dalam diam akan membuatmu merasa lebih manusia.

Be the good. Keep it unpredictable, make them wonder

SANWACANA

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Skripsi yang berjudul “Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Air Hulu Sungai Way Besai, di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana (S1) di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dengan berbagai keterbatasan, penulis sadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini bukan semata ditulis berdasarkan kemampuan pribadi, melainkan karena mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penyusunan skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian;
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Program Studi Sumberdaya Akuatik dan Dosen Penguji pada ujian skripsi atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Dr.Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan, nasihat, doa

dan motivasi kepada penulis;

5. Putu Cinthia Delis, S.Pi., M.Si., yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, nasihat, doa dan motivasi kepada penulis;
6. Segenap dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
7. Cinta pertamaku, Ayahanda tercinta Sugiman. Terima kasih atas segala doa dan dukungan yang tidak pernah putus, memberikan cinta, kasih sayang, tenaga dan segala pengorbanan yang mengiringi setiap langkah untuk menyelesaikan pendidikan sarjana ini. Ayah adalah pelindung terkokoh;
8. Pintu surgaku, Ibunda tercinta Sutini. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Terima kasih atas segala doa, semangat dan motivasi serta selalu mendukung penuh apapun proses yang penulis jalani. Ibu adalah penguat terhebat;
9. Keempat kakak kandung penulis, mbak ipar dan Duta serta keponakan-keponakanku tersayang yang selalu memberikan support serta semangat kepada penulis dan selalu membantu serta menguatkan satu sama lain dalam setiap kondisi dalam menyelesaikan pendidikan sarjana ini;
10. Teman-teman terbaikku Alfiyana, Selly, Alfia, Maria, Tuti, Syifa. Terima kasih sudah menjadi partner dan kawan penulis yang terbaik, sudah memberikan warna dunia perkuliahan dan organisasi pada waktu yang terbaik, terima kasih karena sudah menemani sampai akhir;
11. Keluarga besar presidium Himapik Tahun 2023. Terima kasih sudah menjadi kawan-kawan organisasi yang berproses bersama, terima kasih sudah kebersamaan sampai akhir;
12. Keluarga besar Himapik Universitas Lampung;
13. Keluarga besar Sumberdaya Akuatik 2020;

14. Serta kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Bandar Lampung, 30 September 2024

Eliana Diantini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Kerangka Pikir Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sungai	6
2.2 Sungai Way Besai	7
2.3 Indikator Biologi	7
2.3.1 Bentos	8
2.3.2 Makrozoobentos	9
2.3.3 Komposisi Makrozoobentos	10
2.4 Parameter Fisika	13
2.4.1 Suhu	13
2.4.2 Kedalaman	13
2.4.3 Kecepatan Arus	14
2.4.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	14
2.4.5 Tipe Sedimen	15
2.5 Parameter Kimia	15
2.5.1 Derajat Keasaman (pH)	15
2.5.2 Oksigen Terlarut (DO)	16

2.5.3 Bahan Organik Total (BOT)	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Cara Kerja.....	18
3.3.1 Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel	18
3.3.2 Pengambilan Sampel.....	19
3.3.3 Pengumpulan Data	22
3.3.4 Analisis Data.....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Gambaran Umum Lokasi	26
4.2 Kualitas Air Hulu Sungai Way Besai	28
4.2.1 Suhu	29
4.2.2 Kedalaman	29
4.2.3 Kecepatan Arus.....	30
4.2.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	30
4.2.5 pH.....	31
4.2.6 Oksigen Terlarut (DO).....	31
4.2.7 Bahan Organik Total (BOT)	32
4.2.8 Tipe Sedimen	32
4.3 Komposisi Makrozoobentos Hulu Sungai Way Besai	33
4.4 Kepadatan Makrozoobentos	36
4.5 Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi	41
4.6 Analisis Kurva ABC (<i>Abundance Biomass Comparison</i>) Makrozoobentos	43
4.7 Analisis Keterkaitan antara Makrozoobentos dengan Kualitas Perairan Hulu Sungai Way Besai	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel stasiun penelitian	18
2. Nilai parameter fisika-kimia perairan pada setiap stasiun pengamatan	28
3. Karakteristik tipe sedimen di setiap stasiun	32
4. Komposisi jenis makrozoobentos pada setiap stasiun penelitian	34
5. Kepadatan makrozoobentos di setiap stasiun	36
6. Indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), indeks dominansi (C) makrozoobentos	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	5
2. <i>Elliptio</i>	11
3. <i>Goera</i>	11
4. <i>Cambaridae</i>	12
5. <i>Tubifex</i> sp.	12
6. Peta lokasi penelitian	17
7. Standar kurva ABC pada berbagai kondisi perairan.....	24
8. Lokasi stasiun 1.....	27
9. Lokasi stasiun 2.....	27
10. Lokasi stasiun 3.....	28
11. <i>Boyeria vinosa</i>	35
12. <i>Parathelphusa convexa</i>	36
13. Persentase kepadatan jenis makrozoobentos pada ketiga stasiun	38
14. Diagram kepadatan jenis makrozoobentos pada ketiga stasiun	40
15. <i>Melanoides tuberculata</i>	41
16. Kurva ABC makrozoobentos di setiap stasiun	43
17. Kurva biplot antara makrozoobentos dengan kualitas perairan hulu Sungai Way Besai	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi spesies makrozoobentos yang ditemukan di hulu Sungai Way Besai.....	59
2. Dokumentasi kegiatan penelitian	60
3. Data kepadatan makrozoobentos	61
4. Data pengukuran parameter fisika-kimia perairan	62
5. Indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi	63
6. Hasil pengukuran TSS	64
7. Data metode kurva ABC	65
8. Tabel hasil korelasi PCA	66
9. Hasil analisis BOT.....	67

I. PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

Hulu Sungai Way Besai merupakan salah satu bagian aliran anak sungai Tulang Bawang yang melintasi kawasan Sumber Jaya, dan secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat (Utami *et al.*, 2016). Bagian hulu Sungai Way Besai memegang peranan penting karena memiliki banyak manfaat bagi masyarakat setempat, seperti untuk kegiatan rumah tangga, penambangan pasir, wisata arung jeram, maupun pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Bagian hulu Sungai Way Besai terletak di daerah perbukitan dengan curah hujan yang cukup tinggi, dan memiliki aliran air yang cukup deras. Tipe substrat hulu Sungai Way Besai bervariasi yaitu berkerikil, dan berpasir, sehingga dengan tipe substrat tersebut cukup mendukung keanekaragaman jenis organisme akuatik di dalamnya yaitu terutama invertebrata akuatik. Salah satu jenis invertebrata akuatik yang ada di hulu Sungai Way Besai adalah makrozoobentos.

Makrozoobentos merupakan organisme akuatik yang hidup melekat pada sedimen dasar atau hidup di dasar perairan yang memiliki pergerakan relatif lambat, relatif terbatas, serta dapat hidup relatif lama sehingga memiliki kemampuan untuk merespon kondisi kualitas perairan sungai. Kepadatan dan keanekaragaman makrozoobentos sangat bergantung pada toleransi serta sensitivitasnya terhadap lingkungan sekitar, dan sangat dipengaruhi oleh perubahan kualitas air dan substrat tempat hidupnya. Oleh karena itu, makrozoobentos menjadi salah satu komponen biologi perairan yang sering dijadikan bioindikator untuk menilai kualitas dan tingkat pencemaran suatu ekosistem perairan (Wijaya *et al.*, 2019).

Kualitas perairan dikatakan baik jika memiliki keanekaragaman jenis makrozoobentos yang tinggi, begitupun sebaliknya, apabila kualitas perairan dikatakan buruk atau tercemar maka tingkat keanekaragaman jenis makrozoobentos rendah dan melalui distribusi serta keanekaragaman makrozoobentos dapat menunjukkan kualitas perairan sungai. Suatu perairan yang belum tercemar, jumlah individu relatif merata dari semua spesies yang ada, sedangkan pada suatu perairan yang tercemar, penyebaran jumlah individu tidak merata dan cenderung terdapat jenis yang mendominasi dalam perairan tersebut (Iswanti *et al.*, 2012).

Pengkajian kualitas perairan dapat dilakukan dengan pendekatan analisis fisika, kimia, serta biologi. Analisis fisika dan kimia kurang dapat memberikan gambaran yang sesungguhnya dan lebih representatif apabila menggunakan analisis biologi, terutama pada lingkungan perairan yang dinamis (Rachmawaty, 2011). Akan tetapi, analisis biologi juga perlu didukung dengan analisis fisika dan kimia karena berkaitan dengan faktor-faktor lingkungan. Analisis fisika meliputi pengukuran suhu, kecerahan, dan kedalaman. Analisis kimia dilakukan dengan pengukuran derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan bahan organik Total (BOT), adapun analisis biologi yaitu sebagai bioindikator dapat menunjukkan perubahan kualitas perairan yang terjadi karena kerusakan alami maupun akibat aktivitas manusia. Makrozoobentos yang dijadikan sebagai bioindikator dalam penelitian menjadi salah satu komponen biotik yang dapat dijadikan petunjuk untuk memberikan gambaran mengenai kondisi perairan sungai (Aulia *et al.*, 2020).

Pemanfaatan yang dilakukan masyarakat setempat terhadap hulu Sungai Way Besai terutama dalam kegiatan rumah tangga, penambangan pasir, wisata arung jeram, serta PLTA, dapat memberikan pengaruh terhadap perubahan kualitas air sungai. Berdasarkan survei pendahuluan, secara visual terlihat bahwa hulu Sungai Way Besai masih dalam kondisi alami, akan tetapi, hal tersebut tidak menjamin jika kondisi aliran sungai tidak dalam kondisi tercemar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian kualitas air menggunakan indeks keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan hulu Sungai Way Besai, karena sejauh ini belum pernah dilakukan penelitian mengenai makrozoobentos sebagai

indikator kualitas perairan di hulu Sungai Way Besai, di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Apakah dengan adanya aktivitas masyarakat dapat berpengaruh terhadap perubahan kualitas air hulu sungai dan bagaimana keanekaragaman makrozoobentos di hulu Sungai Way Besai sebagai bioindikator kualitas air?
2. Bagaimana kualitas perairan hulu Sungai Way Besai dengan analisis kualitas air berdasarkan bioindikator makrozoobentos?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis keanekaragaman jenis makrozoobentos yang terdapat di hulu Sungai Way Besai.
2. Menganalisis kualitas perairan hulu Sungai Way Besai berdasarkan metode kurva ABC dan korelasi antar kepadatan dengan parameter kualitas air.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian adalah:

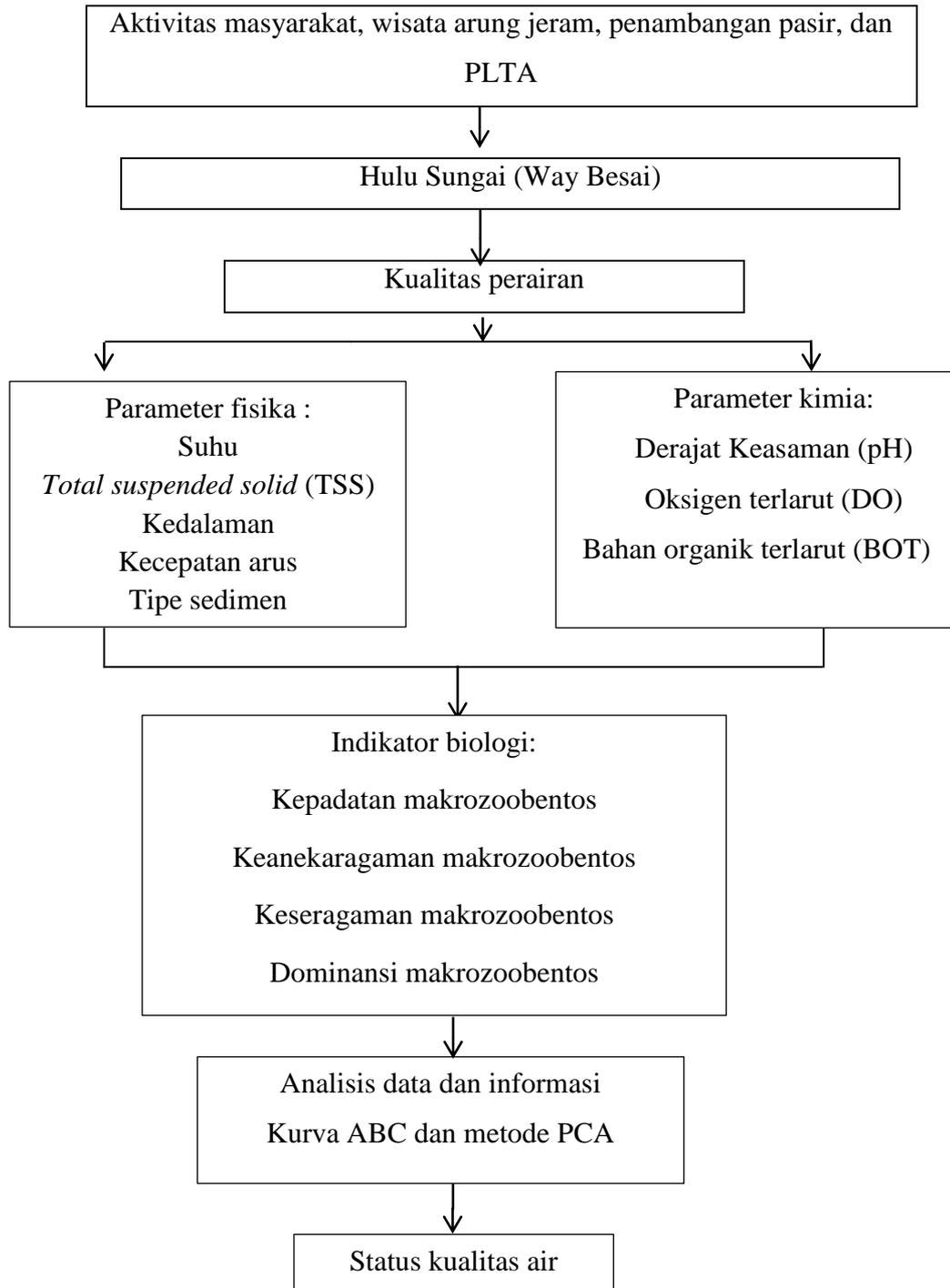
1. Memberikan informasi kepada instansi dan masyarakat sekitar tentang keanekaragaman makrozoobentos yang terdapat pada hulu Sungai Way Besai serta hubungannya dengan kualitas perairan hulu Sungai Way Besai.
2. Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman bagi penulis dan pembaca tentang ekosistem hewan di air tawar dan memahami jenis makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan.

1.5 Kerangka Pikir Penelitian

Sungai merupakan salah satu ekosistem lotik atau perairan mengalir yang diperlukan bagi kelangsungan hidup organisme dan kebutuhan kehidupan manusia. Kualitas air di sungai sangat menentukan kelangsungan hidup biota perairan dan

manusia yang memanfaatkan secara langsung perairan tersebut. Pemanfaatan yang dilakukan masyarakat di sepanjang aliran sungai seperti aktivitas rumah tangga, adanya wisata arung jeram, penambangan pasir, maupun PLTA, dapat menyebabkan perubahan pada kualitas air, begitupun dengan hulu Sungai Way Besai yang berada di Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Dengan adanya kegiatan-kegiatan yang dilakukan di sepanjang aliran berdampak pada perubahan kualitas air dan untuk dapat mengetahui hulu sungai mengalami perubahan kualitas air atau tidak, dapat dilakukan penelitian dengan mengukur kualitas air menggunakan parameter fisika, dan kimia. Pengukuran parameter fisika meliputi pengukuran suhu, *total suspended solid* (TSS), kedalaman, dan kecepatan arus. Adapun parameter kimia meliputi pengukuran derajat keasaman (pH), dan oksigen terlarut (DO), dan bahan organik total (BOT). Berdasarkan pengukuran kedua parameter tersebut kemudian dijadikan faktor lingkungan yang mendukung tingkat keanekaragaman makrozoobentos yang kemudian dapat dijadikan sebagai indikator biologi dalam menentukan kualitas di perairan.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai tingkat keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di hulu Sungai Way Besai. Pengambilan sampel dilakukan di hulu Sungai Way Besai, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat dengan penentuan titik lokasi sampling (stasiun) menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan tingkat aktivitas di hulu Sungai Way Besai. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun, adapun kerangka pikir dari penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan berikut:



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai adalah salah satu ekosistem perairan tawar yang komplit dan dinamis, serta dipengaruhi oleh komponen biotik dan abiotik. Sungai terbentuk secara alami di atas permukaan bumi, yang fungsinya tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu menuju ke bagian hilir dan ke muara (Purusa *et al.*, 2020). Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 38 Tahun 2011, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai menjadi salah satu ekosistem penting bagi manusia serta memberikan beberapa manfaat kepada manusia seperti menyediakan air untuk domestik, pertanian, maupun kebutuhan industri (Siahaan *et al.*, 2011).

Menurut Andini (2017) komponen pada ekosistem sungai dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu hulu, tengah, dan hilir.

1. Bagian Hulu

Bagian hulu merupakan daerah awal dari sebuah sungai yang berada di pegunungan, lembah sungai, dan berbentuk V yang memiliki karakter aliran sungai yang sangat deras, dalam, dan sering terjadi erosi pada sungai daerah hulu.

2. Bagian Tengah

Daerah sungai setelah hulu sungai adalah sungai tengah, yang memiliki karakter lembah sungai berbentuk huruf U karena kondisinya yang landai dan bukan kondisi yang curam. Pada daerah tengah sering terjadi proses transportasi dimana bahan yang dibawa pada proses ini adalah hasil erosi di bagian hulu.

3. Bagian Hilir

Daerah sungai hilir mengantar sungai hingga perbatasan dengan laut dan muara. Bagian hilir sungai memiliki karakter lembah yang menyerupai huruf U dengan ukuran lebar serta berkelu-liku. Pada daerah hilir sering terjadi proses sedimentasi karena akibat dari proses transportasi dari bagian tengah.

2.2 Sungai Way Besai

Sungai Way Besai merupakan salah satu bagian dari hulu DAS Tulang Bawang. Sumber air berasal dari pegunungan Bukit Barisan yang berada di Lampung Barat, dan mengalir ke Kabupaten Way Kanan, kemudian ke Kabupaten Tulang Bawang yang menjadi muaranya (Mulyono, 2009). Sungai Way Besai memiliki bagian hulu yang secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Lokasi hulu Sungai Way Besai berada sekitar 180 km dari Bandar Lampung, dan sekitar 60 km dari Kota Liwa, Ibukota Kabupaten Lampung Barat. Dibutuhkan sekitar 4-5 jam perjalanan darat dari Bandar Lampung menuju hulu Sungai Way Besai, dan sekitar 2 jam dari Liwa menuju hulu Sungai Way Besai. Hulu Sungai Way Besai berada di daerah perbukitan dengan curah hujan yang cukup tinggi dengan arus yang cukup deras, dan berada di ketinggian 700 mdpl yang menyebabkan daerah ini relatif sejuk (Banuwa *et al.*, 2012).

2.3 Indikator Biologi

Perubahan kualitas perairan disebabkan adanya perubahan indikator kualitas air. Salah satu indikator untuk melihat kualitas air adalah indikator biologi. Indikator biologi merupakan indikator yang memanfaatkan hewan sebagai petunjuk untuk mengetahui kondisi air di suatu perairan. Banyaknya jenis keanekaragaman hayati yang berada di Indonesia yang meliputi flora dan fauna, dapat dimanfaatkan sebagai indikator biologi untuk melihat kondisi dari suatu ekosistem. Salah satu fauna yang dapat digunakan sebagai indikator biologi adalah fauna yang hidup di air. Hewan air dijadikan sebagai indikator kualitas air karena memiliki pergerakan serta masa hidupnya relatif lama, sehingga dapat mendominasi suatu wilayah tertentu dan bersifat menetap. Kehadiran hewan-hewan air ini dapat berkorelasi

dengan keadaan lingkungan yang cenderung berubah-ubah sesuai keadaan alam ataupun akibat aktivitas yang dilakukan manusia. Adapun hewan-hewan yang dijadikan sebagai indikator biologi untuk melihat kualitas perairan adalah fitoplankton, zooplankton, bentos dan nekton (Yoga, 2015).

Hewan yang sering dijadikan indikator biologi adalah bentos. Hal ini disebabkan karena bentos yang cenderung hidup menetap di suatu wilayah memiliki sensitivitas terhadap perubahan lingkungan yang dapat berpengaruh pada komposisi atau kepadatannya. Kehadiran bentos dalam toleransi yang tinggi mengindikasikan bahwa air memiliki kualitas yang buruk, begitu pun sebaliknya. Jika bentos dalam toleransi yang rendah mengindikasikan bahwa air memiliki kualitas yang baik. Penggunaan bentos sebagai indikator biologi bukan hal yang baru di dalam dunia penelitian, karena bentos mampu merespon dengan cepat bahan-bahan pencemar di dalam suatu perairan, sehingga informasi yang diberikan lebih tepat dibandingkan pengukuran dengan indikator fisika dan kimia (Asra, 2009).

Kriteria organisme yang dapat digunakan sebagai indikator biologi dengan memperhatikan beberapa faktor, yaitu organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan, penyebarannya luas dan mudah didapat dalam jumlah yang banyak, mempunyai arti ekonomi, rekreasi dan kepentingan ekologi baik secara daerah maupun nasional, mudah dipelihara dalam laboratorium, mempunyai kondisi yang baik, bebas dari penyakit dan parasit, dan sesuai untuk kepentingan uji hayati. Analisis kualitas air umumnya menggunakan kriteria mutu air berdasarkan kelas dalam lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, sedangkan status mutu air berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Kepmen LH) No. 115 tahun 2003 (Nursaini *et al.*, 2022).

2.3.1 Bentos

Bentos merupakan organisme yang hidup di dasar perairan dan tinggal di dalam atau sedimen dasar perairan, serta melekat pada dasar atau hidup di dasar endapan. Bentos berdasarkan ukuran tubuh dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

- 1) Mikrobentos, yaitu kelompok bentos dengan ukuran $<0,1$ mm. Kelompok ini merupakan hewan terkecil, salah satu hewan yang termasuk ke dalamnya adalah protozoa terutama Ciliate.
- 2) Mesobentos, yaitu kelompok bentos dengan ukuran $0,1$ mm- $1,0$ mm. Kelompok ini merupakan hewan dengan kisaran ukuran yang masih dapat ditemukan di pasir atau lumpur. Hewan yang termasuk ke dalam kelompok ini meliputi moluska, krustasea, dan cacing.
- 3) Makrozoobentos, yaitu kelompok bentos dengan ukuran $>1,0$ mm. Kelompok ini merupakan kelompok hewan bentos dengan ukuran terbesar dan menjadi kelompok invertebrata makro yang relatif mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan perairan (Yoga, 2015).

2.3.2 Makrozoobentos

Makrozoobentos adalah salah satu organisme akuatik yang menetap di dasar perairan, yang memiliki pergerakan relatif lambat serta dapat hidup relatif lama sehingga memiliki kemampuan untuk merespon kondisi kualitas perairan sungai. Hal ini karena makrozoobentos merupakan salah satu komponen biotik yang dapat memberikan gambaran mengenai kondisi perairan sungai (Izmiarti, 2010). Makrobentos memiliki ukuran 3-5 milimeter pada usia dewasa dapat tersaring dengan menggunakan mata saring $1,0 \times 1,0$ mm atau $2,0 \times 2,0$ mm. Berdasarkan tempat hidupnya, makrobentos dapat bersifat epifauna dan infauna. Epifauna adalah bahwa makrobentos yang hidup di permukaan substrat dan untuk makrozoobentos yang hidup di dalam substrat disebut infauna (Rijaluddin *et al.*, 2017).

Makrozoobentos berperan penting dalam rantai makanan pada ekosistem akuatik. Beberapa jenis makrozoobentos menjadi sumber pakan penting bagi ikan, sedangkan jenis lainnya memangsa larva ikan kecil dan komponen biotik perairan. Peran tersebut menjadikan makrozoobentos menjadi salah satu penentu produktivitas sekunder suatu perairan. Makrozoobentos juga dapat digunakan sebagai salah satu bioindikator dalam menentukan kualitas lingkungan. Makrozoobentos juga berperan penting dalam proses mineralisasi dan pendaur ulang bahan organik maupun sebagai salah satu sumber makanan bagi organisme konsumen yang lebih tinggi (Barus *et al.*, 2019). Makrozoobentos juga dapat digunakan sebagai salah

satu bioindikator dalam menentukan kualitas lingkungan, makrozoobentos memiliki kepekaan terhadap perubahan kualitas air yang disebabkan oleh berbagai macam faktor, salah satunya adalah bahan pencemar.

Berdasarkan kepekaan terhadap bahan pencemar, makrozoobentos dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu:

1) Jenis intoleran

Jenis bentos ini hanya dapat hidup di wilayah perairan yang belum tercemar atau tercemar ringan, karena memiliki toleransi rendah terhadap bahan-bahan yang masuk ke dasar air.

2) Jenis toleran

Jenis bentos ini pada dasarnya mampu hidup di perairan yang tercemar berat dengan kepadatan yang tinggi karena memiliki daya toleran yang tinggi terhadap bahan-bahan pencemar.

3) Jenis fakultatif

Jenis bentos ini mampu hidup dengan daya toleran yang sedang terhadap bahan pencemar sehingga bentos dapat hidup dan berkembang dalam kondisi air tercemar sedang hingga berat sekalipun (Fachrul, 2007).

2.3.3 Komposisi Makrozoobentos

Pada dasarnya organisme makrozoobentos yang hidup di perairan tawar terdiri atas moluska, insekta, krustasea dan oligochaeta (Suwignyo, 2005).

1) Moluska

Moluska adalah jenis hewan yang bertubuh lunak dengan bentuk tubuh simetri bilateral dan terbungkus cangkang yang terbuat dari zat kapur hasil sekresi. Saluran pencernaan lengkap, alat pernapasan berupa insang atau ctenidia, dan beberapa jenis menggunakan paru-paru atau keduanya. Moluska dapat ditemukan di air tawar, laut, dan darat (Suwignyo, 2005), adapun salah satu contoh moluska yaitu pada Gambar 2.



Gambar 2. *Elliptio*
Sumber: Andrea *et al.* (2022)

2) Insekta

Kelas Insekta merupakan satu-satunya kelompok avertebrata yang memiliki sepasang sayap dan bisa terbang. Jumlah dari kelas ini dapat mencapai hingga beberapa juta spesies. Beberapa spesies pada kelas insekta dapat hidup di air tawar, terutama pada fase muda dari proses metamorfosisnya. Tubuh dari kelas insekta dapat dibagi menjadi 3 bagian, diantaranya bagian kepala, bagian dada dan bagian perut. Kelas insekta termasuk ke dalam filum artropoda karena tubuhnya bersegmen-segmen. Kepala dilengkapi sepasang antenna dengan 3 pasang alat mulut primitif serupa rahang. Pada larva insekta air memiliki alat pernafasan berupa insang trakea, sedangkan pada insekta dewasa alat pernafasan berupa trakea. Dalam perkembangannya, insekta bermetamorfosis dari fase larva, fase pupa, fase imago, dan fase dewasa (Suwignyo, 2005), adapun salah satu contoh spesies dari kelas insekta yaitu pada Gambar 3.



Gambar 3. *Goera*
Sumber : Andrea *et al.* (2022)

3). Krustasea

Sebagian besar spesies dari kelas krustasea hidup sebagai hewan akuatik. Kelas krustasea memiliki tubuh bersegmen yang ditutupi oleh kulit keras terbuat dari zat kitin. Tubuh krustasea dapat dibedakan menjadi kepala, dada dan perut. Antara kepala dan dada menyatu menjadi satu bagian dan disebut *cephalothorax*. Kepala terdiri atas 4 segmen dengan 2 pasang antenna, satu pasang mandibula dan dua pasang maksila. Krustasea memiliki 5 pasang kaki yang terletak di thorax dan di bagian abdomen terdapat 5 pasang swimmeret yang berperan dalam sirkulasi air, memiliki alat pernafasan berupa insang, sistem peredaran darah terbuka. Kelompok krustasea dapat dijumpai di air tawar dan laut (Rusyana, 2013), adapun salah satu contoh spesies dari kelas krustasea yaitu pada Gambar 4.



Gambar 4. *Cambaridae*
Sumber : Andrea *et al.* (2022)

4). Oligochaeta

Oligochaeta adalah kelompok hewan dari filum annelida yang memiliki bentuk kepala yang tidak jelas dan memiliki setae. Kelas Oligochaeta berkembang biak dengan cara hermafrodit. Salah satu contoh spesies dari kelas Oligochaeta adalah *Tubifex* Sp. yang berukuran kecil, ramping, bulat dan terdiri dari dua lapisan otot yang melingkar dan membujur sepanjang. Habitatnya di tempat pasir dan berlumpur (Harahap, 2022), adapun spesies *Tubifex* sp. yaitu pada Gambar 5.



Gambar 5. *Tubifex* sp.
Sumber : Harahap (2022)

2.4 Parameter Fisika

Parameter fisika yang memengaruhi kepadatan bentos antara lain suhu, TSS (*total suspended solid*), kedalaman, dan kecepatan arus.

2.4.1 Suhu

Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan jumlah bahan yang terkandung dalam suatu benda. Suhu juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap proses fitoremediasi, fotosintesis fitoplankton, pertumbuhan ikan dan tanaman, serta proses dekomposisi bahan organik. Perubahan suhu tersebut memengaruhi metabolisme, fisiologi, dan pertumbuhan ikan. Bukan hanya ikan, biota-biota air lainnya juga memiliki karakteristik yang sama (Effendi *et al.*, 2015).

Suhu mempunyai pengaruh besar terhadap proses-proses kimia dan biologi. Secara umum kecepatan reaksi kimia dan biologi menjadi dua kali lipat untuk kenaikan sebesar 10 °C. Hal ini menunjukkan bahwa hewan-hewan air akan menggunakan oksigen terlarut dua kali lebih banyak pada suhu 30 °C dibandingkan pada suhu 20 °C. Oleh karena itu, oksigen terlarut yang dibutuhkan organisme akuatik akan lebih kritis pada udara hangat/panas dibandingkan pada udara dingin. Suhu secara tidak langsung memengaruhi daya larut oksigen yang digunakan dalam proses respirasi organisme laut. Perubahan suhu air terutama oleh adanya kenaikan suhu di dalam air dapat menyebabkan jenis, jumlah, dan keberadaan fauna akuatik seringkali berubah (Purwanto *et al.*, 2014). Menurut Khaeksi *et al.*, (2015) suhu yang baik untuk organisme makrozoobentos adalah berkisar 25 - 30°C, dan menurut Juliana *et al.*, (2014) suhu yang berbahaya bagi makrozoobentos berkisar antara 35 - 40°C.

2.4.2 Kedalaman

Kedalaman perairan akan memberikan petunjuk keberadaan parameter limnologi pada suatu habitat akuatik tertentu. Fitoplankton dalam melakukan fotosintesis membutuhkan sinar matahari, penyinaran cahaya matahari akan berkurang secara cepat sesuai dengan makin tingginya kedalaman suatu perairan tersebut. Kemampuan cahaya menembus kedalaman air bergantung pada kecerahan air laut. Penyinaran cahaya matahari akan berkurang secara cepat sesuai dengan makin

tingginya kedalaman suatu perairan tersebut. Apabila air laut mengalami keterbatasan atau cahaya tidak dapat menembus air maka dapat dikatakan bahwa air laut tersebut mengalami kekeruhan (Nuriya *et al.*, 2010).

2.4.3 Kecepatan Arus

Kecepatan arus merupakan salah satu faktor fisik yang memengaruhi keberadaan makrozoobentos. Arus dibagi menjadi 5 yaitu arus yang sangat cepat (> 1 m/s), cepat ($0,5 - 1$ m/s), sedang ($0,25-0,5$ m/s), lambat ($0,1 - 0,25$ m/s) dan sangat lambat ($< 0,1$ m/s) (Darmawan, 2018). Kecepatan arus dipengaruhi oleh kekuatan angin, topografi, dan musim. Keadaan pada musim penghujan debit air akan meningkat dan sekaligus memengaruhi kecepatan arus. Selain itu, adanya bentuk alur sungai dan kondisi substrat pada dasar perairan menyebabkan kecepatan arus bervariasi. Jenis substrat diketahui dipengaruhi oleh kecepatan arus, pada kecepatan arus yang tinggi dalam perairan akan menyebabkan tipe substrat di perairan tersebut didominasi oleh substrat berpasir karena mampu diendapkan di dasar perairan tersebut adalah partikel-partikel yang berukuran besar seperti kerikil atau pasir, sedangkan partikel yang halus terus terbawa oleh arus yang kuat. Perairan yang memiliki arus yang lemah akan menyebabkan perairan tersebut didominasi oleh substrat berlumpur (Ridwan *et al.*, 2016).

2.4.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) atau zat padat tersuspensi adalah semua zat padat atau partikel-partikel seperti pasir, lumpur, dan tanah liat yang tersuspensi di dalam air dan dapat berupa komponen hidup seperti zooplankton, fitoplankton, bakteri, fungi, maupun detritus dan partikel anorganik lainnya. TSS merupakan sejumlah padatan tersuspensi yang tidak dapat melewati saringan miliopore yang berdiameter pori $0,45 \mu\text{m}$ dan merupakan kumpulan dari beberapa partikel substrat dan jasad renik. Partikel tersuspensi ini dapat menurunkan tingkat kecerahan perairan karena menghalangi masuknya sinar matahari. Dengan penurunan masuknya cahaya matahari maka fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton menjadi terhambat yang kemudian menyebabkan penurunan produktivitas perairan (Khaeksi *et al.*, 2015).

2.4.5 Tipe Sedimen

Sedimen merupakan salah satu unsur penyusun kawasan sungai dan pesisir, yang menjadi habitat bagi organisme bentos dan merupakan penyimpan utama dari banyak senyawa kimia yang secara terus-menerus berada pada permukaan perairan. Adapun dasar perairan berupa pasir dan sedimen halus merupakan lingkungan hidup yang kurang baik untuk hewan bentos. Makrozoobentos terutama moluska terdapat jumlah yang sedikit pada tipe tanah liat, karena partikel-partikel liat ini sulit ditembus untuk melakukan aktivitas kehidupannya yang membuat substrat liat menekan perkembangan dan kehidupan makrozoobentos (Magfirah *et al.*, 2014).

2.5 Parameter Kimia

Parameter kimia yang dapat memengaruhi kepadatan bentos yaitu derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), dan bahan organik total (BOT).

2.5.1 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan suatu parameter penting untuk menentukan kadar asam/basa dalam air. Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Kemampuan air untuk mengikat atau melepas sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah larutan tersebut bersifat asam/ basa, dalam air yang bersih jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan, sehingga air yang bersih akan bereaksi normal. Peningkatan ion hidrogen menyebabkan nilai pH turun dan disebut sebagai larutan asam. Sebaliknya, apabila ion hidrogen berkurang akan menyebabkan nilai pH naik dan keadaan ini disebut sebagai larutan basa. Nilai pH yang ideal untuk mendukung kehidupan organisme akuatik pada umumnya terdapat antara 7-8,5 (Sasongko *et al.*, 2014).

Derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan sebagai suatu parameter kimia yang penting dalam mengetahui kestabilan perairan itu. Perubahan nilai derajat keasaman atau pH suatu perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu yang bervariasi. Persebaran nilai pH hampir sama di dalam suatu perairan tawar. Derajat keasaman dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator adanya

keseimbangan unsur-unsur kimia dan dapat memengaruhi ketersediaan unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan organisme akuatik (Simanjuntak, 2012).

2.5.2 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) atau oksigen terlarut merupakan kandungan oksigen yang larut dalam air. Oksigen terlarut bersumber dari difusi oksigen dari udara ke dalam air melalui permukaan perairan. Kelarutan oksigen didalam air dipengaruhi suhu, salinitas, dan tekanan udara. Peningkatan suhu, salinitas, dan tekanan menyebabkan penurunan oksigen, begitu juga sebaliknya. Kisaran DO yang optimal bagi organisme adalah 5 mg/L (Hartati *et al.*, 2012).

Oksigen terlarut merupakan faktor terpenting dalam menentukan kehidupan organisme akuatik. Pernapasan akan terganggu bila oksigen kurang dalam perairan. Penyebab utama berkurangnya oksigen terlarut dalam air adalah adanya buangan bahan-bahan yang mudah membusuk. Status kualitas air berdasarkan kadar oksigen terlarut yaitu >6,5 mg/L (tidak tercemar/tercemar sangat ringan), 4,5-6,4 mg/L (tercemar ringan), 2,0-4,4 mg/L (tercemar sedang), dan <2,0 mg/L (tercemar berat) (Setyowati, 2015).

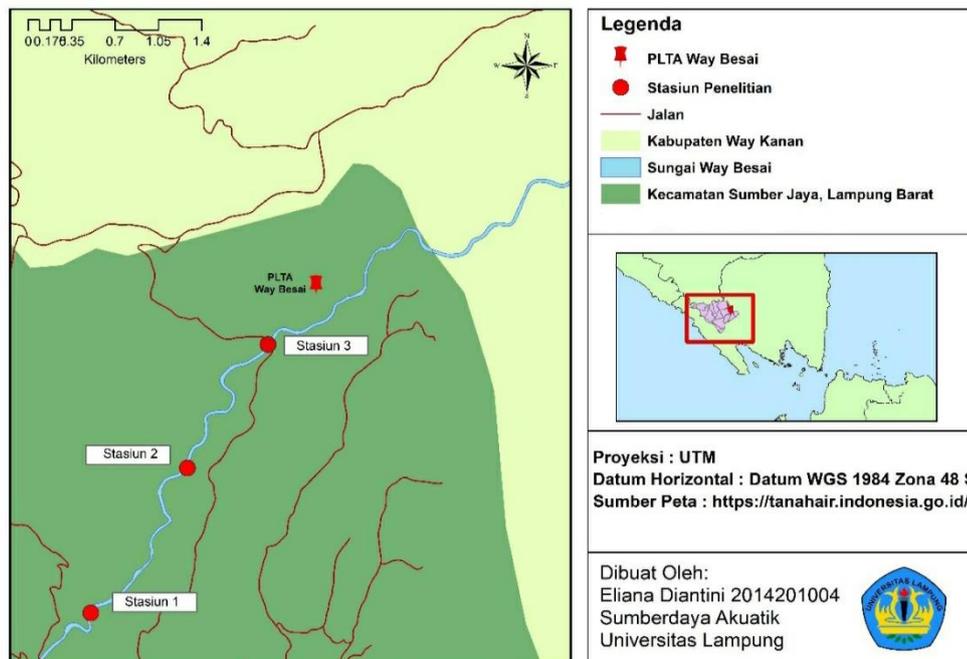
2.5.3 Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik total (BOT) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (*particulate*) dan koloid, dimana kesuburan suatu perairan tergantung dari kandungan bahan organik total (BOT). Bahan organik merupakan bahan yang bersifat kompleks dan dinamis yang berasal dari sisa tanaman dan hewan yang terdapat di dalam tanah yang mengalami perombakan. Bahan tersebut terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia, dan biologi. Dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, pH, dan ketersediaan zat hara, dan oksigen. Kandungan bahan organik total mudah larut dalam air berkisar antara 0,3-3 mg C/L (Sinulingga *et al.*, 2017).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai April 2024, bertempat di hulu Sungai Way Besai, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian

Pengambilan sampel dilakukan selama satu bulan sekali, berturut-turut selama 2 bulan di 3 stasiun. Pengambilan sampel di masing-masing stasiun dilakukan 2 kali pengulangan. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengamatan langsung (observasi) di lapangan, dengan melakukan pengambilan sampel parameter biologi, fisika, dan kimia.

3.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi surber *net*, transek 1 x 1 m², saringan, tongkat berskala, pH meter, DO meter, termometer, kamera, GPS, botol sampel, pipet tetes, tali rafia, kertas label, solasi, botol plastik, kertas saring, corong, oven, desikator, timbangan analitik, *stopwatch*, buku identifikasi dan alat tulis. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi akuades, dan formalin 4%.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Penentuan stasiun pengambilan sampel

Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu berdasarkan dari pertimbangan tertentu atas keberadaan sampel di lokasi penelitian. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 3 stasiun, yaitu Stasiun 1 yang berada di lokasi wisata arung jeram dan di area penambangan pasir dengan kondisi arus sedang, Stasiun 2 yang berada di dekat permukiman masyarakat dengan kondisi arus sedang, dan Stasiun 3 yang berada di dekat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besai dengan kondisi arus sedang. Masing-masing stasiun menggunakan 3 titik, sehingga jumlah titik pengambilan sampel adalah 9 titik, dan sampel diambil sebanyak 2 kali pengulangan dengan jarak antar titik di masing-masing stasiun yaitu 10 meter.

Tabel 1. Tabel stasiun penelitian

Stasiun	Koordinat		Karakter
	Bujur Timur (BT)	Lintang Selatan (LS)	
1	104°25'22"E	5°1'33"S	Lokasinya berada di area wisata arung jeram dan area penambangan pasir. Memiliki kondisi arus yang sedang dengan kondisi substrat terdiri dari pasir dan kerikil.

Tabel 1. Tabel stasiun penelitian (lanjutan)

2	104°28'14''E	5°0'23''S	Lokasinya berada di dekat permukiman masyarakat dan kolam budi daya ikan. Memiliki kondisi arus yang sedang dengan kondisi substrat terdiri dari pasir halus dan kasar.
3	104°28'15''E	5°0'8''S	Lokasinya berada di dekat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besai. Memiliki kondisi arus yang sedang, dengan kondisi substrat yang terdiri dari pasir halus dan pasir kasar.

3.3.2 Pengambilan Sampel

1) Pengambilan sampel makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan di 3 stasiun, pada masing-masing stasiun menggunakan 3 titik. Transek ukuran 1 x 1m² diletakkan di dasar perairan, kemudian sampel makrozoobentos diambil menggunakan surber *net* yang dimasukkan ke dalam sungai sesuai dengan posisi transek dan diarahkan berlawanan dengan arah sungai, sehingga bentos yang berada di dasar sungai terbawa oleh arus dan masuk ke dalam *surber net*, kemudian ditunggu selama 10 menit, dan selanjutnya surber *net* diangkat. Organisme yang terkumpul dalam jaring dimasukkan ke dalam saringan, kemudian saringan digoyang-goyangkan di permukaan air sungai dan dibersihkan (Ismi *et al.*, 2019). Makrozoobentos yang sudah dibersihkan dengan air, dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi label. Sampel kemudian diawetkan dengan formalin 4% sebanyak 4 tetes, kemudian sampel yang telah diawetkan selanjutnya diidentifikasi berdasarkan Pennak (1953). Semua tahap kegiatan didokumentasikan dengan kamera.

2) Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air

Berikut adalah cara pengukuran parameter fisika dan kimia.

a) Suhu

Suhu permukaan perairan diukur dengan menggunakan termometer. Cara pengukuran menggunakan termometer yaitu dengan mencelupkan termometer ke dalam

air, kemudian ditunggu 3-5 menit. Ketika mengukur suhu, posisi badan membelakangi cahaya matahari. Pengukuran suhu dilakukan pada setiap stasiun dan setiap titik kemudian mencatat waktu pengukuran.

b) *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS diukur dengan kertas saring yang dipotong sesuai dengan corong yang akan digunakan kemudian dicuci dengan akuades, lalu dioven dengan suhu 103°C-105°C selama 1 jam, setelah 1 jam kertas saring dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator kira-kira 15 menit. Berat awal dari kertas saring diukur dengan timbangan elektrik. Saring air sampel sebanyak 50 mL. Oven kembali dengan suhu 103°C-105°C selama 1 jam, setelah 1 jam kertas saring dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator kira-kira 15 menit. Berat akhir kertas saring setelah dioven dihitung, lalu nilai TSS dihitung berdasarkan persamaan pada SNI 06-6989.3-2004.

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1.000}{50 \text{ mL}}$$

Keterangan :

- W_0 = Berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)
- W_1 = Berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg)
- V = Volume air sampel digunakan (mL)
- 1.000 = Konversi mL ke L (Khofifah & Utami, 2022).

c) Kedalaman

Kedalaman diukur menggunakan tongkat berskala yaitu dengan memasukkan tongkat berskala ke dalam air secara tegak lurus ke bawah, kemudian dilihat skala kedalaman yang sejajar dengan permukaan air, lalu dicatat hasilnya.

d) Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur dengan menggunakan metode apung (*floating method*) yang merupakan cara yang sederhana serta cepat untuk mencari besarnya kecepatan arus aliran. Kecepatan arus dapat ditentukan dengan cara menghanyutkan botol plastik pada permukaan air dengan jarak tertentu, kemudian apabila

pelampung bergerak sejauh l meter dalam waktu t detik, maka dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{l}{t}$$

Keterangan:

V = kecepatan arus (m/s)

l = jarak tempuh (m)

t = waktu tempuh (s)

e) Tipe Sedimen

Tipe sedimen suatu perairan diukur dengan menggunakan *sieve shaker*. Cara menggunakan *sieve shaker* yaitu dengan menghubungkan alat ke sambungan listrik, kemudian *clamp plate* dibuka dengan memasukkan bahan minimal 100 g ke dalam ayakan, kemudian ditutup kembali dan diputar *clamp hand wheel* untuk mengencangkan susunan *sieve shaker* agar tidak jatuh saat proses pengayakan berlangsung. Tombol on ditekan untuk menyalakan alatnya dan tombol start untuk memulai proses pengayakan. Apabila waktu habis, *sieve shaker* akan berhenti dengan otomatis, kemudian *clamp hand wheel* dikendurkan, dan hasil ayakan dikeluarkan. Kemudian butiran sedimen dianalisis menggunakan metode segitiga Shepard dengan menggunakan klasifikasi ukuran butir skala Wenworth (1922).

f) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) suatu perairan diukur dengan menggunakan pH meter yaitu dengan cara pH meter diaktifkan. Menu pengukuran pH ditekan agar aktif. Ujung alat pengukur pH meter dimasukkan ke dalam sungai. Nilai pH ditunggu sampai muncul pada layar pH dan tidak berubah-ubah lagi. Hasil pengukuran nilai pH dicatat.

g) Oksigen Terlarut (DO)

oksigen terlarut atau *Dissolved oxygen* (DO) diukur dengan menggunakan DO meter, yaitu dengan cara DO meter diaktifkan, kemudian DO meter dikalibrasi agar mendapat nilai yang akurat, kemudian ujung (*proble*) DO meter dimasukkan

ke dalam air, dan nilai oksigen terlarutnya akan tertera di layar. Nilai yang dicatat adalah nilai di layar yang stabil.

g) BOT

BOT diukur dengan parameter lingkungan diukur di setiap stasiun, pengambilan substrat dilakukan pada saat pengambilan sampel makrozoobentos. Sampel air dan substrat diambil sebanyak 600 mL, yang selanjutnya dianalisis di Laboratorium Penguji Kesehatan Ikan dan Lingkungan Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BPPBL) Lampung.

3.3.3 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dicatat dan dilakukan analisis data lebih lanjut, yaitu kepadatan dan indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi makrozoobentos.

1) Kepadatan makrozoobentos

Sampel makrozoobentos yang telah diidentifikasi dapat dihitung kepadatannya per satuan luas. Persamaan untuk menghitung kepadatan makrozoobentos (Odum, 1994):

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

Keterangan:

K : Kepadatan makrozoobentos (ind/m²)
 N_i : Jumlah total individu spesies ke-i
 A : Luas transek (1x1 m²)

2) Indeks keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman makrozoobentos digunakan untuk menganalisis jenis individu pada suatu komunitas dengan menggunakan persamaan dari Shannon Wiener (Odum, 1994).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Keterangan:

H' : Indeks keanekaragaman jenis/spesies
 P_i : N_i/N (proporsi jenis ke-i)
 N_i : jumlah individu genus/spesies ke-i
 N : Jumlah total individu

3) Indeks keseragaman (E)

Indeks keseragaman makrozoobentos digunakan untuk menentukan komposisi suatu spesies dalam suatu komunitas dengan menggunakan persamaan dari Shannon Wiener (Odum, 1994).

$$E = \frac{H'}{\log_2 s} = \frac{H'}{3,32 \log s}$$

Keterangan:

- E : Indeks keseragaman
 S : Jumlah genus/spesies
 H' : Indeks keanekaragaman

4) Indeks dominansi (C)

Indeks dominansi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai biota yang mendominasi suatu ekosistem, dengan menggunakan persamaan dari Simpson (1949).

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

Keterangan:

- P_i : Jumlah individu masing-masing jenis
 N_i : Jumlah individu spesies ke-i
 N : Jumlah seluruh individu spesies

3.3.4 Analisis Data

1) Kurva abundance and biomass comparison (ABC)

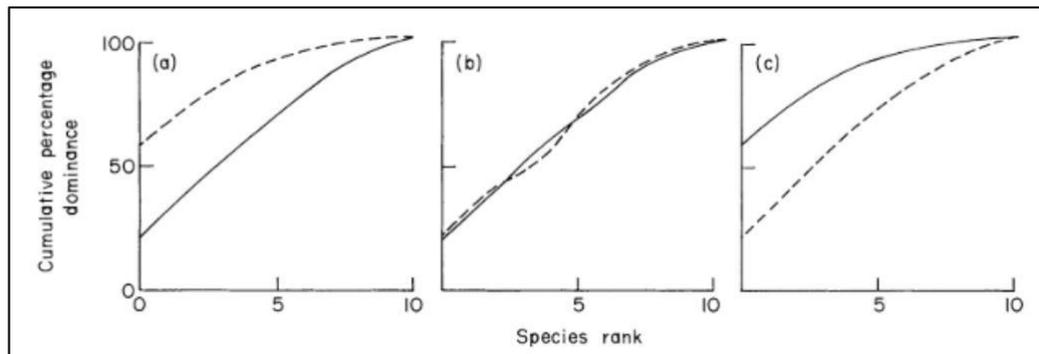
Menurut Roulia, *et al.*, (2014), parameter biologi (makrozoobentos) dianalisis dengan kurva ABC (*abundance and biomass comparison*) atau rasio kepadatan/biomassa yang biasa digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan (tingkat pencemaran) dengan menganalisis jumlah total individu per satuan luas (kepadatan) dan berat per satuan luas dari komunitas makrozoobentos (Warwick, 1986). Kurva ABC terdiri atas komponen:

$$\text{Kepadatan (K)} = \frac{\text{jumlah individu}}{\text{luas (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Kepadatan relatif (KR)} = \frac{\text{K suatu jenis} \times 100\%}{\text{K total}}$$

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{biomassa individu} \times 100\%}{\text{Luas (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Biomassa relatif (BR)} = \frac{\text{B suatu jenis} \times 100\%}{\text{B total}}$$



Gambar 7. Standar kurva ABC pada berbagai kondisi perairan
Sumber : Warwick (1986)

Keterangan :

(—————) : Kepadatan spesies/*species of abundance*

(- - - - -) : Biomassa

(a) : Kondisi ekosistem tidak terganggu

(b) : Kondisi ekosistem terganggu intensitas sedang (agak terganggu)

(c) : Kondisi ekosistem terindikasi adanya gangguan dan tekanan ekologi (terganggu)

Adapun tahapan analisis kurva ABC yaitu sebagai berikut:

- 1) Membuat daftar persen relatif jumlah total individu per m² dan berat total per m² dari masing-masing jenis makrozoobentos.
- 2) Membuat peringkat masing-masing jenis berdasarkan persen relatif jumlah total individu per m² dan berat total per m² dari masing-masing jenis makrozoobentos dan membuat kumulatif dari persentase relatif jumlah total individu per m² dan berat total per m², sehingga terbentuk persen kumulatif dominan.
- 3) Data peringkat jumlah total individu per m² dan berat total per m² diplotkan pada sumbu x dalam bentuk dalam bentuk logaritma, sedangkan pada sumbu y diplotkan data persen kumulatif dominan dari kepadatan biomassa.

2) Analisis hubungan/koreasi kepadatan makrozoobentos dengan parameter lingkungan

Analisis komponen utama (*principal component analysis*, PCA) digunakan untuk mengetahui hubungan kepadatan makrozoobentos dengan parameter kualitas air di hulu Aliran Sungai Way Besai. Analisis PCA dilakukan dengan menggunakan Software XL-STAT. Kepadatan makrozoobentos dihubungkan dengan suhu, kedalaman, kecepatan arus, TSS, pH, dan DO, dan BOT. Bengen (2000) menyatakan tujuan utama penggunaan analisis komponen utama antara lain :

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Makrozoobentos yang ditemukan di hulu Sungai Way Besai terdiri dari 4 kelas yaitu gastropoda (7 spesies), bivalvia (2 spesies), insekta (1 spesies) dan malacostraca (1 spesies). Nilai indeks keanekaragaman makrozoobentos di lokasi penelitian termasuk ke dalam kategori sedang dengan kisaran antara 0,59 – 1,37, nilai indeks keseragaman antara 0,32 – 0,63 yang termasuk ke tingkat keseragaman sedang dan nilai indeks dominansi berkisar antara 0,32–0,65 yang termasuk terdapat jenis yang mendominasi.
2. Status kualitas perairan hulu Sungai Way Besai, Kecamatan Sumber Jaya pada stasiun 1, 2 dan 3 berdasarkan kurva ABC termasuk ke dalam kategori perairan yang tergolong tercemar sedang. Parameter lingkungan yang memiliki korelasi positif dengan kepadatan makrozoobentos adalah pH, kedalaman, DO dan TSS, sedangkan parameter lingkungan yang memiliki korelasi negatif dengan kepadatan makrozoobentos adalah suhu, kecepatan arus, dan BOT.

5.2 Saran

Masyarakat dan *stake holder* mengurangi kegiatan penambangan pasir dan tetap menjaga kestabilan ekosistem sungai agar kualitas perairan sungai tetap terjaga dan tidak terjadi peningkatan kerusakan lingkungan perairan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhady, A. A., Abdelrahman, E., Elewa, A. M., Fan, J., Zhang, S., & Xiao, J. 2018. Phenotypic plasticity of the gastropod *Melanooides tuberculata* in the Nile Delta: A pollution-induced stabilizing selection. *Marine Pollution Bulletin*, 133 (1): 701-710.
- Alves, A. G., Faria, R., Reis, A. R. Pinto, S., & Vieira. 2011. Aspects of reproduction in pink dentex, *Dentex gibbosus* (Rafinesque, 1810) from the Archipelago of Madeira in the Northeast Atlantic. Arquipelago. *Life and Marine Science*. 28 (1): 71-82.
- Andini, N. F. 2017. Pengukuran debit dan sedimentasi DAS Batang Lembang Bagian Tengah Kenagarian Selayo Kabupaten Solok. *Jurnal Kepemimpinan dan Pengurusan*, 2 (1): 133-140.
- Andrea, R. K., Marti, R. L., Christopher, B., John, C. M., & John, W. W. 2022. Macroinvertebrates.org: creating a digital teaching collection of common freshwater macroinvertebrates of Eastern North America. *American Entomologist*, 68 (1): 28-31.
- Arbi, U. Y. 2012. Komunitas moluska di padang lamun Pantai Wori, Sulawesi Utara. *Jurnal Bumi Lestari*, 12 (1): 55-65.
- Asra. 2009. Makrozoobentos sebagai indikator biologi dari kualitas air di Sungai Kumpeh dan Danau Arang-arang Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Biospecies*, 2 (1): 23-25.
- 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 Aquatic Science*, 2 (1): 17-30.
- Azham, R. S., Bahtiar., & Ketjulan. R. 2016. Struktur komunitas makrozoobentos pada ekosistem mangrove di perairan Teluk Staring Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 1 (3): 249-260.

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Barat. 2023. *Kabupaten Lampung Barat Dalam Angka 2023*. BPS Kabupaten Lampung Barat. Liwa. 234 hlm.
- 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.
- Banuwa, I. S., Setiawan, A., Wulandari, C., Yuwono, S., Abidin, Z., Budiono, P., Istanto, K., & Affandi, I. 2012. *Pengelolaan Hutan dan Daerah Aliran sungai Berbasis Masyarakat :Pembelajaran dari Way Besai Lampung*. Anugerah Utama Raharja (AURA). Lampung. 296 hlm.
- Barus, B.S., Aryawati, R., Putri, W.A.E., Njujualiasti, E., Diansyah, G., & Sitorus, E. 2019. Hubungan N-total dan C-organik sedimen dengan makrozoobentos di perairan Pulau Payung, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22 (2): 147-156.
- Bengen, D., G. 2000. *Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 88 hlm.
- Damayanti, A., Nurfadillah., Sari, A., Iwan, H., Tashella, R., Putri, D. H., Kavinta, M., & Ismarica. 2022. Struktur komunitas makrozoobentos pada keramba jaring apung dan non keramba jaring apung di Danau Laut Tawar sebagai upaya pengelolaan sumberdaya perairan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan*, 4 (2): 22-31.
- Darmawan, A., B. Sulardiono & Haeruddin. 2018. Analisis kesuburan perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton, nitrat, dan fosfat di perairan Sungai Bengawan Solo Kota Surakarta. *Journal of Maquares*, 7 (1) : 1-8.
- Dwityaningsih, R., Triwuri, N. A., Handayani, M. 2018. Analisa dampak aktivitas penambangan pasir terhadap kualitas fisik air Sungai Serayu di Kabupaten Cilacap. *Jurnal Akrab Juara*, 3 (3): 1-8.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Effendi, H., Bagus, A.U., Giri, M.D., & Rebo, E. K. 2015. Fitoremediasi limbah budidaya ikan lele (*Clarias Sp.*) dengan kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica Rapa Chinesis*) dalam sistem resirkulasi. *ECOLA*, 9 (2): 80-92.
- Eprilurahman, R., Baskoro, W. T., & Trijoko. 2015. Keanekaragaman jenis kepiting (Decapoda: brachyura) di Sungai Opak, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Biologi (BIOGENESIS)*, 3 (2): 100-108.

- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. 198 hlm.
- Fadhilah, N. 2013. Keanekaragaman gastropoda air tawar di berbagai macam habitat di Kecamatan Tanambulava Kabupaten Sigi. *Jurnal Jipbiol*, 2 (1): 13-19.
- Hadiyanto. 2010. Biologi, ekologi dan peranan suku Capitellidae Grube 1862 (Annelida: Polichaeta). *Oseana*, 3 (1): 29-38.
- Harahap, A. 2022. *Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Bilah Labuhan Batu*. CV. El Publisher. Banjarmasin. 122 Hlm.
- Hartati, R., A. Djunaedi., Hariyadi., & Mujiyanto. 2012. Struktur komunitas pandang lamun di perairan Pulau Kumbang, Kepulauan Karimunjawa. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17 (4): 217-225.
- Ikhsan, J., Pratama, R. B., & Harsanto, P. 2015. Kajian kegiatan penambangan pasir dan dampaknya terhadap dasar sungai di Kali Progo Hilir pasca letusan Merapi tahun 2010. *Dalam Sawang, L., Harianto, T., & Asad, M. (Eds.) Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Hlm: 291-296.
- Isman, M. Mashoreng, S. Werorilangi, S. Isyrini, R. Rastina. Faizal, A. Tahir, A. & Burhanuddin, A. I. 2018. Komunitas makrozoobentos pada kondisi mangrove berbeda: hubungannya dengan karakteristik kimia-fisika sedimen. *Journal Fisheries and Marine Science*, 1 (2): 40-47.
- Ismi, H., Amalia, A. R., Sari, N., Gesriantuti, N., & Badrun, Y. 2019. Dampak mikroplastik terhadap makrozoobentos suatu ancaman bagi biota di Sungai Siak, Pekanbaru. *Prosiding SainsTeKes*, 1 (1): 92-104.
- Iswanti, S., Ngabekti, S., & Martuti, N. K. T. 2012. Distribusi dan keanekaragaman jenis makrozoobentos di Sungai Damar Desa Weleri Kabupaten Kendal. *Unnes Journal of Life Science*, 1 (2): 86-93.
- Izmiarti. 2010. Komunitas makrozoobentos di Banda Bakali Kota Padang. *Journal Biospectrum*, 6 (1): 34-40.
- Juliana, L., Rico, R. R., & Simon, P. O. L. 2014. Komposisi kimia cacing kacang (*Sipunculus nudus*) di Kabupaten Raja Ampat dan Kabupaten Manokwari. *eJurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1 (1): 53-66.
- Kawuri, R.L., M.N. Suparjo, & Suryanti. 2012. Kondisi perairan berdasarkan bio-indikator makrozobentos di Sungai Seketak Tembalang Kota Semarang. *Jurnal of Management of Aquatic Resources*, 1 (1): 1-7.

- Khaeksi, I. P., Haeruddin., & Muskananfolo, M. R. 2015. Status pencemaran Sungai Plumbon ditinjau dari total aspek padatan tersuspensi dan struktur komunitas makrozoobentos. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4 (3): 1-10.
- Khofifah., & Utami, M. 2022. Analisis kadar total suspended solid (TDS) dan total suspended solid (TSS) pada limbah cair dari industri gula tebu. *ICJR- Indonesian Journal of Chemical Research*, 7 (1): 43-49.
- Krebs. 1989. *Ecological Methodologi*. Herper and Row Publisher. New York. 694 hlm.
- Kurniawati, M. A., Prayogo, N. A., & Hidayati, N. V. 2023. Makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Tajum Kabupaten Banyumas, Jawa tengah. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 5 (2): 237-251.
- Labbaik, M. A., I. W. Restu A., & Pratiwi A. 2018. Status pencemaran lingkungan Sungai Badung dan Sungai Mati di Provinsi Bali berdasarkan bioindikator phylum Annelida. *Journal Of Marine Sciences And Aquatic*, 4 (2) : 304-315.
- Magfirah., Emiyarti., & Haya, L. A. M. Y. 2014. Karakteristik sedimen dan hubungannya dengan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana Sulawesi Tenggara. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 4 (14): 117-131.
- Meisaroh, Y., Restu, I. W., & Pebriani, D. A. A. 2019. Struktur komunitas makrozoobentos sebagai indikator kualitas perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5 (1): 36-43.
- Mukti, B. H. 2023. Keragaman makrozoobentos Sungai Pengambau Hulu, Hulu Sungai Tengah. *Bioscientiae*, 20 (1): 1-7.
- Mulyono. 2009. Perkiraan tingkat erosi tanah di Sub DAS Besai Lampung Barat. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 19 (1): 35-47.
- Munandar, A., Ali, M. S., & Karina, S. 2016. Struktur komunitas makrozoobentos estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1 (3): 331-336.
- Mushthofa, A., Muskananfolo, M. R., & Rudiyananti, S. 2014. Analisis struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3 (1): 81-88.

- Mustofa, V. M., Soenardjo, N., & Pratikto, I. 2023. Analisis tekstur sedimen terhadap kelimpahan gastropoda di ekosistem mangrove Desa Pasar Banggi Rembang. *Journal of Marine Research*, 12 (1): 137-143.
- Nuriya, H., Hidayah, Z., & Syah, A. F. 2010. Analisis parameter fisika kimia di Perairan Sumenep bagian timur dengan menggunakan citra Landsat TM 5. *Jurnal Kelautan*, 3 (2): 133-144.
- Nursaini, D., & Harahap, A., 2022. Kualitas air sungai. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5 (1): 312-321.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders. Philadelphia. 574 hlm.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Alih Bahasa: Samingan, T., Srigandono, B. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 697 hlm.
- Odum, E. P. 1994. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Alih Bahasa: Samingan, T., Srigandono, B. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta. 474 hlm.
- Pennak, R. W. 1953. *A Guide to Freshwater Invertebrates*. Ronald Press. New York. 769 hlm.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22. 2021. *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Peruntukkan Batu Mutu Air Laut*. Lampiran VI.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor. 38 Tahun 2011 tentang Sungai.
- Pirwanda, F., & Pirngadie, B. H. 2015. Dampak kegiatan tambang timah konvensional terhadap perubahan guna lahan di Kabupaten Belitung. *Jurnal Planologi Unpas*, 2 (3): 177-194.
- Purusa, I. G. A., Arthana, I. W., & Kartika, I. W. D. 2020. Keanekaragaman dan distribusi makroinvertebrata di perairan hulu Tukad Cangkir dan Tukad Pakerisan Kabupaten Gianyar. *Jurnal Bumi Lestari*, 20 (2): 31-39.
- Purwanto, H., Tyas, A.P., & Nana, K.T.M. 2014. Struktur komunitas dan distribusi ikan di perairan Sungai Juwana Pati. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 2 (1): 181-186.
- Rachmawaty, R. 2011. Indeks keanekaragaman makrozoobenthos sebagai bio-indikator tingkat pencemaran di muara Sungai Jeneberang. *Bionature*, 12 (2): 103-109.
- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., & Pangestu, D. A. 2016. Struktur komunitas makrozoobenthos di empat muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 9 (1): 57-65.

- Rijaluddin, A. F., Wijayanti, F., & Haryadi, J. 2017. Struktur komunitas makrozoobentos di Situ Gintung, Situ Bungur, dan Situ Kuru, ciputat timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18 (2): 139-147.
- 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 Perikanan Unsyiah*, 1 (1): 134-145.
- Rouliia, I. S., Barus, T. A., & Ezraneti, R. 2014. Kualitas air Sungai Belawan di Desa Lalang Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Aquacoastmarine*, 3 (2) : 55-65.
- Rusyana, A. 2013. *Zoologi Invertebrata*. Alfabeta. Bandung. 282 hlm.
- Safitri, A. Melani, W. R. & Muzammil, W. 2021. Komunitas makrozoobentos dan kaitannya dengan kualitas air aliran Sungai Senggarang, Kota Tanjungpinang. *Acta Aquatica Aquatic Sciences Journal*, 8 (2): 103-108.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyo, R. E. 2014. Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12 (1): 78-89.
- Sangau, P., Junardi., & Rousdy, D. W. 2019. Inventarisasi makroinvertebrata bentik di Sungai Mentuka Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 8 (3): 63-72.
- Setyowati, R. D. N. 2015. Status kualitas air DAS Cisanggarung, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1 (1): 37-45.
- Siahaan, R., Indrawan, A., Soedharma, D., & Prasetyo, L. B. 2011. Kualitas air Sungai Cisadane, Jawa Barat-Banten. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11 (2): 268-273.
- Sidik, R. Y., Dewiyanti, I., & Octavina, C. 2016. Struktur komunitas makrozoobentos di beberapa muara sungai di Kecamatan Susoh Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1 (2): 287-296.
- Simanjuntak, M. 2012. Kualitas air laut ditinjau dari aspek zat hara oksigen terlarut, dan pH di Perairan Banggai. *Jurnal Ilmu Teknologi Kelautan*, 4 (1): 290-303.
- Simanjuntak, S. L., Muskananfolo, M. R., & Taufani, W. T. 2018. Analisis tekstur sedimen dan bahan organik terhadap kelimpahan makrozoobentos di muara Sungai Jajar, Demak. *Journal of Maquares*, 7 (4): 423-430.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163 (1): 88-680.

- Sinulingga, H. A., Muskananfola, M. R., & Rudiyantri, S. 2017. Hubungan tekstur sedimen dan bahan organik dengan makrozoobentos di habitat mangrove Pantai Tirang Semarang. *Journal of Maquares*, 6 (3): 247-254.
- SNI 06-6989.3. 2004. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 152 hlm.
- Suhanda, D., & Putra, M. G. A. 2021. Pengaruh musim terhadap distribusi temperatur, salinitas, dan densitas di Laut Halmahera. *Jurnal Tropimar*, 3 (1): 1-11.
- Susanti, L., Ardiansyah, F., & As'ari, H. 2021. Keanekaragaman dan pola distribusi gastropoda mangrove di Teluk Pangpang Blok Jati Papak TN Alas Purwo Banyuwangi. *Jurnal Biosense*, 4 (1): 33-46.
- Suwignyo, S. 2005. *Avertebrata Air Jilid I*. Penebar Swadaya. Jakarta. 123 hlm.
- Syafiya, A. & Hadisusanto, S. 2019. Komunitas makrozobentos di kawasan penambangan pasir di Sungai Progo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 26 (2): 52-61.
- Tchobanoglous, G. 2013. *Wastewater Engineering: Treatment And Resource Recovery*. Mcgraw-Hill Education. New York. 2048 hlm.
- Utami, T., Purwadi, O, T., & Susilo, G. E. 2016. Desain penampang sungai Way Besai melalui peningkatan kapasitas sungai menggunakan software HEC-RAS. *JRSDD*, 4(2): 185-196.
- 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.
- Wahyuningsih, S., Novita, E., & Ningtias, R. 2019. Laju deoksigenasi dan laju reaerasi sungai bedadung segmen Desa Rowotamtu Kecamatan Rambipuji Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7 (1): 1-7.
- Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*. 92 (4): 557-562.
- Wenworth. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediment. *Journal of Geology*, 30 (1): 377-392.
- Wijana, I. M. S., Ernawati, N. M., & Pratiwi, M. A. 2019. Keanekaragaman lamun dan makrozoobentos sebagai indikator kondisi perairan Pantai Sindhuh, Sanur, Bali. *Jurnal Ecotrophic*, 13 (2): 238-247.

- Yoga, P., A. Suharto, B, dan J, & Bambang, R. 2015. Analisa kualitas perairan Sungai Klintar Nganjuk berdasarkan parameter biologi (plankton). *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 2 (1). 18-26.
- Yonvitner, Y., & Imran, Z. 2006. Rasio biomasa dan kelimpahan makrozoobenthos sebagai penduga tingkat pencemaran di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 11 (3): 11-17.
- Zulkifli, H., & Setiawan, D. 2011. Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai instrumen biomonitoring. *Jurnal Nature Indonesia*, 14 (1): 95-99.