

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI WAY AWI
BANDARLAMPUNG**

(SKRIPSI)

DWIKI RENDA NUGRAHA

2017021004



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK
STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI WAY AWI
BANDARLAMPUNG

Oleh

DWIKI RENDA NUGRAHA

Makrozoobentos merupakan bioindikator yang sensitif dan berguna untuk penilaian kualitas air. Penurunan kualitas air merupakan masalah penting yang dapat mempengaruhi ekosistem perairan. Pemantauan dan evaluasi kualitas air yang efektif dibutuhkan pendekatan yang dapat memberikan informasi akurat yang dapat diandalkan. Salah satu pendekatan adalah penggunaan indikator biologis yaitu makrozoobentos. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober - Desember 2023 di perairan Sungai Way Awi Kota Bandarlampung, Provinsi Lampung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas makrozoobentos, menentukan tingkat pencemaran air, serta menganalisis hubungan fisika-kimia perairan terhadap struktur komunitas makrozoobentos. Penelitian menggunakan metode survei dan pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan alat berupa Ekman grab. Identifikasi dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Zoologi FMIPA Universitas Lampung. Dari hasil penelitian di lima stasiun pengamatan ditemukan 8 genus makrozoobentos yang terdiri dari 3 genus dari phylum Mollusca, 3 genus dari phylum Arthropoda dan 2 genus dari phylum Annelida. Berdasarkan indeks keanekaragaman dari kelima stasiun pengamatan diperoleh status mutu perairan tercemar berat dengan nilai $H' < 1$. Struktur komunitas makrozoobentos dan parameter fisika-kimia air menunjukkan hubungan yang signifikan antara oksigen terlarut (DO) dengan indeks keseragaman dan indeks dominansi.

Kata kunci : Makrozoobentos, Bioindikator, Sungai Way Awi

ABSTRACT

MACROZOOBENTHOS COMMUNITY STRUCTURE AS BIOINDICATOR OF WATER QUALITY IN WAY AWI RIVER BANDARLAMPUNG

By

DWIKI RENDA NUGRAHA

Macrozoobenthos are sensitive and useful bioindicators for water quality assessment. Water quality degradation is an important issue that can affect aquatic ecosystems. Effective monitoring and evaluation of water quality requires approaches that can provide accurate and reliable information. One approach is the use of biological indicators, namely macrozoobenthos. The research was conducted from October to December 2023 in the waters of Way Awi River, Bandarlampung City, Lampung Province. This study aims to analyze the structure of the macrozoobenthos community, determine the level of water pollution, and analyze the physico-chemical relationship of waters to the structure of the macrozoobenthos community. The study used a survey method and macrozoobenthos sampling was carried out with a tool such as Ekman grab. Identification and analysis of samples were carried out at the Zoology Laboratory FMIPA University of Lampung. From the results of research at five observation stations found 8 genus of macrozoobenthos consisting of 3 genus of the phylum Mollusca, 3 genus of the phylum Arthropoda and 2 genus of the phylum Annelida. Based on the diversity index of the five observation stations, the water quality status was found to be heavily polluted with the value of $H' < 1$. The structure of the macrozoobenthos community and the physico-chemical parameters of the water showed a significant relationship between dissolved oxygen (DO) with uniformity index and dominance index.

Keywords: Macrozoobenthos, Bioindicator, Way Awi River

**STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI WAY AWI
BANDARLAMPUNG**

Oleh

DWIKI RENDA NUGRAHA

Skripsi

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

**Pada
Jurusan Biologi**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : STRUKTUR KOMUNITAS
MAKROZOOBENTOS SEBAGAI
BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI WAY
AWI BANDARLAMPUNG

Nama Mahasiswa : *Dwiki Renda Nugraha*

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017021004

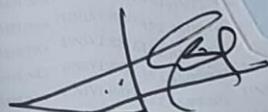
Jurusan/ Program Studi : Biologi/ S1

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

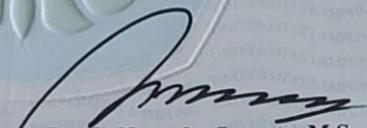
Bandarlampung, 25 Maret 2024

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

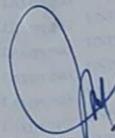


Drs. Tugiyono, M. Si., Ph.D.
NIP. 1964111919990031001



Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.
NIP. 196103111988031001

1. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

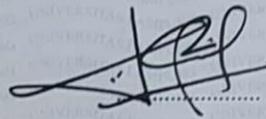


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

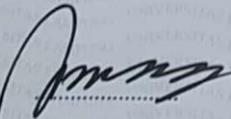
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

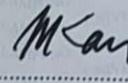
Ketua : Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.



Sekretaris : Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc.



Penguji Utama : Drs. M. Kanedi, M.Si.

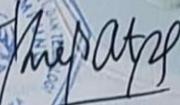


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 7 Maret 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dwiki Renda Nugraha

NPM : 2017021004

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 25 Maret 2024

Yang Menyatakan



Dwiki Renda Nugraha

NPM. 2017021004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Masgar, pada tanggal 16 September 2003. Penulis merupakan anak kedua dari Bapak Suprayogi dan Ibu Ujjiani. Penulis beralamat di desa Bulusari, Kecamatan Bumi Ratu Nuban, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di SDN 3 Bumi Agung pada tahun 2009. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Terbanggi Besar pada tahun 2015.

Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikannya di MAN 1 Lampung Tengah. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Keterampilan Dasar Lab, Biologi Perkembangan Hewan, Ekologi, Ekologi Perairan dan Analisis Dampak Lingkungan. Penulis juga aktif di organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai Anggota Biro Dana dan Usaha (DANUS) di tahun 2020-2021, dan Kepala Biro Dana dan Usaha (DANUS) di tahun 2021-2022.

Pada bulan Januari-Februari 2023 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, dengan judul “Teknik Pembenihan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung”. Penulis mengikuti MBKM Riset di Dept. *Research and Development*, PT. Great Giant Pineapple dari Maret

hingga Mei 2023. Kemudian, pada bulan Juli-Agustus 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Babakan Loa, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

MOTTO

*“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”
(QS Ar Rad 11)*

*“Terkadang orang dengan masa lalu paling kelam akan menciptakan masa depan paling cerah.”
(Umar bin Khattab)*

*“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa.”
(Ridwan Kamil)*

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirabbil 'alamin, dengan menghaturkan syukur dan pujian setinggi-tingginya kepada Allah Tuhan semesta alam yang telah memberikan kesehatan, kemampuan, ketabahan, dan kekuatan serta pertolongannya diarah yang tidak disangka-sangka kepadaku

Sholawat beribu sholawat telah terlimpahkan kepada junjungan dan suri tauladan segala umat manusia, kekasih Allah dan utusanNya yang teramat mulia, Baginda Nabi Muhammad SAW yang kelak kurindukan syafaatnya dan pertemuannya nanti di yaumul mahsyar nanti.

Kupersembahkan kerja keras selama berbulan-bulan dalam bentuk karya kecil ini kepada kedua orang tuaku dan kakakku yang selalu memberikan semangat, cinta, kasih sayang dan tak lupa doa.

Teman, kolega, saudara dan orang-orang terkasih yang tidak pernah luput untuk selalu membantu dan menolong dalam setiap keadaan hidupku.

Serta

Kepada Unila, almamater Tercinta.

SANWACANA

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan, ketabahan, serta petunjuk dan tuntunan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan dan suri tauladan seluruh umat manusia, Nabi Muhammad SAW. Semoga kita menjadi umatnya yang mendapat pertolongannya di hari akhir kelak.

Skripsi dengan judul **“STRUKTUR KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS AIR SUNGAI WAY AWI BANDARLAMPUNG”** dibuat sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana sains (S.Si) di jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Dengan terselesaikannya Skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Suprayogi dan Ibu Ujjiani, serta Kakak M. Rizky Arief, A.Md., yang telah berjuang untuk membesarkan, mengasuh, membimbing, mengayomi, dan memberikan kasih sayang. Memberikan dukungan dan tak pernah lupa untuk selalu mendoakan setiap langkah hidup yang penulis ambil.
2. Bapak Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D., selaku dosen pembimbing I atas waktu dan tenaganya yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan, saran dan kritik kepada penulis dalam proses penelitian serta penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. G. Nugroho Susanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, kritik, dan saran dalam penulisan skripsi ini.

4. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan motivasi, saran, bimbingan, serta semangat kepada penulis sehingga dapat diselesaikannya skripsi ini dengan baik.
5. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang telah dianggap orang tua sendiri oleh penulis atas pertolongan, nasihat yang baik, dukungan serta selalu ada saat penulis mengalami kendala dalam perkuliahan juga selalu memberikan motivasi sekaligus teman berbagi cerita.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA, IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Kepada teteh Soleha, Mas Fajar, ibu Rusnah, S.E. dan pak Tamrinsyah serta keluarga besar Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terimakasih telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, nasihat, dan bantuan kepada penulis.
11. Kepada ayuk-ayuk penulis di kampus, Fadhillah Laillatul Zahra, Raisa Rahmi Putri Asrul Rusadi, Salma Salsabila, Annisa Nurul Sa'diah, dan Tazranisa Indy Irawan, yang selalu memberikan bantuan, motivasi, semangat dan tempat untuk berkeluh kesah. Terima kasih telah membersamai penulis dan membantu penulis selama menyelesaikan penelitian.
12. Kepada Evita Wulandari, S.Si., Muhammad Yusuf Al-faza, Berti Krisnawati Yusuf, Lilis Nuraini, S.Si., yang sudah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung sampai menyusun dan menyelesaikan karya tulis serta menemani penulis dalam

menjalankan masa-masa perkuliahan. Semoga kalian selalu sukses dalam menggapai cita-cita terbaik kalian.

13. Kepada teman-teman penelitian Annisa Nurul Sa'diah, Tina Pertiwi, Salsabila Maharani, dan Oktavia Nanda Putri yang sudah selalu semangat dalam menyelesaikan penelitian.
14. Teman-teman PETJAH (Gitta, Jean, Muti, Aulia, Rio, Shelby, Ucup, Raisa, Salma, Dhila, Among, Nispong, Salmat). Terima kasih karena sudah menemani penulis saat menjadi mahasiswa baru.
15. Teman-teman seperjuangan Biologi 2020, terima kasih atas kebersamaan, pengalaman, bantuan, dukungan, dan kisah yang telah kalian berikan selama di Jurusan Biologi. Semoga kita semua bisa sukses sesuai cita-cita masing-masing dan bermanfaat bagi lingkungan sekitar.
16. Kepada adikku angkatan 2021, 2022, dan 2023 semangat untuk kegiatan kuliah, organisasi dan semua kegiatan produktif kalian semua. Jaga diri kalian, dan semangat untuk menyusun masa depan yang indah. Doa kakak selalu bersama kalian.

Semoga Allah SWT memberikan keberkahan dan membalas kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 25 Maret 2024

Penulis,

Dwiki Renda Nugraha

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Kerangka Pikir	4
1.5 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sungai	6
2.2 Bioindikator	7
2.3 Makrozoobentos.....	8
2.4 Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan.....	9
2.5 Struktur Komunitas.....	10
2.5.1 Indeks Keanekaragaman.....	11
2.5.2 Indeks Kelimpahan.....	11

2.5.4	Indeks Dominansi	12
2.5.5	Indeks Kekayaan Jenis	13
2.6	Pencemaran Air	14
2.7	Parameter Fisika dan Kimia Perairan dan Pengaruhnya terhadap Kehidupan Makrozoobentos	15
2.7.1	Suhu	15
2.7.2	Derajat Keasaman (pH)	15
2.7.3	Oksigen Terlarut atau <i>Disolved Oxygen</i> (DO).....	16
2.7.4	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	16
2.7.5	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	16
2.7.6	<i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	17
III.	METODE PENELITIAN.....	18
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2	Alat dan Bahan.....	18
3.3	Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.3.1	Stasiun Penelitian	19
3.3.2	Pengambilan Sampel	21
3.4	Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Secara <i>in situ</i> dan <i>ex situ</i>	21
3.4.1	Pengukuran Suhu.....	22
3.4.2	Pengukuran Potensial Hidrogen (pH).....	22
3.4.3	Pengukuran Oksigen Terlarut (DO).....	22
3.4.4	Pengukuran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	23
3.4.5	Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	23
3.4.6	Pengukuran <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	24
3.5	Analisis Data.....	24
3.5.1	Indeks Kelimpahan	24
3.5.2	Indeks Keanekaragaman.....	24
3.5.3	Indeks Keseragaman.....	25
3.5.4	Indeks Dominansi	26
3.5.5	Indeks Kekayaan Jenis	27
3.5.6	Hubungan antara Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Parameter Fisika serta Kimia.....	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	29

4.1 Hasil	29
4.1.1 Parameter Biologi.....	29
4.1.2 Parameter Fisika	32
4.1.3 Parameter Kimia.....	33
4.1.4 Hubungan antara Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Parameter Fisika serta Kimia.....	34
4.2 Pembahasan.....	35
4.2.1 Parameter Biologi.....	35
4.2.2 Parameter Fisika	40
4.2.3 Parameter Kimia.....	43
4.2.4 Hubungan antara Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Parameter Fisika serta Kimia.....	48
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Tempat Analisis Yang Digunakan Dalam Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan.....	22
2. Penentuan Status Mutu Perairan (Iswanti <i>et al</i> , 2012).....	25
3. Penentuan Indeks Keceragaman (Fajri, 2013)	26
4. Penentuan Indeks Dominansi (Kuncoro dan Mudrajat, 2004).....	26
5. Penentuan Indeks Kekayaan Jenis (Santosa <i>et al</i> , 2008)	27
6. Interval Korelasi dan Tingkat Hubungan Antar Faktor (Sugiyono dan Eri, 2004)	28
7. Hasil Analisis Nilai Indeks Kelimpahan Makrozoobentos	30
8. Hasil Analisis Nilai Indeks Keanekaragaman, Indeks Keceragaman, Indeks Dominansi, dan Indeks Kekayaan Jenis Makrozoobentos	31
9. Hasil Pengukuran Parameter Fisika di Sungai Way Awi Bandarlampung	33
10. Hasil Pengukuran Parameter Kimia di Sungai Way Awi Bandarlampung	33
11. Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Parameter Fisika serta Kimia	34
12. Hasil Identifikasi Makrozoobentos	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Stasiun Pengambilan Sampel di Lokasi Penelitian Sungai Way Awi Kota Bandarlampung.....	20
2. Foto Kegiatan Pengambilan Sampel.....	57
3. Perhitungan Struktur Komunitas dan Korelasi Pearson.....	60

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang penting bagi kehidupan. Air dari sungai digunakan untuk melakukan aktivitas sehari-hari, seperti kebutuhan domestik, pertanian, dan industri, bahkan seringkali untuk melestarikan ekosistem. Namun seiring berjalannya waktu, dengan meningkatnya aktivitas manusia dan faktor alam lainnya, kualitas air sungai seringkali tercemar. Sungai sebagai ekosistem perairan terbuka sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Suriawiria (2003) menyatakan kualitas air di sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu penggunaan lahan, pola pemukiman, kegiatan pertanian dan industri di sekitar sungai. Terdapat beberapa sungai di Provinsi Lampung yang belakangan ini mengalami permasalahan aktivitas penduduk, salah satunya akibat limbah rumah tangga dan aktivitas komersial dan industri, serta industri kecil, menengah, dan besar.

Penurunan kualitas air merupakan masalah serius yang mempengaruhi ekosistem perairan. Pemantauan dan evaluasi kualitas air yang efektif membutuhkan pendekatan yang dapat memberikan informasi yang akurat dan dapat diandalkan. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penggunaan indikator biologis. Bioindikator adalah organisme yang memberikan petunjuk tentang kondisi lingkungan melalui responnya terhadap perubahan kualitas air. Penelitian telah menunjukkan bahwa indikator biologis dapat digunakan untuk mengidentifikasi penurunan

kualitas air. Organisme bioindikator dapat memberikan informasi berharga tentang kualitas air karena bereaksi dengan cepat terhadap perubahan parameter lingkungan seperti suhu, pH, konsentrasi oksigen terlarut, dan tingkat polusi. Mereka dapat membantu mengidentifikasi dan memantau perubahan kualitas air yang dapat berdampak negatif terhadap ekosistem perairan (Smith *et al.*, 2018).

Makrozoobentos telah terbukti menjadi bioindikator yang sensitif dan berguna untuk penilaian kualitas air. Perubahan kelimpahan dan komposisi spesies makrozoobentos dapat memberikan indikasi yang jelas tentang tingkat pencemaran dan kelestarian ekosistem perairan (Zamparas *et al.*, 2020). Makrozoobentos merespon perubahan kualitas air, termasuk tingkat kontaminasi dengan bahan kimia berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan bahan organik terlarut. Mereka dapat mengalami perubahan kelimpahan dan keragaman spesies, serta perubahan komposisi taksonomi. Hal ini disebabkan perbedaan toleransi terhadap polutan dan kemampuan makrozoobentos untuk mengumpulkan dan mengakumulasi polutan dari lingkungan perairan. Dengan mempelajari struktur komunitas dan kelimpahan makrozoobentos, dapat diperoleh indikasi yang kuat tentang luasnya pencemaran air dan dampaknya terhadap ekosistem perairan.

Kajian tentang keanekaragaman organisme makrozoobentos pada suatu lingkungan perairan yang dilakukan oleh peneliti terdahulu menunjukkan bahwa setiap badan air memiliki permasalahan pencemaran air yang berbeda-beda, dimana komposisi struktur organisme makrozoobentos dapat dijadikan sebagai bioindikator. Penelitian Wijayanti *et al* (2019) mengamati struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Citarum, Jawa Barat dan mengaitkannya dengan kualitas air. Hasil analisis komposisi dan kelimpahan makrozoobentos dapat digunakan sebagai indikator kualitas air yang menggambarkan pencemaran di Sungai Citarum. Kajian lebih lanjut tentang keanekaragaman makrozoobentos di Sungai Way Kedamaian

Bandarlampung tahun 2019 menunjukkan adanya 2 kelas makrozoobentos yaitu kelas Gastropoda yang terdiri dari famili Lymnaeidae dan Physidae dan kelas Oligochaeta dari famili Tubificidae yang masing-masing terdapat dalam jumlah besar (Ramadini, 2019). Keadaan Sungai Way Awi yang berada di tengah Kota Bandarlampung dengan pemukiman masyarakat yang cenderung padat menyebabkan banyak kegiatan yang menghasilkan limbah perairan. Namun masih sedikit informasi data mengenai keberadaan makrozoobentos di Sungai Way Awi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas pencemaran air di Sungai Way Awi Kota Bandarlampung, Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Way Awi Bandarlampung.
2. Menentukan tingkat pencemaran air berdasarkan struktur komunitas makrozoobentos.
3. Menganalisis hubungan kualitas fisika-kimia perairan terhadap struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Way Awi Bandarlampung.

1.3 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai tingkat pencemaran sungai sesuai dengan parameter biologi (struktur komunitas makrozoobentos), dan data yang diperoleh dapat digunakan untuk sebagai indikator kualitas perairan di Sungai Way Awi Bandarlampung.

1.4 Kerangka Pikir

Letak Sungai Way Awi yang berada di kawasan Metropolis kota Bandarlampung yang padat penduduk secara tidak langsung meningkatkan potensi terjadinya pencemaran dan penurunan kualitas air sungai. Hal ini tentunya dapat menimbulkan kerusakan ekosistem perairan yang mempengaruhi struktur kehidupan biota air, khususnya makrozoobentos di lingkungan perairan tersebut. Penurunan jumlah dan komposisi organisme tersebut merupakan pertanda adanya gangguan fisik, kimia atau biologi dari perairan tersebut.

Pembuangan limbah secara masif ke Sungai Way Awi dapat menyebabkan penurunan kualitas air sungai, sehingga terjadi perubahan keseimbangan ekosistem abiotik dan biotik. Makrozoobentos sebagai indikator biologis pencemaran air karena kelompok ini mudah diidentifikasi dan peka terhadap perubahan lingkungan di perairan. Makrozoobentos merupakan hewan yang menghabiskan sebagian atau seluruh hidupnya di dasar perairan. Komposisi dan keanekaragaman fauna makrozoobentos bergantung pada toleransi dan kepekaannya terhadap perubahan lingkungan. Bahan organik yang terdapat di dasar perairan Sungai Way Awi berasal dari berbagai aktivitas di sekitar daerah aliran sungai. Kandungan bahan organik sangat erat kaitannya dengan kelimpahan makrozoobentos terutama sebagai sumber nutrisinya. Hal ini menunjukkan ketersediaan bahan organik pada substrat akan mempengaruhi kelimpahan makrozoobentos.

Struktur dan karakteristik substrat sungai seperti jenis batuan, ukuran partikel, dan teksturnya memiliki peran kunci dalam menentukan tempat tinggal dan ketersediaan makanan bagi makrozoobentos. Substrat yang berbeda dapat mempengaruhi kelimpahan dan komposisi makrozoobentos, karena beberapa spesies lebih memilih atau mampu beradaptasi dengan jenis substrat tertentu. Selain itu, jika terjadi pencemaran sungai, perubahan dalam kualitas air seperti peningkatan kadar polutan dan penurunan oksigen dapat berdampak langsung terhadap kelimpahan dan keragaman

makrozoobentos. Organisme ini sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan dan dapat berperan sebagai indikator awal pencemaran sungai. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana substrat memengaruhi keberadaan makrozoobentos menjadi esensial dalam mengkaji dampak pencemaran sungai terhadap ekosistem perairan Sungai Way Awi. Keseluruhan penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam tentang kompleksitas interaksi antara substrat, pencemaran, dan keberadaan makrozoobentos, yang pada gilirannya dapat digunakan sebagai landasan untuk upaya pelestarian ekosistem sungai yang penting di lingkungan urban.

1.5 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat perbedaan signifikan dalam struktur komunitas makrozoobentos antara lokasi yang berbeda di Sungai Way Awi, yang dapat disebabkan oleh variasi dalam tingkat pencemaran air di setiap lokasi.
2. Tingkat pencemaran air di Sungai Way Awi Bandarlampung dapat ditentukan secara relatif melalui analisis struktur komunitas makrozoobentos.
3. Kondisi fisika-kimia perairan mempengaruhi komposisi dan kelimpahan makrozoobentos di Sungai Way Awi Bandarlampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai adalah air tawar dari sumber alami yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan bermuara atau mengalir ke laut, danau, atau sungai besar. Sungai adalah saluran yang terbentuk secara alami yang tidak menyimpan air tetapi mengarahkan air dari hulu (sumber) ke hilir (muara) (Juliandar *et al.*, 2021). Sungai adalah saluran terbuka yang terbentuk secara alami di permukaan bumi, tidak hanya untuk menyimpan air, tetapi juga untuk mengalirkannya ke hulu, hilir, dan muara (Junaidi, 2014). Dikenal dua kategori sungai, yaitu habitat air tergenang (lotik) seperti danau, rawa, kolam dan habitat air mengalir (lentic) seperti mata air, anak sungai atau sungai (Odum, 1996). Menurut Permadi *et al* (2015) arus air di bagian hulu sungai (umumnya terletak di daerah pegunungan) biasanya lebih deras dibandingkan dengan arus sungai di bagian hilir. Aliran sungai seringkali berliku-liku karena terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai.

Sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011, Sungai berperan sebagai *reservoir*, aliran air selalu berada pada posisi terendah, sehingga keadaan sungai tidak dapat dipisahkan dari keadaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Selain meningkatnya aktivitas manusia dan semakin beragamnya gaya hidup masyarakat perkotaan, perubahan penggunaan lahan juga menyebabkan penurunan kualitas air. Menurut Suriawiria (2003) pertumbuhan penduduk dan perkembangan lingkungan kota telah menyebabkan perubahan pola konsumsi masyarakat. Luas lahan yang tetap

menyebabkan tekanan lingkungan yang lebih berat. Kegiatan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup berasal dari kegiatan pertanian, industri dan rumah tangga akan menghasilkan limbah yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas air sungai. Oleh karena itu, bahan pencemar yang melebihi batas yang diperbolehkan dapat berpotensi mempengaruhi kehidupan dan lingkungan di sekitar sungai (Mohiuddin, 2019).

2.2 Bioindikator

Menurut Gerhardt (2002) bioindikator mengukur perubahan faktor biotik atau abiotik dalam suatu ekosistem yang berfokus pada organisme hidup dalam keadaan tertentu. Indikator biologis menunjukkan organisme hidup atau sekelompok organisme hidup. Ini digunakan sebagai proksi untuk memahami dan memperkirakan keadaan ekosistem secara keseluruhan. Tetapi secara lebih khusus atau lebih umum, itu adalah efek perubahan lingkungan pada habitat, bioma, atau ekosistem sebagai spesies atau kelompok spesies yang mewakili keadaan organisme hidup atau benda mati di lingkungan itu. Itu juga dapat menunjukkan organisme hidup atau kelompok organisme yang menunjukkan keragaman taksa dalam suatu wilayah atau himpunan bagian dari keanekaragaman.

Menurut Husamah dan Rahardjanto (2019) berdasarkan status makhluk hidupnya, bioindikator dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Fitoindikator. Penerapan fitoindikator memiliki beberapa manfaat, yaitu (a) menunjukkan adanya paparan polutan, (b) memudahkan identifikasi racun, (c) menjadi indikator *early warning* (peringatan dini) rusaknya lingkungan, (d) menjadi *early indicator* (indikator dini) pemulihan lingkungan, dan (e) melengkapi data analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL).
2. Zooindikator
 - a) *Keystone species* dan *endangered species*. *Keystone species* adalah spesies dimana keberadaan sebagian besar spesies lain

yang ada dalam suatu ekosistem tergantung. Jika suatu spesies *keystone* hilang atau musnah dari suatu sistem, spesies yang tergantung kepadanya juga akan hilang. *Keystone species* bisa berasal dari *top carnivores* (karnivora puncak) yang menjadi penjaga keberadaan mangsa, herbivora besar yang membentuk suatu sistem dengan spesies lain, tumbuhan tertentu yang menyokong kehidupan serangga tertentu yang menjadi mangsa burung, kelelawar yang menyebarkan biji-bijian tanaman, dan banyak lagi organisme lain. Kemudian variasi populasi hewan dapat mengindikasikan perubahan berbahaya yang disebabkan oleh pencemaran terhadap ekosistem. Perubahan kepadatan populasi dapat mengindikasikan dampak negatif terhadap ekosistem.

- b) *Bioindication* sensu lato (secara luas). Bioindikasi adalah suatu proses dimana organisme memberi sinyal terhadap peristiwa lingkungan seperti polusi udara, dan hal ini terjadi pada banyak organisme mereka terpengaruh, merasakan, dan bahkan mengubah lingkungannya.

Indikator biologis dapat dibagi menjadi dua yaitu indikator biologis pasif dan indikator biologis aktif. Bioindikator pasif adalah spesies, penghuni asli suatu habitat, yang mampu menunjukkan perubahan terukur (misalnya perilaku, mortalitas, morfologi) dalam lingkungan yang berubah dalam biotope (detektor). Sedangkan bioindikator aktif adalah spesies organisme yang sangat sensitif terhadap polutan dan dimana spesies tersebut sering dimasukkan ke dalam habitatnya untuk mendeteksi dan memberikan peringatan dini adanya kontaminasi (Trishala *et al.*, 2016).

2.3 Makrozoobentos

Menurut Sudarso dan Wardiatno (2015) makrozoobentos adalah kelompok organisme yang hidupnya terutama berlangsung di dasar badan air, baik di

epifauna (di permukaan air) maupun infauna (bersarang/tenggelam di sedimen). Organisme ini biasanya hidup di satu tempat dan memiliki mobilitas yang terbatas (Mushthofa *et al.*, 2014). Atas dasar inilah biasanya makrozoobentos dijadikan sebagai bioindikator kerusakan ekosistem perairan.

Berdasarkan tempat hidupnya, makrozoobentos dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu epifauna dan infauna. Kata dasar epi berarti letak makrozoobentos epifauna yang dapat ditemukan di permukaan substrat atau di permukaan dasar perairan. Sedangkan infauna, berarti makrozoobentos hidup di dalam atau di antara partikel-partikel substrat, baik tanah maupun sedimen lainnya (Sinaga, 2009). Makrozoobentos memiliki ukuran lebih dari 1 mm (0,04 inch) seperti cacing, annelida, moluska, sponge dan krustasea. Makrozoobentos umumnya relatif tidak aktif, memiliki ciri-ciri seperti tubuh terlindung oleh cangkang, bagian tubuh memanjang, adanya alat tubuh tambahan seperti bulu, bulu sikat dan otot-otot yang memudahkan pergerakan melalui air endapan (Nybakken, 1992).

2.4 Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan

Makrozoobentos merupakan kelompok organisme yang dapat dijadikan parameter biologi untuk menentukan status pencemaran suatu sungai. Menurut Khatri dan Tyagi (2015) invertebrata juga dapat menjadi bioindikator. Invertebrata air cenderung menjadi pemakan dasar (juga dikenal sebagai bentos atau invertebrata makro), yang hidup di dekat dasar badan air. Jenis bioindikator ini merupakan indikator yang sangat kuat untuk kesehatan daerah aliran sungai, tidak sulit dibedakan di laboratorium, dapat hidup lebih dari satu tahun, memiliki mobilitas terbatas, dan menjadi integrator kondisi ekologis. Makrozoobentos adalah invertebrata besar yang hidup di permukaan bawah atau di sedimen dasar dan relatif stabil di atas substrat. Karena sifatnya yang hidup di bawah, hewan ini terus-menerus terpapar polusi yang masuk ke badan air. Perubahan komposisi jenis dan

kepadatan makrozoobentos merupakan respon terhadap perubahan yang terjadi di perairan seperti adanya kontaminan dari aktivitas manusia. Oleh karena itu, makrozoobentos sering digunakan sebagai bioindikator untuk memantau pencemaran air (Bima *et al*, 2022).

Penggunaan hewan makro sebagai indikator pencemaran organik tentu ada keuntungannya, karena ada banyak hewan yang mudah ditemukan, mudah diidentifikasi, stasioner atau menetap, dan menimbulkan respons yang berbeda terhadap kadar bahan organik (Rosenburg dan Resh, 1993).

Kekurangannya adalah sebaran makrozoobentos yang sering mengelompok dan dipengaruhi oleh faktor arus, dan kondisi substrat dasar. Selain secara biologis, pemeriksaan sampel secara fisik dan kimia juga mempunyai kelebihan yaitu waktu relatif lebih cepat sehingga hasil dapat langsung diketahui, mudah dilakukan dan praktis, serta peralatan yang dibutuhkan sederhana.

Menurut Widowati *et al* (2008) makrozoobentos merupakan organisme yang rentan terhadap keberadaan polutan, baik kimia maupun fisik.

Makrozoobentos dapat digunakan sebagai biomarker berdasarkan:

- a) mobilitas yang terbatas untuk memudahkan pengambilan sampel
- b) ukuran yang relatif besar untuk memudahkan identifikasi
- c) menetap di dasar perairan yang relatif tenang sehingga selalu bersentuhan dengan air di sekitarnya serta;
- d) perubahan lingkungan yang mempengaruhi keanekaragaman (*diversity*) megafauna.

2.5 Struktur Komunitas

Struktur komunitas adalah istilah ekologis untuk menunjukkan organisme apa yang ada di lingkungan tertentu, jumlah organisme, dan bagaimana mereka saling berhubungan. Struktur komunitas dapat dilihat melalui indeks ekologi yang dapat mencerminkan sifat dominansi, pemerataan, dan

kekayaan (Adey dan Karen, 2007). Struktur komunitas dan daya dukung lingkungan memberikan pengaruh yang sangat besar dalam dinamika ekosistem perairan.

2.5.1 Indeks Keanekaragaman

Menurut Kristanto (2002) keanekaragaman (*diversity*) merupakan ukuran integrasi komunitas biologi dengan menghitung dan mempertimbangkan jumlah populasi yang membentuknya dengan kelimpahan relatifnya. Keanekaragaman jenis yaitu karakteristik tingkatan dalam komunitas berdasarkan organisasi biologisnya, yang dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitasnya. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman tinggi apabila komunitas tersebut disusun oleh banyak spesies (jenis) dengan kelimpahan spesies sama dan hampir sama. Sebaliknya, apabila dalam suatu komunitas disusun oleh sedikit spesies dan jika hanya sedikit spesies yang dominan maka keanekaragaman jenisnya rendah.

Keanekaragaman diartikan sebagai bentuk variasi dari organisme yang hidup dalam suatu komunitas tertentu. Indeks keanekaragaman (*diversity* indeks) merupakan suatu model tematik yang digunakan untuk mengenal informasi mengenai jumlah spesies (Wibowo *et al.*, 2014). Menurut Iswanti *et al* (2012) nilai indeks keanekaragaman dapat digunakan sebagai pendugaan kondisi lingkungan perairan.

2.5.2 Indeks Kelimpahan

Banyaknya jumlah individu persatuan luas atau persatuan volume yang menempati wilayah tertentu atau jumlah individu suatu spesies persatuan luas atau persatuan volume disebut kelimpahan.

Kelimpahan suatu makhluk hidup dipengaruhi oleh hubungan semua

faktor fisika dan kimia, tingkat sumber daya alam yang diperoleh dari daur hidup makhluk hidup (Fajri, 2013). Berdasarkan pernyataan ini dapat disimpulkan kelimpahan merupakan banyaknya individu pada suatu area tertentu dalam suatu komunitas.

2.5.3 Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman merupakan visualisasi dari sifat organisme yang hidup dalam suatu komunitas di waktu tertentu. Indeks keseragaman digunakan untuk menghitung pemerataan individu tiap spesies dalam suatu komunitas. Semakin kecil indeks keseragaman maka semakin kecil juga keseragaman dalam populasi. Semakin besar indeks keseragaman maka terjadi pemerataan jumlah individu tiap spesies dalam suatu populasi (Fajri, 2013).

Menurut Kuncoro dan Mudrajat (2004) keseragaman hewan benthos dalam suatu perairan dapat diketahui dari indeks keseragamannya. Maka semakin kecil nilai indeks keseragaman organisme maka penyebaran tiap jenis individu tidak sama, ada kecenderungan didominasi oleh spesies tertentu. Nilai indeks keseragaman (E) sekitar 0-1 yang memiliki arti semakin besar indeks keseragamannya maka menunjukkan kondisi komunitas yang stabil. Komunitas yang stabil ditunjukkan oleh ekosistem yang memiliki keseragaman tinggi. Kemudian, semakin kecil nilai indeks keseragaman maka menunjukkan adanya kondisi komunitas yang tertekan dan menunjukkan ekosistem tersebut memiliki keseragaman rendah.

2.5.4 Indeks Dominansi

Dominansi (C) merupakan penggambaran mengenai perubahan struktur dan komunitas suatu perairan untuk mengetahui suatu sistem

komunitas serta efek gangguan pada komposisi, struktur, dan laju pertumbuhannya. Indeks dominansi adalah penggambaran kondisi dimana suatu komunitas didominasi oleh suatu organisme tertentu. Penentuan nilai indeks dominansi (C) dilakukan dengan cara metode perhitungan rumus indeks dominansi Simpson. Jika nilai indeks dominansi $0 < C \leq 0,5$ maka tidak ada genus yang mendominasi dan jika nilai indeks dominansi $0,5 < C < 1$ maka terdapat genus yang mendominasi. dominansi dapat diketahui dengan menghitung indeks dominansinya. Nilai indeks dominansi yang tinggi menyatakan konsentrasi dominansi yang rendah, dimana tidak ada jenis yang mendominasi komunitas tersebut. Apabila nilai indeks dominansi tinggi maka suatu komunitas tersebut didominasi oleh jenis tertentu, dan jika nilai indeks dominansi rendah maka tidak ada komunitas yang mendominasi. Apabila terjadi dominansi suatu jenis bentos maka dapat diindikasikan perairan tersebut dalam kondisi tercemar sehingga hanya jenis tertentu saja yang bisa beradaptasi pada kondisi perairan tersebut dominansi jenis suatu organisme salah satu indikator untuk menilai kualitas suatu perairan (Kuncoro dan Mudrajat, 2004).

2.5.5 Indeks Kekayaan Jenis

Indeks kekayaan jenis adalah untuk mengetahui jumlah jenis (spesies) dalam komunitas, semakin banyak jumlah jenis yang ditemukan dalam komunitas, maka semakin tinggi pula indeks kekayaan jenisnya. Analisis Indeks kekayaan jenis dihitung dengan menggunakan indeks Margalef (Dmg) dan Indeks Kekayaan jenis Simpson (Dmax). Hal tersebut dimaksudkan untuk perbandingan nilai indeks kekayaan jenis berdasarkan Margalef dan Simpson (Wahyuningsih *et al.*, 2019).

2.6 Pencemaran Air

Aktivitas suatu ekosistem selalu memberi pengaruh pada ekosistem yang lain. Manusia merupakan salah satu komponen penting. Manusia seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan yang mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Pencemaran air yang dapat menyebabkan pengaruh berbahaya bagi organisme, populasi, komunitas, dan ekosistem. Pengaruh yang diakibatkan oleh pencemar perairan tergantung bahan pencemarnya (polutan). Pencemaran merupakan perubahan negatif yang terjadi pada salah satu komponen lingkungan hidup. Secara keseluruhan atau sebagian, itu hasil dari aktivitas vital dan industri manusia. Ini dimulai dengan perubahan energi, tingkat radiasi, dan perubahan biologis, fisik, dan kimiawi yang tidak diinginkan di biosfer, tempat semua makhluk hidup lainnya hidup. Perubahan tersebut secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi keseimbangan ekologis melalui makanan, udara, air dan berbagai produk pertanian. Bahan pencemar lingkungan banyak dan beragam sumbernya, serta memiliki arti dan pengaruh yang berbeda-beda (Rashid, 2017).

Sumber daya air mengalami berbagai bentuk pencemaran. Jika polusi air terus meningkat, ini akan segera menyebabkan penipisannya. Ada 88 negara berkembang yang menjadi penyebab 40% populasi dunia. Kekurangan air merupakan hambatan yang serius karena pembangunan sosial dan ekonominya. Jumlah manusia di dunia dan keberagaman aktivitasnya, jumlah air tawar yang dikonsumsi untuk keperluan yang berbeda-beda semakin meningkat. Polusi air dihasilkan dari pembuangan padatan dan bahan organik pengonsumsi oksigen yang sebagian besar berasal dari selokan kota yang tidak diolah dan saluran industri, di mana penyebaran polutan terpapar. Salah satu jenis pencemaran air adalah pencemaran termal, yang dihasilkan dari mengalirnya pembangkit listrik, pabrik, dan air pendingin ke aliran air, menyebabkan suhu tinggi dan ketidakseimbangan lingkungan air. Setiap sumber pencemaran akan mengeluarkan bahan

pencemar yang berlainan, baik jenis, jumlah dan pengaruh yang akan ditimbulkan. (Al-Taai, 2021).

2.7 Parameter Fisika dan Kimia Perairan dan Pengaruhnya terhadap Kehidupan Makrozoobentos

2.7.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang berperan penting dalam pengendalian ekosistem perairan. Organisme perairan memiliki kisaran suhu yang berbeda dalam menunjang pertumbuhan hidupnya. Peningkatan suhu perairan sebesar 10 °C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen organisme akuatik sekitar 2-3 kali, untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu yang disukai bagi pertumbuhannya. Makin tinggi kenaikan suhu air, maka makin sedikit oksigen yang terkandung di dalamnya. Suhu yang berbahaya bagi makrozoobentos adalah yang lebih dari 35 °C (Retnowati, 2003).

2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Nilai indeks pH yang optimum dalam perairan adalah 7. Apabila nilai $\text{pH} < 7$ kondisi perairan menunjukkan sifat asam, sedangkan nilai $\text{pH} > 7$ perairan bersifat basa. Nilai pH dapat digunakan sebagai pengatur keseimbangan unsur dalam perairan sehingga dapat digunakan sebagai indikator kehidupan vegetasi air (Asdak, 2010). Batas toleransi organisme perairan terhadap pH bervariasi tergantung jenis dan stadia organisme. Makrozoobentos memiliki batas toleransi yang berbeda-beda dan nilai pH optimum bagi makrozoobentos berkisar antara 6,5-8 (Barus, 2004).

2.7.3 Oksigen Terlarut atau *Disolved Oxygen (DO)*

Menurut Syahrul *et al* (2021), oksigen terlarut merupakan faktor penting untuk menentukan kualitas perairan. Oleh karena itu, penurunan kadar oksigen terlarut didalam air merupakan indikasi kuat terjadinya pencemaran. Kandungan oksigen terlarut yang baik untuk organisme akuatik tidak kurang dari 4-5 ppm. Keberadaan oksigen terlarut didalam substrat sangat berkurang. Tingginya kandungan bahan organik dan tingginya populasi bakteri pada sedimen menyebabkan besarnya kebutuhan akan oksigen terlarut (Retnowati, 2003).

2.7.4 *Total Suspended Solid (TSS)*

Menurut Rinawati *et al* (2016) *total suspended solid* adalah padatan dalam air, termasuk partikel tanah (tanah liat, lumpur, dan pasir), alga, plankton, dan zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0.004 mm (tanah liat) sampai 1.0 mm (pasir). TSS paling banyak berasal dari limbah rumah tangga, kegiatan industri dan pertanian. Partikel yang dapat menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri atas fitoplankton, zooplankton, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah industri (Yuliasuti, 2011).

2.7.5 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Limbah rumah tangga dan industri merupakan sumber utama limbah

organik dan merupakan penyebab utama tingginya konsentrasi COD, selain itu limbah peternakan juga menjadi penyebab tingginya konsentrasi COD (Utami, 2011). Oksigen kimia diperlukan dalam air untuk menguraikan bahan organik.

2.7.6 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan indikator pencemaran organik yang paling banyak digunakan untuk mengandalkan kualitas air atau untuk menilai kepekatan limbah atau beban pencemaran. BOD dapat digunakan sebagai indikator dalam menentukan kelimpahan bahan organik dalam air, dengan catatan selama berlangsungnya metabolisme bahan organik mikroorganisme mengkonsumsi oksigen. Perairan dengan nilai BOD melebihi 10 mg/L dianggap telah mengalami pencemaran (Effendi, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Way Awi Bandarlampung yang dibagi menjadi lima stasiun pengambilan sampel yang telah ditentukan yaitu pada bagian hulu, tengah dan hilir Sungai Way Awi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2023 hingga Desember 2023. Pengambilan sampel di Sungai Way Awi Bandarlampung dilakukan pada bulan November 2023, persiapan penelitian dilakukan pada bulan Oktober hingga November 2023.

Identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung serta analisis data dilakukan pada bulan November 2023 hingga Desember 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Ekman grab, saringan Bentos bertingkat, kantong plastik, pH meter, termometer, ember, mikroskop Olympus CX41, loup, gelas objek, petridish, botol plastik gelap (jerigen), DO meter AZ-8403, kamera gawai Samsung A71, tali, buku identifikasi (*Fresh Water Biology*), label, dan *ice box*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: sampel air pada titik stasiun sampling, sampel bentos, formalin 40%.

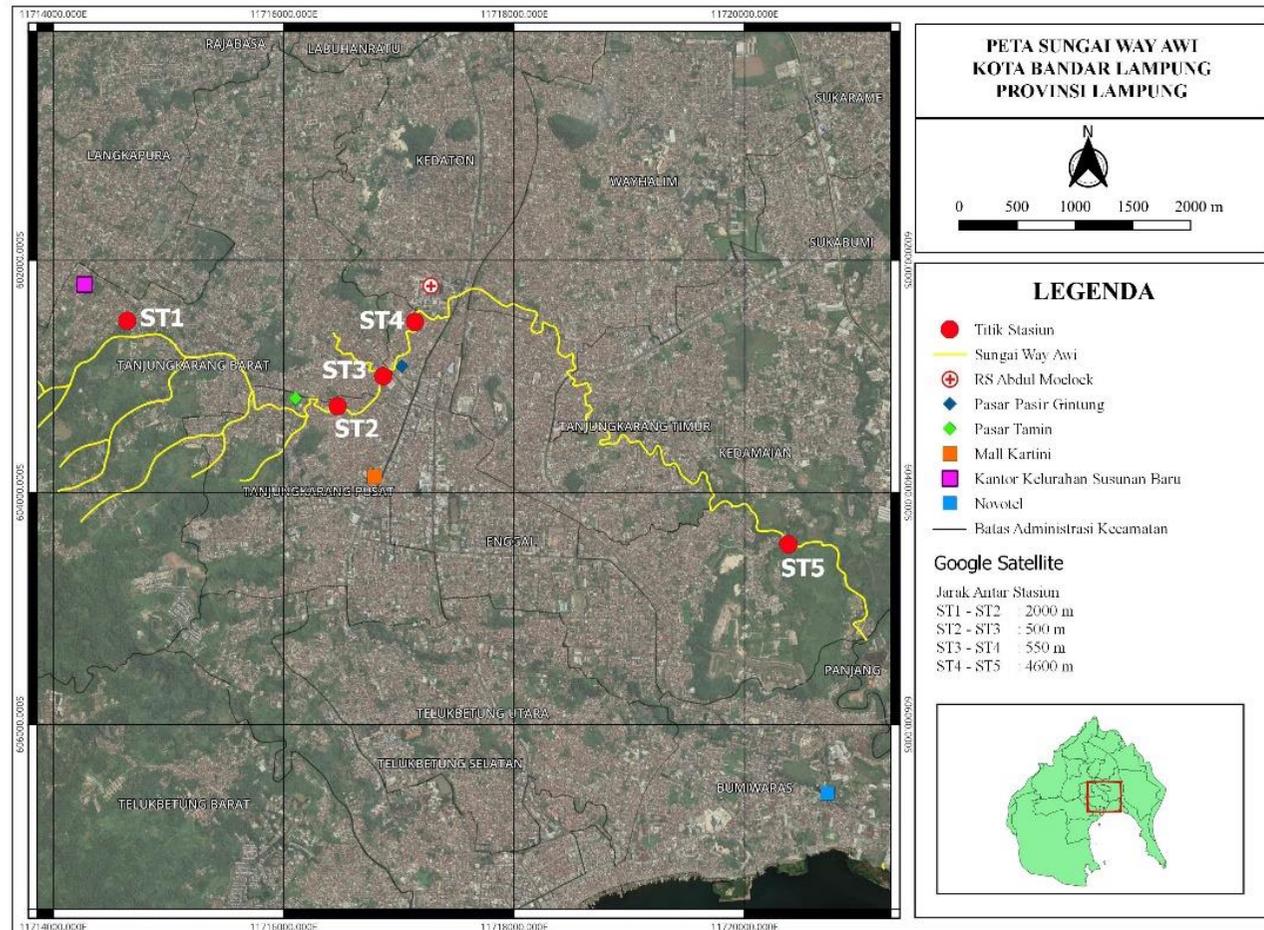
3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian menggunakan metode survei dalam penentuan titik pengambilan sampel yang didasarkan adanya pertimbangan penggunaan tata guna lahan yang berbeda. Pada penelitian ini pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan menggunakan ekman grab dengan luas 30 x 30 cm. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap stasiun di tiga titik pengambilan yaitu tepi kiri, tengah dan kanan sungai. Proses pengambilan sampel air dilakukan oleh teknisi lapangan dari Laboratorium Syslab. Sampel yang di analisis secara *in situ* meliputi suhu, pH dan DO. Sedangkan sampel yang dianalisis di Laboratorium Syslab meliputi TSS, COD, dan BOD. Sampel makrozoobentos yang sudah diambil kemudian diidentifikasi di Laboratorium Zoologi FMIPA Universitas Lampung.

3.3.1 Stasiun Penelitian

Penentuan lokasi dilakukan sepanjang Sungai Way Awi berdasarkan peta administrasi dan pengambilan titik koordinat menggunakan GPS (Gambar 1). Adapun 5 titik stasiun pengambilan sampel sebagai berikut:

1. Stasiun 1 (ST1) Hulu Sungai Way Awi, Kelurahan Susunan Baru (S : 05° 24' 16", T : 105° 14' 04").
2. Stasiun 2 (ST2) Tengah Sungai Way Awi, Segmen Kota Bandarlampung, setelah Pasar Tamin (S : 05° 24' 55", T : 105° 15' 07").
3. Stasiun 3 (ST3) Tengah Sungai Way Awi, Segmen Kota Bandarlampung, sekitaran Pasar Pasir Gintung (S : 05° 24' 55", T : 105° 15' 16").
4. Stasiun 4 (ST4) Tengah Sungai Way Awi, Segmen Kota Bandarlampung, sekitar RS Abdul Moeloek (S : 05° 24' 16", T : 105° 15' 24").
5. Stasiun 5 (ST5) Hilir Sungai Way Awi, sebelum pertemuan dengan aliran Sungai Way Garuntang (S : 5° 25' 18.6" T : 105° 17' 08.8").



Gambar 1. Peta Stasiun Pengambilan Sampel di Lokasi Penelitian Sungai Way Awi Kota Bandar Lampung

3.3.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel makrozoobentos menggunakan ekman grab pada lima stasiun yang telah ditentukan. Pada setiap stasiun diambil tiga titik pengambilan yaitu tepi kanan, tengah, dan kiri sungai. Sampel sedimen yang diperoleh pada setiap titik pengambilan dicampur kemudian dimasukkan kedalam wadah plastik untuk dilakukan penyaringan. Penyaringan dilakukan di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung menggunakan saringan bertingkat, kemudian dilakukan identifikasi makrozoobentos menggunakan buku identifikasi. Sampel air untuk pengukuran fisika dan kimia air juga diambil dari stasiun pengambilan sampel makrozoobentos.

3.4 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Secara *in situ* dan *ex situ*

Pengambilan sampel air untuk parameter fisika-kimia air diambil secara langsung di stasiun penelitian bersama tim dari Laboratorium Syslab Kota Bandarlampung. Air diambil pada bagian tengah secara langsung dengan jerigen 1 liter yang dimasukkan pada arah berlawanan arus ke dalam sungai. Jerigen diisi hingga penuh dan ditutup pada saat di dalam air untuk meminimalisir masuknya udara luar ke dalam botol sampel. Kemudian sampel air yang telah diambil di uji di Laboratorium Syslab. Parameter fisika yang diamati adalah suhu dan TSS, sedangkan parameter kimia yang diamati yaitu pH, DO, COD, dan BOD. Alat yang digunakan untuk mengukur parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Tempat Analisis Yang Digunakan Dalam Pengukuran Parameter Fisika Dan Kimia Perairan

Parameter	Satuan	Alat	Tempat Analisis
Fisika			
Suhu	°C	Termometer	<i>In situ</i>
TSS	mg/L	-	Laboratorium/ <i>ex situ</i>
Kimia			
pH	-	pH meter	<i>In situ</i>
DO	mg/L	DO meter	<i>In situ</i>
COD	mg/L		Laboratorium/ <i>ex situ</i>
BOD	mg/L		Laboratorium/ <i>ex situ</i>

3.4.1 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer dan termometer dicelupkan ke dalam perairan, kemudian didiamkan beberapa menit dan dicatat keterangan suhunya sesuai yang terlihat pada garis merah di termometer (Mahfudz, 2008).

3.4.2 Pengukuran Potensial Hidrogen (pH)

Pengukuran pH menggunakan pH meter yang dimasukkan kedalam perairan. Kemudian pH didiamkan beberapa saat hingga mendapatkan hasil yang terdapat pada pH meter (Akbar *et al*, 2016).

3.4.3 Pengukuran Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran DO menggunakan DO meter. Sebelum pengukuran alat ukur DO dikalibrasi terlebih dahulu sesuai dengan prosedur kerja. Pengukuran dilakukan dengan cara mencelupkan batang sensor ke perairan, kemudian didiamkan sampai nilai digital berhenti atau stabil

kemudian catat skala yang ditunjukkan dalam satuan mg/L (Rovila, 2016).

3.4.4 Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengujian dilakukan sesuai prosedur dengan tahapan menyiapkan media penyaring berupa cawan porselen yang dialasi kertas saring berpori 0,45 μm . Kertas penyaring dibilas dengan air bebas mineral 10 ml sebanyak 3 kali. Media penyaring dikeringkan dengan oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai 105°C, kemudian di dinginkan dalam desikator, dan ditimbang beratnya dengan neraca analitik.

Pengulangan dilakukan dari tahap pengeringan hingga penimbangan untuk memperoleh berat tetap. Selanjutnya disiapkan kertas saring yang telah diketahui berat tetap dan sampel uji yang telah homogen melalui pengadukan. Sampel yang homogen kemudian dipipet sebanyak 100 ml dengan pipet volumetri, dimasukkan pada kertas saring, dan dikeringkan dengan oven selama 1 jam pada 103°C sampai 105°C, kemudian di dinginkan dalam desikator, dan ditimbang beratnya dengan neraca analitik (Ranto *et al.*, 2018).

3.4.5 Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengujian dilakukan dengan mengambil sejumlah volume sampel air uji dengan pipet atau mikro buret, ditambahkan *digestion solution*, dan larutan pereaksi asam sulfat pada tabung. Tabung ditutup dan dikocok secara perlahan hingga homogen. Tabung diletakkan pada pemanas pada suhu 150°C selama 2 jam. Sampel didinginkan pada suhu ruang dan dibiarkan adanya suspensi mengendap. Sampel diuji dengan spektrometer pada panjang gelombang 600 nm (nilai COD 100 hingga 900 mg/L) atau 420 nm (nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L) (Ramadini, 2019).

3.4.6 Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pengujian dilakukan dengan cara menambahkan sejumlah sampel air uji kedalam larutan pengencer jenuh oksigen yang telah ditambah dengan larutan nutrisi dan bibit mikroba, kemudian di inkubasi dalam ruang gelap pada suhu 20°C selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut. Bahan kontrol standar dalam uji BOD menggunakan larutan glukosa asam glutamate (Ramadini, 2019).

3.5 Analisis Data

3.5.1 Indeks Kelimpahan

Menurut Fajri (2013) indeks kelimpahan makrozoobentos dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{a}{oS} \times 10.000$$

Keterangan:

n = rata-rata jumlah individu per meter persegi

O = luas tempat pengambilan sampel

a = jumlah individu yang terhitung

S = Jumlah sampel setiap stasiun pengamatan

3.5.2 Indeks Keanekaragaman

Menurut Setiawan (2009) perhitungan keanekaragaman makrozoobentos menggunakan rumus Shanon dan Wiener sebagai berikut:

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

Keterangan:

H = Indeks Keanekaragaman

p_i = Kelimpahan relative spesies (n_i/N)

n_i = Jumlah individu spesies ke-1

N = Total individu

s = Jumlah spesies

Berdasarkan rumus tersebut kriteria dari indeks keanekaragaman Shanon – Wiener ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Status Mutu Perairan (Iswanti *et al.*, 2012)

Indeks Diversitas/Komunitas	Kategori Tingkat Pencemaran
> 2,0	Tidak tercemar
1,6 – 2,0	Tercemar ringan
1,0 – 1,6	Tercemar sedang
< 1,0	Tercemar berat

3.5.3 Indeks Keseragaman

Menurut Fajri (2013) menyatakan indeks keseragaman dengan rumus

$$E = \frac{H'}{H \max}$$

Keterangan:

E = indeks keseragaman

H' = indeks keanekaragaman

$H \max = \text{Log}_2(S)$

S = jumlah jenis yang ditentukan

Kriteria tingkat keseragaman spesies berdasarkan indeks keseragaman Menurut Fajri (2013) ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Penentuan Indeks Keseragaman (Fajri, 2013)

Indeks keseragaman	Kategori
$0 < E < 0,4$	Keseragaman rendah
$0,4 < E < 0,6$	Keseragaman sedang
$0,6 < E < 1$	Keseragaman tinggi

3.5.4 Indeks Dominansi

Menurut Kuncoro dan Mudrajat (2004) menyatakan untuk melihat adanya dominansi jenis tertentu digunakan rumus indeks dominansi Sympson:

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

Keterangan:

C = Indeks dominansi

n_i = jumlah individu

N = jumlah total individu

Berdasarkan rumus tersebut kategori indeks dominansi ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Penentuan Indeks Dominansi (Kuncoro dan Mudrajat, 2004)

Indeks Dominansi	Kategori
$0,00 < C \leq 0,30$	Dominansi rendah
$0,30 < C \leq 0,60$	Dominansi sedang
$0,60 < C \leq 1,00$	Dominansi tinggi

3.5.5 Indeks Kekayaan Jenis

Indeks kekayaan jenis (*species richness*) berfungsi untuk mengetahui kekayaan jenis setiap spesies dalam setiap komunitas yang dijumpai. Menurut Santosa *et al* (2008) rumus indeks kekayaan jenis dapat ditunjukkan seperti dibawah ini:

$$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Keterangan:

D_{mg} = indeks kekayaan jenis

S = jumlah jenis

N = jumlah total individu

Tabel 5. Penentuan Indeks Kekayaan Jenis (Santosa *et al*, 2008)

Indeks Kekayaan Jenis	Kategori
$D_{mg} \leq 2,05$	Rendah
$2,05 < D_{mg} \leq 5$	Sedang
$D_{mg} \geq 5$	Tinggi

3.5.6 Hubungan antara Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Parameter Fisika serta Kimia

Untuk mengetahui korelasi antara parameter fisika dan parameter kimia dengan struktur komunitas makrozoobentos di Sungai Way Awi dianalisis dengan korelasi Pearson dengan menggunakan SPSS 26. Untuk memberikan interpretasi nilai koefisien korelasi ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Interval Korelasi dan Tingkat Hubungan Antar Faktor
(Sugiyono dan Eri, 2004)

No	Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
1	0,00 – 0,199	Sangat Rendah
2	0,20 – 0,399	Rendah
3	0,40 – 0,599	Sedang
4	0,60 – 0,799	Kuat
5	0,80 -1,000	Sangat Kuat

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ditemukan 8 genus makrozoobentos yang terbagi menjadi beberapa phylum meliputi phylum Mollusca (3 genus), phylum Arthropoda (3 genus), dan phylum Annelida (2 genus). Struktur komunitas pada kelima stasiun memiliki kondisi indeks keanekaragaman tidak mantap ($H' < 1$), indeks keseragaman sedang hingga tinggi ($0,4 < E < 1$), indeks dominansi sedang sampai tinggi ($0,30 < C < 1$) dan indeks kekayaan jenis rendah ($D_{mg} < 2,05$)
2. Berdasarkan indeks keanekaragaman pada kelima stasiun diperoleh status mutu perairan sungai tercemar berat karena nilai $H' < 1$
3. Hubungan antara struktur komunitas makrozoobentos dan parameter fisika-kimia air menunjukkan korelasi yang signifikan antara oksigen terlarut (DO) dengan indeks keseragaman dengan nilai 0,957 serta oksigen terlarut (DO) dan indeks dominansi dengan nilai -0,880

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas air di Sungai Way Awi pada musim yang berbeda. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan dan perbandingan struktur komunitas makrozoobentos antar musim.

DAFTAR PUSTAKA

- Adey, W, H., dan Karen, L. 2007. *Dynamic Aquaria Building and Restoring Living Ecosystems*. Elsevier Inc. Washington.
- Akbar, I., Wahyu, A., dan Umroh. 2016. Pola Sebaran Karang Lunak (*Soft Coral*) terhadap Kedalaman yang Berbeda di Pantai Turun Aban, Tanjung Pesona dan Rebo. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 10 (2): 14-21.
- Al-Taai, S. 2021. Water Pollution Its Causes and Effects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 790: 1-9.
- Arsitalia, M., 2022. Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Bioindikator Kualitas Air di Sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Provinsi Lampung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi*. Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. Penerbit USU Press. Medan.
- Bima, S., Izmiarti., dan Nofrita. 2022. Bioassessment Kualitas Air Dengan Menggunakan Makrozoobentos Di Sungai Batang Arau, Kota Padang. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 10(2): 70-77.
- Brehm, J, M, P, D., dan Meijering. 1990. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown. New York.
- Breitburg, D. L., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., dan Garçon, V. 2018. Declining Oxygen in The Global Ocean and Coastal Waters. *Science*, 359(6371), pp7240.
- Brönmark, C dan I., A, Hansson. 2005. *The Biology of Lakes and Ponds*. 2nd Edition. Oxford University Press Inc. New York.

- Budi, D. A., Suryono, C. A., dan Ario, R. 2013. Studi Kelimpahan Gastropoda di Bagian Timur Perairan Semarang Periode Maret – April 2012. *Journal of Marine Research*, 2(4), 56-65.
- Dafiuddin, S., dan Yulianto, Baharudin. 2017. Karakteristik Parameter Oseanografi Fisika Kimia Perairan Pulau Kerumputan Kbaupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*, 2(2): 218-228.
- Dahri, M, K, A., Ramadhan, M., dan Dijirimu. 2016. Jenis-jenis dan Keanekaragaman Bivalvia di Perairan Laut Pulau Maputi Kecamatan Sojol Kabupaten Donggala dan Pemanfaatannya Sebagai Media Pembelajaran Biologi. *Jurnal E- Jipbiol*, 4(1): 1-14.
- Diaz, R. J., dan Rosenberg, R. 2008. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science*, 321(5891): 926-929.
- Dwi, R., dan Dini, S. 2021. Keanekaragaman Jenis Mangrove di Desa Rukam Kabupaten Bangka Barat. *EnviroScintae*, 17(2): 57-61.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fachrul, M, F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fajri, N. 2013. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pantai Kuwang Wae Kabupaten Lombok Timur. *Educatio*, 8(2): 81-100.
- Ferianita. M. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Gerhardt A. 2002. *Bioindicator species and their use in bio-monitoring*. In: Environmental Monitoring, Vol. 1 (In-yang HI, Daniels JL, eds). Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Oxford.
- Ghazali, A., Suheriyanto, D., Romaidi. 2015. Makrozoobenthos Biodiversity as Bioindicator of Water Quality in Ranu Pani- Ranu Regulon, Bromo Tangger Semeru National Park. *Prosiding KPSDA*, 1(1): 86-91.
- Handayani, S. dan M. P. Patricia. 2005. Komunitas Zooplankton di Perairan Waduk Krenceng, Cilegon, Banten. *Jurnal Makara Sains*. 9 (2): 75-80.
- Husamah., dan Rahardjanto, A. 2019. *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring)*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

- Ilham, A, S., Mashuri, M., dan Rosmah. 2023. Analisis Kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) Salah Satu Sungai di Sulawesi Selatan. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 3(2): 112-116.
- Iswanti, S., Ngabekt, S., dan Martuti, N. K. T. 2012. Distribusi dan Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos di Sungai Damar Desa Weleri Kabupaten Kendal. *Jurnal Life Science*. 1(2): 86-93.
- Juliandar, M., Budi, N., Yakub, S., Didik, T., dan Andrew, G, M. 2021. Effect of River Meanders on River Morphology. *J. Phys*, 1.
- Junaidi, F, F. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai dengan Pulau Kemaro). Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3): 542-552.
- Khatri, N., dan Tyagi, S. 2015. Influences of Natural and Anthropogenic Factors on Surface and Groundwater Quality in Rural and Urban Areas. *Front Life Sci*. 8(1):23–39.
- Kuncoro dan Mudrajat. 2004. *Biologi Laut*. Erlangga. Jakarta.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Andi. Yogyakarta.
- Li, F., Wang, B., dan Wang, X. 2018. The Influence of Macrozoobenthos on Oxygen Consumption in The Overlying Water Of Sediment-Water Interface in The Shallow Lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(33): 33405-33414.
- Magurran, A, E. 2004. *Measuring biological diversity*. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, USA.
- Maharani, H, K, S., Fajar, S, F., Fitri, C. A., Putri, A, N., dan Moch, A. 2019. Komparasi Keberadaan Famili Chironomidae Pada Coban Watu Ondo Dan Aliran Air Panas Cangat. *Artikel Pemakalah Paralel*: 349-353.
- Mahfudz. S. 2008. Pengukur Suhu dan pH Air Tambak Terintegrasi dengan Data Logger. *Jurnal EECCIS*, 2(1): 22-25.
- Mohiuddin, A, K. 2019. Chemical Contaminants and Pollutants in the Measurable Life of Dhaka City. *European Journal of Sustainable Development Research*. 3(2): 88-92.
- Munandar, A., Muhammad, S, A., dan Sofyatuddin, K. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di 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., dan Rudiyantri, S. 2014. Analisis Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Journal Maquares Management of Aquatic Resources*, 3(1): 81-88.
- Mustofa, A. 2018. The Effect of *Total Suspended Solids* on Macrozoobenthos Biodiversity on Telukawur Beach, Jepara Regency. *Disprotek Journal*, 9(1): 37-45.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. Jakarta.
- Odum, E, P. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Diterjemahkan oleh Tjahjono Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Oktarina, A., dan Tati, S, S. 2015. Keanekaragaman dan Distribusi Makrozoobenthos di Perairan Lotik dan Lentik Kawasan Kampus Institut Teknologi Bandung, Jatinangor Sumedang, Jawa Barat. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 1(2): 227-235.
- Permadi, L., Indrayanti, E., dan Rochaddi, B. 2015. Studi Arus Pada Perairan Laut Di Sekitar Pltu Sumuradem Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 4(2): 116387.
- PP RI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2011. *PP Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai*. Jakarta.
- Prahitama, A. 2013. Estimasi Kandungan DO (Dissolved Oxygen) di Kali Surabaya dengan Metode Kringing. *Statistika*, 1(2): 9-14.
- Pramesthy, T, D., Wardiatno, Y., dan Krisanti, M. 2014. Deformitas Ligula Larva Tanypodinae sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Danau Lido, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(2): 74-79.
- Pratap. H. B., B. Mwakisunga, J. F. Machiwa. 2020. Assessment of Sediment and Benthic Macrofauna Distribution at Dar es Salaam Harbour. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8(3).

- Pretty, J. L., Smith, C. E., Richardson, J. S., dan Maberly, S. C. 2018. Effects of Low Dissolved Oxygen on Aquatic Organisms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(2): 101-108.
- Ramadani, Lestari. 2019. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air di Sungai Way Kedamaian Bandar Lampung. *Skripsi*. UIN Raden Intan. Lampung.
- Ramayanti, D., dan Ulil, A. 2019. Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1): 16-21.
- Ran, Z., Qin, X., Peng, S., Shi, H., dan Deng, S. 2014. Survey of Macrobenthos in Bohai Bay and Correlation with Environmental Factors. *Acta Ecologica Sinica*, 64(1): 50-58.
- Ranto, H. P., Mubarak., dan Musrifin, G. 2018. Distribution of Total Suspended Solid (TSS) In The Estuary of Kampar River District of Pelalawan Riau Province. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 23 (1): 21-30.
- Rashid, S. 2017. The Effects of the Economic Problems of Environmental Pollution in Iraq and Ways to Address Them. *Al-Mustansiriya Journal for Arab and International Studies*, 14: 103.
- Razky, Y. I., Dewiyanti, C., dan Octavina. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobentos Dibeberapa Muara Sungai Kecamatan Susoh Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Unsyiah* Halaman 295.
- Retnowati, D. N. 2003. Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Beberapa Parameter Fisika Kimia Perairan Situ Rawa Besar, Depok, Jawa Barat. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Reiss, J., Bridle, J. R., Montoya, J. M., dan Woodward, G. 2019. Emerging Horizons in Biodiversity and Ecosystem Functioning Research. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(12): 1069-1079.
- Resh, V. H., Bêche, L. A., McElravy, E. P., dan Chauvet, E. 2013. The Role of Disturbance in Stream Ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 32(4): 752-775.

- Ridwan, M., Fathoni, R., Fatihah, I., dan Pangestu, D. A. 2016. Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Empat Muara Sungai Cagar Alam Pulau Dua, Serang, Banten. *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi*, 9(1): 57–65.
- Rinawati, H, D., Suprianto, R., dan Dewi, P, S. 2016. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1): 36-46.
- Riniatsih, Ita. Edi, Wibowo, Kushartono. 2009. *Substrat Dasar dan Parameter Oseanografi Sebagai Substrat Dasar dan Parameter Oseanografi sebagai Penentu Keberadaan Gastropoda dan Bivalviadi Pantai Sluke Kabupaten Rembang*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rosenburg, D, M, dan Resh, V, H. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall. New York. London.
- Rovila. 2016. *Analisis Sebaran Kadar Oksigen (O²) dan Kadar Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen) dengan Menggunakan Data In Situ dan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus Wilayah Gili Iyang Kabupaten Sumenep)*.
- Ruswahyuni, 2010. Populasi dan Keanekaragaman Hewan Makrobenthos pada Perairan Tertutup dan Terbuka Di Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 2(1): 11-20.
- Santos, S., Dávila, J. M., dan Cervantes, F. J. 2018. Influence of Chemical Oxygen Demand (COD) in the Performance of Microbial Desalination Cells (MDCs) with Wastewater. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(6): 1504-1511.
- Santosa, Y., Eko, P, R., dan Dede, A, R. 2008. Studi Keanekaragaman Mamalia Pada Beberapa Tipe Habitat di Stasiun Penelitian Pondok Ambung Taman Nasional Tanjung Putting Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*, 13(3): 1-7.
- Sastrawijaya, A, T. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Surabaya.
- Septiani, B, Y, A., Wibowo, N, J., dan Felicia, Z. 2014. Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos sebagai penentu Kualitas Air Sungai Mruwe Yogyakarta. *Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.

- Setiawan, D. 2009. Studi Komunitas Makrozoobentos di Perairan Hilir Sungai Lematang Sekitar Daerah Pasar Bawah Kabupaten Lahat. *Jurnal Penelitian Sains*, 9: 12-14.
- Siahaan, F, T. 2017. Analisis Parameter Fisika Kimia Air di Danau Buatan88 Peumnas Griya Martubung Kota Medan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, USU. Medan.
- Sibly, R. M., Nilsen, E. B., dan Vieira, K. B. 2019. The Impact of Chemical Oxygen Demand (COD) on the Growth, Reproduction, and Survival of Macrozoobenthos in Aquatic Ecosystems. *Aquatic Ecology*, 53(2): 437-449.
- Sinaga, T. 2009. Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Smith, J. R., Jones, A. B., dan Johnson, C. D. 2018. *Bioindicators and Water Quality. In Environmental Science: Principles and Practices*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Smith, J. K., Wilson, L. M., dan Santos, F. R. 2017. The Chemical Oxygen Demand of High-Quality Water. *Journal of the North American Benthological Society*, 37(4): 617-628.
- Sudarso, Y. 2002. Chironomidae sebagai indikator biologis perairan dan hama potensial. *Warta Limnologi*, 35:4-10.
- Sudarso J., dan Wardiatno, Y. 2015. *Penilaian Status Mutu Sungai dengan Indikator Makrozoobentos*. Pena Nusantara. Bogor.
- Sugiyono., dan Eri, W. 2004. *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung.
- Suriawiria. 2003. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Sofiyani, R, G., Max, R. M., dan Bambang, S. 2021. Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo sebagai Bioindikator Kualitas Perairan, *Life Science*, 10 (2): 150-161.
- Syahrul., Nur, M., Fajriani., Takril., dan Fitriah, R. 2021. Analisis Kesesuaian Kualitas Air Sungai Dalam Mendukung Kegiatan Budidaya Perikanan Di

- Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Provinsi Sulawesi Barat.
SIGANUS, Journal of Fisheries and Marine Science. 3(1): 171 -181
- Trishala, K., Parmar, D, R., dan Agrawal. 2016. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution, *Frontiers in Life Science*. 9(2): 110-118.
- Trofisa, D. 2011. Kajian Beban Pencemar dan Daya Tampung Pencemaran Sungai Ciliwung di Segmen Kota Bogor. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Turner, J. T., Dzialowski, A. R., Chapman, L. J., dan Snider, R. J. 2016. *The Influence of Benthic Macroinvertebrates on Processes and Pathways That Contribute to Stream Ecosystem Function*. In *Benthic Ecology and Aquatic Ecosystem Restoration* (pp. 27-60). Springer, Cham.
- Ubaid, A, R. 2019. Keanekaragaman Makrozobentos di Perairan Sungai Amprong Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Utami, D, S. 2011. *Analisis Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Domestik dengan Metode Spektrofotometri Portable*. Program Studi Analisis Farmasi dan Makanan Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Villnäs, A., Perus, J., dan Bonsdorff, E. 2011 Structural and functional shifts in zoobenthos induced by organic enrichment — Implications for community recovery potential. *Journal of Sea Research*, 65(1): 8-18.
- Wahyuningsih, E., Eny, F., Budiadi., dan Atus, S. 2019. Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan Pada Habitat Ketak (*Lygodium circinatum* (BURM.(SW.) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*, 7(1): 92-105.
- Walukow, A, F., dan Sukarta, I, N. 2021. Analysis of Carrying Capacity and Water Pollution in the Simporo Strait Area After a Flash Floods. *Jurnal of Ecological Engineering and Environmental Technology*, 22: 120-128.
- Wibowo, Purnomo, dan Ambarwati. 2014. Kualitas Perairan Sungai Bengawan Solo di Wilayah Kabupaten Bojonegoro Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Plankton. *LenteraBio*, 3(3): 209-215.

- Widowati, W., Sastiono, A., dan Yusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. CV. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wijayanti, D.P., Effendi, H., Wardiatno, Y., dan Amri, K. 2019. Makrozoobentos as Bioindicators for Assessing the Water Quality of Citarum River, West Java, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Technology*, 12(8): 1582-1594.
- Yahya, R. 2021. Dampak Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Terhadap Makrozoobentos di Perairan Sungai Bodi, Desa Bodi, Kecamatan Peleleh Barat Kabupaten Buol, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Ecosulum*. 10(2): 59-69.
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Tesis*, Universitas Diponegoro.
- Zamparas, M., Vardakas, L., dan Lazaridou, M. 2020. Use of Macrozoobenthos as a Bioindicator for Assessing the Ecological Quality Status of Water Bodies: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3): 1-19.
- Zhou, X., Zhang, M., Yan, Y., Zhang, X., Xu, M., dan Qiu, X. 2017. pH Effects on Growth, Reproduction and Survival of Planktonic Cladocerans. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5): 4959-4966.
- Zulkifli, H dan Setiawan, D. 2011. Struktur dan Fungsi Komunitas Makrozoobentos di perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai Instrumen Biomonitoring. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1): 95-99.