

**KUALITAS PERAIRAN PULAU KUBUR DI KECAMATAN TELUK
BETUNG TIMUR, KOTA BANDAR LAMPUNG BERDASARKAN
BIOINDIKATOR MAKROZOOBENTOS**

Skripsi

Oleh

**Mutiara Maharani
1914201025**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

KUALITAS PERAIRAN PULAU KUBUR DI KECAMATAN TELUK BETUNG TIMUR, KOTA BANDAR LAMPUNG BERDASARKAN BIOINDIKATOR MAKROZOOBENTOS

Oleh

MUTIARA MAHARANI

Perairan Pulau Kubur memiliki ekosistem lamun dan pantai di wilayahnya. Terdapat beberapa aktivitas antropogenik di perairan Pulau Kubur, seperti aktivitas pariwisata dan transportasi kapal. Kegiatan antropogenik ini dapat menurunkan kualitas perairan Pulau Kubur. Salah satu biota yang akan terkena dampak penurunan kualitas air adalah makrozoobentos. Makrozoobentos peka terhadap perubahan kondisi perairan. Oleh karena itu, biota ini sering digunakan sebagai bioindikator. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Januari hingga Februari 2023 yang berlokasi di perairan Pulau Kubur, Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos serta menentukan kualitas perairan Pulau Kubur berdasarkan bioindikator makrozoobentos. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali dengan frekuensi waktu 1 kali setiap 2 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman makrozoobentos di perairan Pulau Kubur berada pada kategori sedang dan tinggi. Nilai kelimpahan makrozoobentos tertinggi terdapat pada stasiun 1 dengan nilai kelimpahan sebesar 97 ind/m² dan nilai kelimpahan terendah terdapat pada stasiun 3 yaitu sebesar 56 ind/m². Berdasarkan kurva ABC, kualitas perairan Pulau Kubur menggambarkan perairan tercemar sedang.

Kata kunci : Keanekaragaman, kelimpahan, kualitas air, makrozoobentos.

ABSTRACT

THE WATER QUALITY OF KUBUR ISLAND WATERS, TELUK BETUNG TIMUR DISTRICT, BANDAR LAMPUNG CITY BASED ON MACROZOOBENTOS BIOINDICATORS

By

MUTIARA MAHARANI

Kubur Island waters has seagrass and beach ecosystem in its area. There are several anthropogenic activities in the waters of Kubur Island, such as tourism activities and ship transportation. These anthropogenic activities might reduce the water quality of Kubur Island. One of the biota that will be affected by the decrease in water quality is the macrozoobenthos. Macrozoobenthos are sensitive to changes in water conditions. Therefore, this biota is often used as a bioindicator. Sampling was carried out from January to February 2023 which is located in the waters of Kubur island, Teluk Betung Timur District, Bandar Lampung City. The purpose of this study was to determine the diversity and abundance of macrozoobenthos and to determine the water quality of Kubur Island based on macrozoobenthic bioindicators. The method used in this study was purposive sampling. Sampling was taken 3 times every 2 weeks. The results showed that macrozoobenthos diversity index in Kubur Island waters were medium and high categories. The highest abundance value of macrozoobenthos was at station 1 where the abundance value was 97 ind/m² and the lowest abundance value was at station 3 which was 56 ind/m². Based on the ABC curve, the water quality of the Kubur island is describes moderately polluted waters.

Keywords : *Diversity, abundance, water quality, macrozoobenthos.*

**KUALITAS PERAIRAN PULAU KUBUR DI KECAMATAN TELUK
BETUNG TIMUR, KOTA BANDAR LAMPUNG BERDASARKAN
BIOINDIKATOR MAKROZOOBENTOS**

Oleh

MUTIARA MAHARANI

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
2023**

Judul Skripsi : **KUALITAS PERAIRAN PULAU KUBUR DI
KECAMATAN TELUK BETUNG
TIMUR KOTA BANDAR LAMPUNG
BERDASARKAN BIOINDIKATOR
MAKROZOOBENTOS**

Nama Mahasiswa : *Mutiara Maharani*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914201025

Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Sumberdaya Akuatik

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUL,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Rara Diantari
Rara Diantari, S.Pi., M.Sc.
NIP. 1979080212003122001

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

**2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan
Universitas Lampung**

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

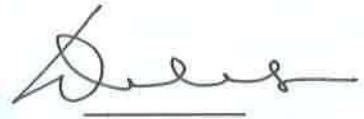
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002



Tangga lulus ujian skripsi : 23 Juni 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, skripsi/laporan akhir ini adalah hasil asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 3 Agustus 2023



Mutiara Maharani

RIWAYAT HIDUP



Mutiara Maharani dilahirkan di Way Kanan (Lampung) pada tanggal 12 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Rozali dan Ibu Emi Eka Susanti. Penulis memulai pendidikan formal di Taman Kanak-Kanak (TK) Mathla'ul Anwar yang diselesaikan pada tahun 2007, pendidikan dasar di SDN 1 Gunung Labuhan yang diselesaikan pada tahun 2013, pendidikan menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Mathla'ul Anwar Gunung Baru yang diselesaikan pada tahun 2016, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Bukit Kemuning yang diselesaikan pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) di Universitas Lampung Fakultas, Fakultas Pertanian, Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung (Himapik) sebagai anggota Bidang Kerohanian. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Ekologi Perairan Tropis (2021/2022) dan Produktivitas Perairan (2021/2022). Penulis telah melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negara Tama, Kecamatan Pakuan Ratu, Kabupaten Way Kanan selama 40 hari, yaitu dari bulan Januari Februari 2022.

Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup, Provinsi Lampung dengan judul “ Perhitungan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* dan Total *coliform* pada Sampel Air Bersih UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung” pada bulan Juli 2022. Penulis menyelesaikan tugas akhir (skripsi) pada tahun 2023 dengan judul “Kualitas Perairan Pulau Kubur di Kecamatan Teluk Betung Timur Kota Bandar Lampung Berdasarkan Bioindikator Makrozoobentos”.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah atas berkat, rahmat, serta izin yang Allah SWT berikan kepadaku, aku dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada kedua orang tuaku dengan penuh rasa cinta, kasih dan sayang tiada ujung kupersembahkan imbuhan kecil di belakang namaku untukmu.

Ayah dan Ibu tersayang sebagai tanda bakti, kuucapkan terima kasih yang tiada habisnya atas semua dukungan dan doa yang tak pernah henti kalian berikan agar putrimu dapat menjadi manusia yang lebih baik serta bermanfaat bagi orang lain.

Teruntuk adikku, Wiliyan Akbar, sahabat, dan teman-temanku yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, ilmu, dan semangat selama ini.

SERTA

Almamaterku tercinta Universitas Lampung

MOTTO

“Karena sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan, Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar-Ra'd: 11)

“Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan salat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(QS. Al-Baqarah: 153)

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

(Imam Syafi'i)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kualitas Perairan Pulau Kubur di Kecamatan Teluk Betung Timur Kota Bandar Lampung Berdasarkan Bioindikator Makrozoobentos” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Ir. Suparmono, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan serta motivasi selama berkuliah dan menyelesaikan skripsi.
5. Rara Diantari, S.Pi., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesabarannya memberikan bimbingan, ilmu, arahan, serta motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Putu Cinthia Delis, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan serta motivasi selama proses penyusunan skripsi.

7. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan serta saran selama proses penyusunan skripsi.
8. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu dan arahan yang telah diberikan selama ini.
9. Bapak Rozali dan Ibu Emi Eka Susanti, selaku kedua orang tuaku serta Wiliyan Akbar, selaku adikku yang tak pernah berhenti memberikan dukungan, arahan, materi, dan doa demi kelancaran dan keberhasilan diriku.
10. Hestika Dewi Arina, selaku kakak sepupu yang telah kebersamai kehidupan selama di kosan semasa perkuliahan.
11. Sahabat persejuangan, Rina Sugesti, Risma Alfiah Rahayu, dan Widya Nurbaiti Santoso yang telah selalu bersama selama masa perkuliahan.
12. Tim Penelitian Sindiana Pratiwi, Hanafi Annas, Dicky Andre Saputra, M. Fikrie Prabowo, M. Fatin Choiri, yang telah memberikan bantuan selama proses penelitian.
13. Keluarga Sumberdaya Akuatik 2019 yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kebersamaan, keceriaan, kesedihan, bantuan, dan dukungan selama menuntut ilmu bersama.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membaca maupun bagi penulis.

Bandar Lampung, Agustus 2023

Penulis

Mutiara Maharani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biologi Makrozoobentos.....	5
2.2 Makrozoobentos sebagai Bioindikator	6
2.3 Indeks Keanakeragaman, Keseragaman, dan Dominansi	7
2.3.1 Indeks Keanekaragaman.....	7
2.3.2 Indeks Keseragaman	8
2.3.3 Indeks Dominansi	9
2.4 Faktor Fisika Kimia Perairan	9
2.4.1 Suhu.....	9
2.4.2 pH.....	10
2.4.3 DO (Oksigen terlarut).....	11
2.4.4 Salinitas	11
2.4.5 Bahan Organik Total (BOT).....	12
2.4.6 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	12
2.4.7 Kecerahan	13
2.5 Klasifikasi Makrozoobentos	13
2.5.1 Polychaeta.....	14
2.5.2 Crustacea	14
2.5.3 Echinodermata	15
2.5.4 Moluska	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian	19

3.3.1 Pengambilan Sampel Makrozoobentos	20
3.3.2 Identifikasi Makrozoobentos	20
3.3.3 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air	21
3.4 Analisis Data	22
3.4.1 Kelimpahan Makrozoobentos.....	22
3.4.2 Indeks Keanekaragaman.....	23
3.4.3 Indeks Keseragaman	23
3.4.4 Indeks Dominansi	24
3.4.5 Kurva ABC	25
3.4.6 Analisis Komponen Utama (PCA).....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian	27
4.2 Hasil Parameter Fisika dan Kimia Air.....	29
4.3 Komposisi Makrozoobentos	34
4.4 Kelimpahan Makrozoobentos	38
4.5 Indeks Keanekaragaman (H')	47
4.6 Indeks Keseragaman (E).....	48
4.7 Indeks Dominansi (C).....	49
4.8 Kurva ABC	50
4.9 Analisis Komponen Utama (PCA)	51
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi stasiun pengambilan sampel	18
2. Alat dan bahan penelitian.....	18
3. Kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos	23
4. Kategori indeks keseragaman makrozoobentos	24
5. Kategori indeks dominansi makrozoobentos	24
6. Hasil pengukuran kualitas air di perairan Pulau Kubur	30
7. Kelimpahan makrozoobentos tiap stasiun.....	38
8. Indeks keanekaragaman (H')	47
9. Indeks keseragaman (E).....	48
10. Indeks dominansi (C)	49
11. Data kualitas air pengambilan data ke-1	67
12. Data kualitas air pengambilan data ke-2	67
13. Data kualitas air pengambilan data ke-3	67
14. Komposisi makrozoobentos di perairan Pulau Kubur	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	4
2. Peta lokasi penelitian	17
3. Ilustrasi titik pengamatan	20
4. Kurva ABC antara kelimpahan spesies dan biomassa.....	25
5. Stasiun 1	28
6. Stasiun 2	28
7. Stasiun 3	29
8. Komposisi makrozoobentos di perairan Pulau Kubur	35
9. Diagram kelimpahan makrozoobentos stasiun 1	40
10. Spesies dengan kelimpahan tertinggi di stasiun 1.....	41
11. Diagram kelimpahan makrozoobentos stasiun 2	43
12. <i>Stramonita haemastoma</i>	44
13. Diagram kelimpahan makrozoobentos stasiun 3	46
14. Kurva ABC makrozoobentos pada tiap stasiun	50
15. Hubungan kelimpahan makrozoobentos dengan parameter kualitas air	52
16. Jenis-jenis kelas gastropoda di perairan Pulau Kubur	72
17. Jenis-jenis kelas bivalvia di perairan Pulau Kubur	73
18. Jenis-jenis kelas polychaeta di perairan Pulau Kubur	74
19. Jenis-jenis kelas holothuridea di perairan Pulau Kubur	74
20. Jenis-jenis kelas pleistoannelida di perairan Pulau Kubur	75
21. Jenis-jenis kelas aesteroidea di perairan Pulau Kubur	75
22. Jenis-jenis kelas echinoidea di perairan Pulau Kubur	75
23. Jenis-jenis kelas malacostraca di perairan Pulau Kubur	76

24. Jenis-jenis kelas sipuncula di perairan Pulau Kubur.....	76
25. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data kualitas air	67
2. Komposisi makrozoobentos di perairan Pulau Kubur	68
3. Dokumentasi makrozoobentos di perairan Pulau Kubur.....	70
4. Dokumentasi kegiatan	77
5. Data output analisis PCA	78
6. Hasil uji kandungan bahan organik total.....	79
7. Hasil uji <i>total suspended solid</i>	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Lampung memiliki wilayah perairan dengan luas sekitar 16.625,3 km² yang terdiri dari Teluk Lampung, Selat Sunda, Teluk Semangka, Pantai Barat, Pantai Timur, dan pulau-pulau kecil lainnya (Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung, 2018). Di antara wilayah perairan tersebut, salah satu teluk besar yang dimiliki oleh Provinsi Lampung, yaitu Teluk Lampung. Teluk Lampung merupakan wilayah yang terdiri dari beberapa pulau di sekitarnya, di antaranya Pulau Kubur. Pulau Kubur berlokasi di Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung. Lokasi Pulau Kubur berdekatan dengan Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Lempasing. Pulau Kubur memiliki luas kurang lebih sekitar 1 hektar. Pulau ini tidak berpenghuni akan tetapi pulau ini telah dijadikan sebagai salah satu obyek wisata pantai sejak tahun 2017 dan masih berlangsung hingga saat ini.

Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung (2018) sebagian besar bagian perairan Teluk Lampung telah mengalami pencemaran yang terjadi akibat banyaknya polutan yang terbuang bersama-sama aliran sungai dari wilayah Bandar Lampung yang masuk ke laut. Salah satu bagian dari perairan laut yang tercemar tersebut ialah perairan laut sekitar Pulau Kubur. Selain bahan polutan yang masuk ke laut, kegiatan antropogenik yang terdapat di perairan Pulau Kubur dapat mempengaruhi kualitas perairan. Kegiatan antropogenik merupakan aktivitas manusia, baik sengaja maupun tidak sengaja, yang dilakukan secara terus-menerus yang dapat memberikan, memicu, serta mempercepat terjadinya dampak buruk (Gill dan Malamud, 2017). Salah satu kegiatan antropogenik yang

terdapat di Pulau Kubur ialah kegiatan wisata. Menurut Mushtofa *et al.* (2014) kegiatan antropogenik seperti aktivitas kegiatan wisata yang berada di suatu perairan secara langsung maupun tidak langsung akan memberikan pengaruh terhadap penurunan kualitas suatu perairan.

Penurunan kualitas perairan dapat dilihat dari faktor kualitas perairan, seperti parameter fisika, kimia, serta biologi. Menurut Rachmawaty (2011) parameter fisika dan kimia kurang memberikan gambaran yang sesungguhnya bagi lingkungan perairan yang dinamis. Lingkungan yang dinamis lebih representatif menggunakan indikator biologi. Salah satu indikator biologi yang sering digunakan sebagai indikator kualitas suatu perairan yaitu makrozoobentos. Makrozoobentos umumnya memiliki respon yang peka terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan yang di tempatnya. Oleh karena itu, makrozoobentos sering dijadikan sebagai bioindikator suatu kualitas perairan. Menurut Andria dan Tati (2015) makrozoobentos memiliki kepekaan terhadap perubahan yang terjadi pada suatu perairan, hal inilah yang menjadikan makrozoobentos sebagai petunjuk kondisi suatu kawasan perairan. Selain itu, makrozoobentos memiliki peran yang penting terhadap ekosistem perairan dalam proses mineralisasi sedimen dan siklus material organik serta berperan sebagai penyeimbang nutrisi dalam ekosistem perairan.

Adanya beberapa kegiatan di sekitar perairan Pulau Kubur, seperti kegiatan wisata maupun antropogenik dapat memberikan dampak negatif. Dampak negatif tersebut diduga dapat memberikan pengaruh berupa penurunan kualitas air dan terganggunya organisme perairan disekitarnya. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya penelitian untuk mengetahui keanekaragaman, keseragaman, dominansi, dan kelimpahan makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan yang akan dikaitkan dengan parameter fisika dan kimia untuk menentukan status kualitas perairan di Pulau Kubur, Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Menentukan keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos yang terdapat di Perairan Pulau Kubur.
2. Menentukan kualitas perairan Pulau Kubur Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

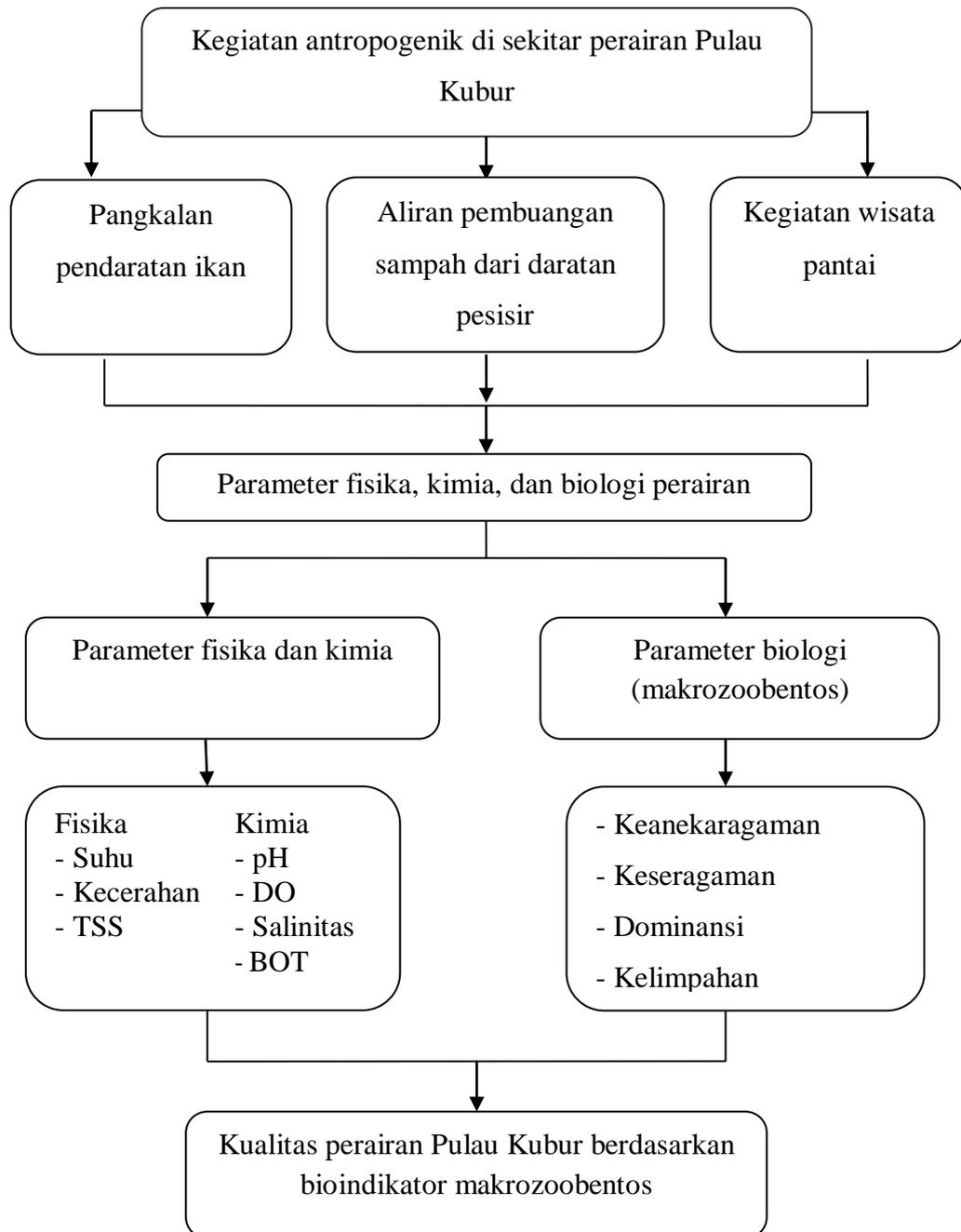
1. Tersedianya informasi mengenai spesies makrozoobentos yang terdapat di perairan Pulau Kubur.
2. Tersedianya informasi untuk masyarakat setempat mengenai keadaan lingkungan perairan guna dijadikan acuan untuk menilai kondisi perairan Pulau Kubur serta pemanfaatannya untuk masa yang akan datang.
3. Dapat menjadi acuan bagi pengelola/pemerintah kabupaten maupun provinsi untuk memperhatikan kondisi dan menjaga kelestarian lingkungan dan organisme makrozoobentos di perairan Pulau Kubur.

1.4 Kerangka Penelitian

Pulau Kubur merupakan salah satu pulau yang terletak di Teluk Lampung, tepatnya di Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung. Pulau Kubur merupakan salah satu tempat yang dijadikan sebagai obyek wisata sejak tahun 2017. Dampak adanya kegiatan antropogenik, seperti kegiatan wisata dan kegiatan jalur transportasi kapal nelayan di sekitar wilayah perairan Pulau Kubur dapat memengaruhi penurunan kualitas perairan di Pulau Kubur. Penurunan kualitas perairan sangat memengaruhi ekosistem-ekosistem serta organisme di dalamnya, sehingga perlu diketahuinya kondisi suatu kualitas perairan.

Penurunan kualitas perairan Pulau Kubur dapat diketahui dari faktor kualitas perairan, seperti parameter fisika, kimia, serta biologi. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis struktur komunitas makrozoobentos yang berupa

indeks keanekaragaman, keseragaman, dominansi, dan kelimpahan makrozoobentos yang kemudian dihubungkan dengan pengukuran parameter fisika dan kimia berupa suhu, kecerahan, TSS, pH, DO, salinitas dan BOT. Untuk lebih jelasnya kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Makrozoobentos

Bentos merupakan organisme yang hidup melekat di permukaan dasar substrat. Berdasarkan ukurannya bentos dibagi menjadi tiga kategori, yaitu makrozoobentos, mesobentos, dan mikrobentos. Makrozoobentos merupakan kelompok bentos yang lebih besar dari 1,0 mm. Kelompok ini merupakan hewan bentos yang terbesar. Jenis hewan yang termasuk kelompok ini adalah moluska, annelida, crustacea dan beberapa insekta air dan larva dari diptera. Mesobentos merupakan kelompok bentos yang berukuran antara 0,1–1,0 mm. Kelompok ini merupakan hewan kecil yang dapat ditemukan di pasir atau lumpur. Hewan yang termasuk kelompok ini adalah moluska kecil, cacing kecil, dan crustacea kecil. Mikrobentos merupakan kelompok bentos yang berukuran lebih kecil dari 0,1 mm. Kelompok ini merupakan hewan yang terkecil. Hewan yang termasuk di dalamnya adalah protozoa khususnya ciliata (Lakitan, 1987).

Makrozoobentos merupakan hewan invertebrata yang dapat dilihat dengan mata telanjang dan hidup di dalam dan sekitar batuan di dasar perairan. Selain itu, makrozoobentos juga dapat didefinisikan sebagai hewan invertebrata yang hidup di dalam atau pada sedimen atau substrat lain, berukuran besar dan tertahan pada ayakan berukuran 0,595 mm, yang biasanya berupa siput, kepiting, tiram, kerang, dan larva serangga (Weber, 1973).

Makrozoobentos memiliki bentuk luar (morfologi) yaitu invertebrata (hewan yang tidak memiliki tulang belakang) dan hidup menetap di dasar perairan, ada yang menempel pada substrat, dan ada yang bisa merambat dalam substrat. Prinsip tubuh dari salah satu filum yang termasuk dalam hewan makrozoobentos adalah

filum moluska, tubuh hewan ini triploblastik, bilateral simetri, umumnya memiliki mantel yang dapat menghasilkan bahan cangkang berupa kalsium karbonat (Rusyan, 2011).

Dalam siklus hidupnya, terdapat beberapa makrozoobentos yang hidupnya hanya sebagian saja sebagai bentos, misalnya pada stadia muda saja atau sebaliknya. Pada umumnya cacing dan bivalvia hidup sebagai bentos pada stadia dewasa, sedangkan ikan demersal hidup sebagai bentos pada stadia larva. Selain itu, makrozoobentos umumnya bersifat relatif tidak aktif dengan ciri khusus, seperti tubuhnya dilindungi cangkang, memiliki bagian tubuh yang dapat dijulurkan, berkembangnya bagian tubuh tambahan seperti rambut, bulu-bulu keras, serta tersusun atas otot-otot yang memudahkan pergerakannya di atas maupun di dalam sedimen (Nybakken, 1992).

2.2 Makrozoobentos sebagai bioindikator

Menurut Wardhana (2006) organisme yang tinggal di dalam suatu lingkungan dipilih menjadi bioindikator karena hidupnya menetap dan keberadaannya yang selalu mengalami kontak dengan limbah yang masuk ke dalamnya. Dalam hal ini zoobentos merupakan organisme yang tinggal dan menghabiskan sebagian besar atau bahkan seluruh habitatnya di air yang kualitasnya berubah-ubah oleh banyak faktor. Makrozoobentos memenuhi syarat sebagai bioindikator karena kebanyakan hidup sesil, tidak mudah bermigrasi, memiliki daur hidup yang kompleks sehingga apabila kondisi lingkungan melebihi batas toleransi maka organisme tersebut akan mati karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan.

Menurut Pratiwi dan Astuti (2012) makrozoobentos merupakan organisme akuatik yang hidup menetap (*sesile*) dan memiliki tingkat adaptasi yang bervariasi terhadap kondisi lingkungan. Makrozoobentos memiliki peranan yang penting dalam suatu perairan. Makrozoobentos umumnya memiliki respon yang peka terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan yang ditempatinya, karena itulah makrozoobentos sering dijadikan sebagai bioindikator suatu kualitas perairan. Menurut Rini (2011) makrozoobentos memiliki keuntungan untuk dijadikan sebagai

penentu uji kualitas air karena makrozoobentos hidup melekat pada tanah atau di dalam tanah yg motilitasnya rendah sehingga hewan ini tidak mudah bergerak dan berpindah.

Pemantauan kualitas air dapat digunakan menggunakan kombinasi parameter fisika, kimia, dan biologi, tetapi yang sering digunakan hanyalah parameter fisika dan kimia. Parameter biologi seperti makrozoobentos jarang digunakan sebagai parameter penentu pencemaran. Pengukuran parameter fisika dan kimia hanya memberikan gambaran kualitas lingkungan sesaat. Indikator biologi digunakan untuk menilai secara besar perubahan keseimbangan ekologi, khususnya ekosistem akibat pengaruh limbah. Dibandingkan dengan menggunakan parameter fisika dan kimia, indikator biologi dapat memantau secara berkelanjutan. Hal ini karena komunitas biota perairan (flora dan fauna) menghabiskan seluruh hidupnya di lingkungan tersebut, sehingga bila terjadi pencemaran akan bersifat akumulasi atau penimbunan bahan pencemar (Sastrawijaya, 2009).

2.3 Indeks Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi

2.3.1 Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman atau keragaman spesies merupakan ciri tingkat komunitas berdasarkan organisasi biologinya. Keragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Keragaman spesies juga dapat digunakan untuk mengukur keseimbangan komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya agar tetap stabil meskipun terdapat gangguan terhadap komponen-komponennya. Keragaman spesies yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi, karena hubungan spesies yang terjadi dalam komunitas itu sangat tinggi. Suatu komunitas dikatakan memiliki keanekaragaman yang tinggi apabila komunitas itu disusun oleh banyak spesies (Prasetyo dan Zaman, 2016).

Tingkat keanekaragaman yang rendah menunjukkan bahwa penyebaran tiap jenis cenderung tidak merata dan kondisi kestabilan komunitas yang cenderung rendah. Hal ini disebabkan semakin kecil jumlah spesies dan adanya beberapa individu

yang jumlahnya lebih banyak mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem yang kemungkinan disebabkan adanya gangguan dari lingkungan sekitarnya. Keanekaragaman mencakup dua hal penting, yaitu banyaknya jenis dalam suatu komunitas dan kelimpahan dari masing-masing jenis, sehingga semakin kecil jumlah jenis dan variasi jumlah individu tiap jenis memiliki penyebaran tidak merata, maka keanekaragaman akan mengecil (Odum, 1993 dalam Musthofa *et al.*, 2014).

Indeks keanekaragaman merupakan parameter yang sangat berguna untuk membandingkan berbagai komunitas, terutama untuk mempelajari pengaruh faktor-faktor lingkungan atau abiotik terhadap suatu komunitas atau untuk mengetahui keseimbangan suatu komunitas (Fachrul, 2007). Tingkat keanekaragaman suatu wilayah juga dipengaruhi oleh faktor substrat yang tercemar, kelimpahan sumber makanan, kompetisi antar dan intra taksa, gangguan dan kondisi dari lingkungan sekitarnya sehingga taksa yang mempunyai daya toleransi yang tinggi akan semakin bertambah, sedangkan yang memiliki kemampuan toleransi yang rendah akan semakin menurun (Rachmawaty, 2011),

2.3.2 Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman merupakan penggambaran mengenai sifat organisme yang mendiami suatu komunitas yang dihuni atau didiami oleh organisme yang sama atau seragam. Keseragaman (E) dapat menunjukkan keseimbangan dalam suatu pembagian jumlah individu tiap jenis. Keseragaman (E) mempunyai nilai yang besar jika individu yang ditemukan berasal dari spesies atau genera yang berbeda-beda, semakin kecil indeks keseragaman (E) semakin kecil pula keseragaman jenis di dalam suatu komunitas, artinya penyebaran jumlah individu tiap jenis tidak sama, ada kecenderungan didominasi oleh jenis tertentu. Nilai indeks keseragaman (E) antara $0,75 < E < 1,00$ menandakan kondisi komunitas yang seimbang. Komunitas yang seimbang menandakan ekosistem tersebut memiliki keanekaragaman yang tinggi, tidak ada jenis yang dominan serta pembagian jumlah individu yang merata (Prasetia, 2017).

2.3.3 Indeks Dominansi

Indeks dominansi (C) adalah indeks yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya jenis tertentu yang mendominasi dalam suatu komunitas di perairan (Simatupang *et al.*, 2017). Menurut Odum (1993) dalam Kusnadi (2016) nilai indeks dominansi yang tinggi menandakan bahwa konsentrasi dominansi yang rendah, artinya tidak ada jenis yang mendominasi komunitas tersebut.

Adanya dominansi suatu organisme menandakan bahwa tidak semua makrozoobentos memiliki kemampuan adaptasi dan kemampuan bertahan hidup yang sama di suatu tempat (Fitriana, 2005). Nilai indeks dominansi berkisar antara 0 – 1, dimana semakin kecil nilai indeks dominansi maka menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi oleh spesies tertentu (Odum, 1993 dalam Musthofa *et al.*, 2014).

2.4 Faktor Fisika Kimia Perairan

Suatu lingkungan perairan memiliki beberapa parameter yang menentukan kualitas perairan tersebut. Parameter tersebut meliputi parameter fisika, seperti suhu, kecepatan arus, kecerahan air, kedalaman air, serta parameter kimia seperti pH dan salinitas. Parameter-parameter tersebut sangat berperan dalam pertumbuhan dan kehidupan keanekaragaman organisme akuatik dalam spesies makrozoobentos di habitatnya (Simatupang *et al.*, 2017). Kualitas air yang memengaruhi keberadaan makrozoobentos ialah sebagai berikut:

2.4.1 Suhu

Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap tingkat kelarutan oksigen dalam suatu perairan. Apabila suhu air naik maka tingkat kelarutan oksigen dalam air menurun. Bersamaan dengan meningkatnya suhu juga akan meningkatkan aktivitas metabolisme akuatik sehingga kebutuhan akan oksigen juga meningkat (Sina-ga, 2009).

Menurut Prasetia (2017) peningkatan suhu pada suatu perairan dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut. Suhu merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan hewan bentos. Batas toleransi hewan terhadap suhu bergantung pada spesies. Umumnya suhu di atas 30°C dapat menekan pertumbuhan populasi hewan bentos (Nybakken, 1992 *dalam* Sinaga 2009).

Suhu perairan dapat dipengaruhi oleh letak lintang perairan tersebut, musim, ketinggian di atas permukaan air laut, penutup awan, penutupan vegetasi, luas permukaan perairan yang langsung terkena sinar matahari, serta kedalaman badan perairan (Ginting, 2006). Menurut Angelia *et al.* (2019) toleransi suhu yang baik untuk kelangsungan hidup makrozoobentos yaitu berkisar antara 25–35°C.

2.4.2 pH

Derajat keasaman atau pH merupakan parameter kimia organik yang berperan dalam faktor pembatas bagi hewan akuatik di suatu perairan. $\text{pH} < 7$ pada perairan menandakan air bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ menandakan air bersifat basa. Biasanya air murni akan bersifat netral dengan pH 7 (Endar *et al.*, 2014). Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor kualitas perairan yang juga berpengaruh terhadap kehidupan makrozoobentos. Menurut Asry *et al.* (2014) hasil sampling komunitas makrozoobentos mampu hidup pada kisaran pH 7–8.

Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya berkisar 7 – 8,5 (KepMen LH, 2004). Nilai pH yang terlalu tinggi atau rendah membahayakan kehidupan biota akuatik terkait metabolisme dan respirasinya. pH yang terlalu rendah dapat meningkatkan mobilitas aluminium yang bersifat toksik terhadap biota akuatik. pH yang terlalu dapat meningkatkan mobilitas aluminium yang bersifat toksik terhadap biota akuatik. pH yang terlalu tinggi dalam meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga toksik terhadap organisme (Mahida, 1993).

Pada pH yang optimum maka organisme yang hidup di dalamnya akan bertahan, sebaliknya jika pH perairan terlalu tinggi atau terlalu rendah akan memengaruhi ketahanan hidup organisme di dalamnya (Odum, 1993 *dalam* Mushtofa *et al.*,

2014). Kondisi perairan yang bersifat sangat asam ataupun basa tidak baik untuk kelangsungan hidup makrozoobentos. Menurut Asriani (2014) bahwa sebagian besar biota akuatik akan sensitif jika terdapat perubahan pH, sedangkan kisaran pH yang disukai sekitar 7 – 8,5.

2.4.3 DO (Oksigen Terlarut)

Oksigen merupakan salah satu gas terlarut yang terdapat di perairan alami dengan kadar bervariasi yang dipengaruhi oleh suhu, salinitas, dan tekanan atmosfer. Selain diperlukan untuk kelangsungan hidup organisme di perairan, oksigen juga diperlukan dalam proses dekomposisi senyawa-senyawa organik menjadi senyawa anorganik (Marganof, 2007). Rendahnya kadar oksigen terlarut (DO) dapat mengakibatkan masalah yang cukup serius bagi kehidupan hewan makrozoobentos (Zahidin, 2008). Menurut Izzah dan Roziaty (2016) kadar DO yang sangat dibutuhkan oleh makrozoobentos berkisar antara 4,0-6,0 mg/l. Kadar oksigen terlarut < 5,0 mg/l banyak disukai oleh organisme. Dengan demikian, semakin tinggi nilai kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan maka akan semakin bagus untuk pertumbuhan makrozoobentos (Effendi, 2003). Menurut Taqwa (2010) tingkatan jenis masing-masing biota mempunyai respon yang berbeda terhadap penurunan oksigen terlarut.

2.4.4 Salinitas

Salinitas merupakan suatu faktor lingkungan yang keberadaannya dapat mempengaruhi proses biologi suatu organisme. Salinitas dapat memengaruhi laju pertumbuhan, jumlah makanan yang dikonsumsi, dan kelangsungan hidup (Aliyas dan Ya'la, 2016). Salinitas adalah faktor abiotik yang sangat menentukan penyebaran biota laut, termasuk makrozoobentos. Salinitas juga berperan dalam mempengaruhi proses osmoregulasi biota perairan termasuk makrozoobentos (Nybakken, 1992). Nilai salinitas pada umumnya bersifat alami dimana tinggi rendahnya hanya dipengaruhi oleh faktor cuaca dan alam. Kisaran salinitas yang ideal bagi kehidupan makrozoobentos berkisar antara 15-45 ppt (Angelia *et al.*, 2019).

2.4.5 Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik total atau *total organic matter* (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (*particulate*) dan koloid. Bahan organik merupakan bahan bersifat kompleks dan dinamis berasal dari sisa tanaman dan hewan yang terdapat di dalam tanah yang mengalami perombakan. Bahan ini terus-menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia, dan biologi. Dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain susunan residu, suhu, pH, ketersediaan zat hara, dan oksigen (Rakhman, 1999). Menurut Zulkifli dan Setiawan (2011) konsentrasi bahan organik yang tinggi akan memengaruhi kelimpahan organisme. Beberapa organisme tertentu tahan terhadap tingginya konsentrasi bahan organik, sehingga dominansi oleh spesies tertentu dapat terjadi.

2.4.6 Total Suspended Solid (TSS)

TSS (*total suspended solid*) merupakan material padat termasuk organik dan anorganik berupa mikroba, kotoran manusia maupun binatang, dan limbah industri (Mulyanto dan Dharmawan, 2017). Padatan tersuspensi total atau TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter $0,45 \mu\text{m}$. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2003).

TSS terdiri dari beberapa komponen, yaitu lumpur, pasir halus, dan jasad renik akibat erosi tanah yang menyebabkan adanya kekeruhan atau penurunan intensitas cahaya terhadap perairan. TSS atau padatan tersuspensi mempunyai diameter $>1 \mu\text{m}$ yang tertahan pada saringan yang berdiameter pori $0,45 \mu\text{m}$. Banyaknya TSS yang terdapat pada perairan menyebabkan menurunnya kesediaan oksigen terlarut. TSS yang tinggi secara langsung dapat menyebabkan terganggunya organisme akuatik yaitu ikan dan makhluk biota air lainnya (Rinawati *et al.*, 2016).

2.4.7 Kecerahan

Kecerahan air memberikan petunjuk tentang daya tembus atau penetrasi cahaya dalam air. Perairan yang keruh mempunyai banyak partikel-partikel halus yang melayang di dalam air dan banyak dari partikel-partikel tersebut menempel pada thallus, sehingga dapat menghambat penyerapan makanan dan proses fotosintesis. Kedalaman perairan merupakan suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan suatu organisme untuk berinteraksi dengan cahaya (Anwar, 2008).

Penetrasi cahaya merupakan faktor fisika yang berpengaruh terhadap suhu air, kandungan unsur kimia seperti pH dan DO (Lubis *et al.*, 2013). Menurut Hutapea *et al.* (2007) tingkat kecerahan perairan biasanya dipengaruhi oleh bahan-bahan tersuspensi dan koloid yang terdapat di dalam air, misalnya partikel-partikel lumpur, bahan organik, plankton, dan mikroorganisme.

Kecerahan berkaitan erat dengan suhu perairan. Semakin cerah perairan maka suhu di dalam air juga semakin tinggi. Kecerahan berasal dari penetrasi cahaya matahari, baik paparan langsung maupun yang disebarkan oleh awan. Semakin dalam perairan semakin sedikit pula tingkat kecerahannya dan suhu akan menurun. Apabila ditinjau dari kecerahan, normalnya keanekaragaman makrozoobentos akan meningkat di air yang bersuhu lebih rendah dibandingkan dengan suhu di perairan dalam (Odum, 1993).

2.5 Klasifikasi Makrozoobentos

Makrozoobentos merupakan kelompok bentos yang lebih besar dari 1,0 mm. Kelompok ini merupakan hewan bentos yang terbesar, jenis hewan yang termasuk kelompok ini adalah moluska, anelida, crustacea, dan beberapa insekta air dan larva dari diptera. Di antara kelompok tersebut, kelompok polychaeta, crustacea, echinodermata dan moluska merupakan kelompok organisme dominan yang menyusun makrozoobentos di perairan lotik pada wilayah pantai. Polychaeta banyak ditemukan sebagai organisme pembentuk tabung dan penggali, crustacea terutama dari golongan ostracoda yang umumnya mendiami daerah permukaan.

Moluska biasanya terdiri oleh spesies-spesies bivalvia dan beberapa gastropoda yang hidup di permukaan, serta echinodermata terutama dari jenis bintang laut atau bintang ular (Haslindah, 2003). Beberapa kelompok makrozoobentos tersebut dijabarkan sebagai berikut:

2.5.1 Polychaeta

Polychaeta merupakan organisme akuatik yang terbanyak dijumpai di pantai. Kata "Polychaeta" berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* yang berarti banyak dan *chaeta* yang berarti setae atau sikat (Campbell dan Recce, 2012). Polychaeta termasuk dalam biota bentos yang dapat hidup di berbagai jenis habitat di dasar laut. Polychaeta dapat ditemukan di bawah bebatuan, dalam lubang dan liang dalam batu karang serta umumnya polychaeta hidup terbenam dalam lumpur dan hidup pada tabung (Nybakken, 1992 dalam Jauhara, 2012).

Berdasarkan cara hidupnya klasifikasi polychaeta terbagi menjadi dua subkelas, subkelas errantia dan subkelas sedentaria. Hal tersebut berdasarkan teori menurut Jauhara (2012) polychaeta terdiri dari dua subkelas errantia dan subkelas sedentaria. Subkelas errantia termasuk polychaeta yang hidup dengan cara bergerak bebas (berenang), sedangkan sedentaria termasuk polychaeta yang hidup dengan cara meliang (Jauhara, 2012).

2.5.2 Crustacea

Crustacea merupakan arthropoda yang sebagian besar hidup di laut dan bernapas dengan insang. Hewan ini merupakan organisme laut yang sangat bervariasi dalam bentuk dan ukuran tubuh, salah satu habitatnya yaitu pada zona litoral pantai karang dan padang lamun. Terdapat sekitar 60.000 spesies crustacea di dunia (Wagey dan Arifin, 2008).

Menurut Rusyana (2011) struktur tubuh crustacea terdiri dari kepala yang biasanya terdiri dari empat segmen yang bersatu, pada bagian kepala itu terdapat dua pasang antena, satu pasang mandibular (rahang pertama) dan dua pasang maxilla

(rahang kedua). Kemudian bagian dada mempunyai embelan dengan jumlah yang berbeda-beda yang di antaranya ada yang berfungsi sebagai alat gerak. Segmen bagian perut umumnya sempit dan lebih mudah digerakan dibandingkan dengan bagian kepala dan dada kemudian bagian cephalothorax ditutupi oleh suatu bagian yang disebut karapak dan mempunyai duri di ujung depan yang disebut rostrum. Pada kepala terdapat mulut, mata, antena, antenula (embelan yang terletak dekat antena biasanya pendek berfungsi sebagai alat perasa), mandibular dan maxilla.

2.5.3 Echinodermata

Echinodermata atau “Echinoderm” berasal dari kata Yunani *echin* yaitu berduri dan *derm* yaitu kulit” (Campbell dan Reece, 2012). Berdasarkan pengertian tersebut dapat dikatakan bahwa echinodermata adalah hewan yang berduri. Sebagian besar echinodermata berkulit tajam karena tonjolan rangka dan duri. Echinodermata dapat ditemukan di pantai dan laut sampai kedalaman kl. 366 m dengan gerakannya lamban atau sesi (Rusyana, 2011).

Secara morfologi echinodermata memiliki kulit yang tajam atau berduri. Epidermis yang tipis melapisi endoskeleton lempengan kapur yang keras (Campbell dan Reece, 2012). Ukuran echinodermata ini bervariasi pada bintang laut ada yang memiliki diameter 10 mm sampai 1 meter dan beberapa teripang berukuran 2 meter panjangnya. Echinodermata hidup soliter atau individual di perairan laut yang jernih dan perairan dalam (Hanifa, 2016).

2.5.4 Moluska

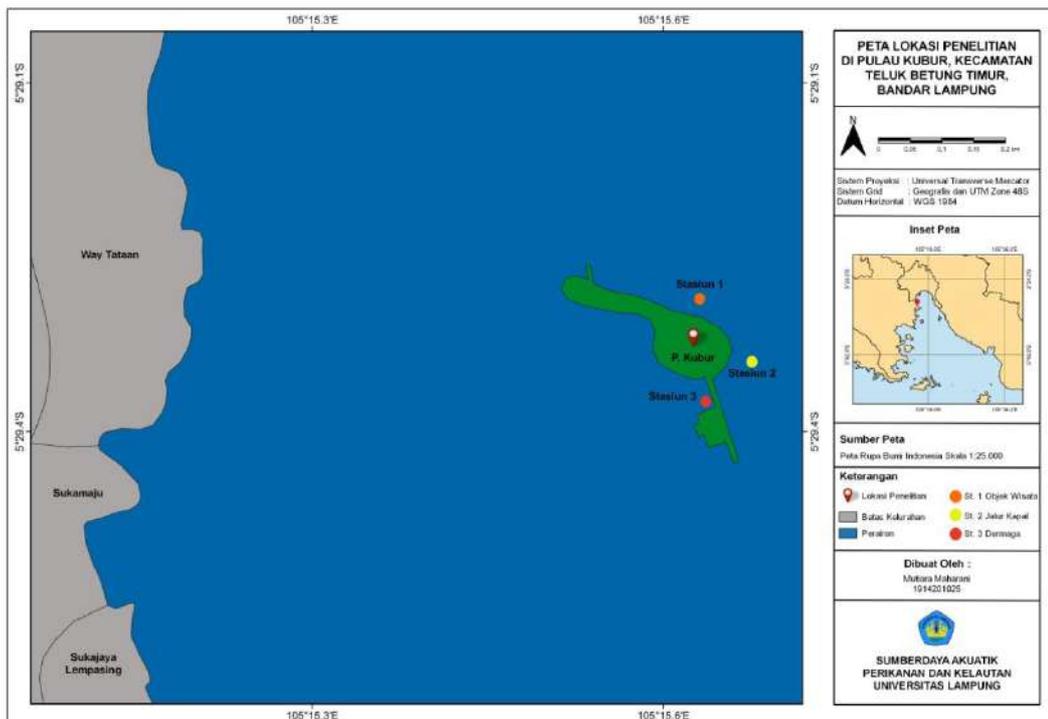
Moluska adalah salah satu filum makrozoobentos yang termasuk dalam salah satu kelompok hewan invertebrata yang bertubuh lunak, sebagian besar hewan moluska menyekresikan cangkang pelindung keras yang terbuat dari kalsium karbonat, walaupun sebagian ada yang tanpa cangkang. Kelompok hewan ini dapat dengan mudah ditemukan pada zona litoral pantai dan biasanya hewan ini menempel pada substrat dan ada juga yang membenamkan diri di bawah lumpur atau sedimen (Campbell dan Reece, 2012).

Moluska merupakan organisme hidup yang peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya sehingga hal ini juga dapat menentukan kepadatan dan keragaman populasi dari kelas tersebut (Odum, 1993). Filum moluska terdiri atas lima kelas menurut Rusyana (2013) yaitu: (1) Amphineura, (2) Gastropoda, (3) Scaphopoda, (4) Cephalopoda dan (5) Pelecypoda.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2023 dengan pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali frekuensi dalam rentang waktu 2 minggu sekali yang berlokasi di perairan Pulau Kubur, Kecamatan Teluk Betung Timur, Kota Bandar Lampung, Lampung. Gambaran lokasi stasiun penelitian lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun dengan karakteristik yang berbeda-beda, untuk lebih jelasnya lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi stasiun pengambilan sampel

No	Stasiun	Titik Koordinat	Karakteristik
1.	Stasiun 1	5°28'12'' S 105°14'53'' E	Objek rekreasi
2.	Stasiun 2	5°27'36'' S 105°15'27'' E	Jalur kapal
3.	Stasiun 3	5°28'29'' S 105°16'7'' E	Dermaga

Penentuan titik stasiun ditentukan berdasarkan karakteristik antar stasiun yang berbeda-beda. Stasiun 1 dengan titik koordinat 5°28'12'' S 105°14'53'' E bagian utara merupakan kawasan rekreasi pantai. Pada stasiun 2 dengan titik koordinat 5°27'36'' S 105°15'27'' E bagian timur merupakan kawasan jalur di penyeberangan kapal-kapal nelayan. Pada stasiun 3 dengan titik koordinat 5°28'29'' S 105°16'7'' E bagian selatan merupakan wilayah dermaga tempat kapal-kapal berlabuh.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan lebih rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan bahan penelitian

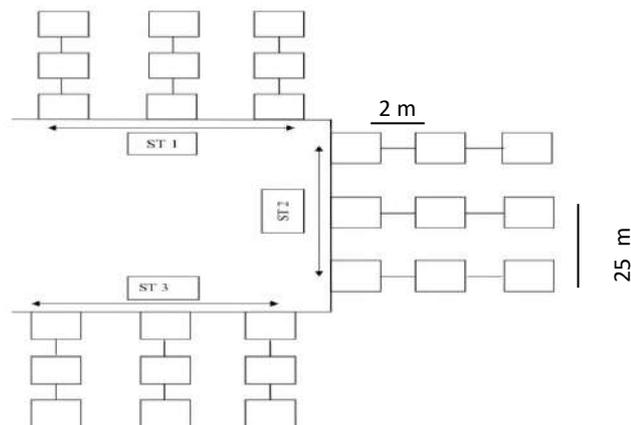
No	Alat dan bahan	Fungsi
1.	Kuadran transek	Untuk mengambil sampel makrozoobentos.
2.	Saringan	Untuk memisahkan substrat dan makrozoobentos.
3.	Ember	Untuk wadah substrat yang tersaring.
4.	Plastik <i>zip</i>	Untuk wadah sampel makrozoobentos.
5.	Termometer	Untuk mengukur suhu perairan.
6.	pH meter	Untuk mengukur kadar pH perairan.
7.	DO meter	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut perairan.
8.	Refrakto meter	Untuk mengukur kecerahan perairan.

Tabel 2. Alat dan bahan penelitian (lanjutan)

No	Alat dan Bahan	Fungsi
9.	<i>Secchi disk</i>	Untuk mengukur kecerahan perairan.
10.	Roll meter	Untuk mengukur jarak antar titik tiap stasiun.
11.	Kertas label	Untuk memberi penanda sampel.
12.	Botol sampel	Untuk menyimpan sampel air.
13.	<i>Cool box</i>	Untuk tempat menyimpan sampel.
14.	Kamera	Untuk mendokumentasi selama penelitian.
15.	Pipet tetes	Untuk mengambil formalin.
16.	Buku identifikasi	Sebagai acuan identifikasi sampel.
17.	Sekop	Untuk mengambil galian substrat.
18.	Tali rafia	Untuk memberi batas kuadran transek.
19.	Formalin 4%	Untuk pengawet sampel makrozoobentos.
20.	Akuades	Untuk membilas alat.

3.3 Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah *purposive sampling* dimana penentuan titik dan pengambilan data sampel berdasarkan ciri atau karakteristik tertentu untuk menentukan stasiun dengan tujuan penelitian. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun dengan masing-masing stasiun dilakukan pada 3 titik yang disesuaikan pada lokasi penelitian. Jarak antar titik pada tiap stasiun disesuaikan dengan lebar luasan stasiun dengan cara mengukur luas stasiun yang kemudian akan dibagi menjadi 3 wilayah atau titik untuk mewakili keseluruhan wilayah stasiun. Ilustrasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi titik pengamatan

3.3.1 Pengambilan sampel makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan metode transek kuadran. Pada pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan pada saat surut dengan menggunakan kuadran transek berukuran $50 \times 50 \text{ cm}^2$ dengan tiga kali pengulangan. Pengambilan sampel pada tiap titik diukur dari surut terendah dari bibir pantai. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara meletakkan transek pada substrat pada tiap titik dan ulangan. Substrat kemudian diambil menggunakan sekop dengan kedalaman 20 cm. Substrat yang terambil kemudian disaring menggunakan saringan. Sampel makrozoobentos yang tersaring kemudian dimasukkan ke dalam plastik *zip*, kemudian diberi formalin 4%. Masing-masing plastik diberi label berdasarkan lokasi pengambilan sampel untuk selanjutnya dilakukan identifikasi di laboratorium.

3.3.2 Identifikasi Makrozoobentos

Sampel makrozoobentos yang didapatkan selanjutnya diidentifikasi dengan cara mengamati sampel makrozoobentos dan kemudian dicocokkan dengan bantuan buku identifikasi WMSDB – *Worldwide Mollusc Species Data Base* sebagai acuan identifikasi. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Produktivitas Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.3.3 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air

Pengukuran parameter fisika dan kimia air dilakukan secara langsung bersamaan dengan pengambilan sampel makrozoobentos. Analisis parameter TSS (*total suspended solid*) dan BOT (bahan organik total) dilakukan di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) dan UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Lampung. Parameter yang diukur meliputi suhu, pH, DO, salinitas, dan kecerahan. Adapun prosedur pengukuran parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

1) Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer air raksa berskala 0-100°C. Pengukuran suhu dilakukan secara langsung dengan cara termometer dimasukkan ke dalam kolom perairan selama ± 3 menit ataupun sampai penunjuk pada skala konstan.

2) pH

Pengukuran kadar pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Pengukuran kadar pH dilakukan dengan cara dimasukkan ujung pH meter ke dalam air. Kemudian dibaca angka konstan yang tertera.

3) DO (oksigen terlarut)

Pengukuran kadar oksigen terlarut dilakukan menggunakan DO meter. DO meter terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan akuades. Selanjutnya DO meter dicelupkan hingga muncul nilai akhir konstan di layar.

4) Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan menggunakan refraktometer dengan sampel air sebanyak 1 tetes, lalu diteteskan pada permukaan alat refraktometer tersebut dan dilihat nilai akhir pada skala.

5) Bahan Organik Total (BOT)

Pengambilan sampel bahan organik total dilakukan hanya satu kali pengambilan pada setiap stasiun. Pengambilan sampel BOT diambil menggunakan botol sampel sebanyak 600 ml. Sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dilakukan analisis.

6) *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengambilan sampel TSS dilakukan hanya satu kali pengulangan pada setiap stasiun. Pengambilan sampel TSS diambil menggunakan botol sampel sebanyak 600 ml. Sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dilakukan analisis.

7) Kecerahan Perairan

Pengukuran kecerahan air dilakukan menggunakan alat *secchi disk* yang dimasukkan ke dalam air sampai tidak terlihat warna hitam dan putih pada *secchi disk*, kemudian diukur panjang dari kedalaman sampai batas air.

Menurut Pingki dan Sudarti (2021) kecerahan perairan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

K : Kecerahan (cm)

d1 : Kedalaman *secchi disk* saat tidak terlihat (cm)

d2 : Kedalaman *secchi disk* saat mulai tampak kembali (cm)

8) Analisis Substrat

Analisis substrat dilakukan dengan cara pengamatan secara visual. Substrat dari masing-masing stasiun diamati dan kemudian ditentukan jenis dari substrat tersebut.

3.4 Analisis Data

3.4.1 Kelimpahan Makrozoobentos

Menurut Fachrul (2007) kelimpahan jenis makrozoobentos dapat diukur dengan menghitung jumlah individu per satuan luas (ind/m²) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ki = \frac{ni}{A}$$

Keterangan :

Ki : Kelimpahan jenis

ni : Jumlah individu dalam spesies i

A : Luas total daerah alat pengambilan sampling (m²)

3.4.2 Indeks Keanekaragaman

Berdasarkan Odum (1993) indeks keanekaragaman makrozoobentos dapat dihitung menggunakan indeks Shannon-Wiener dengan persamaan sebagai berikut:

$$H' = - \sum (P_i) \ln (P_i)$$

Keterangan :

H' : Indeks keanekaragaman

P_i : n_i/N

n_i : Jumlah spesies ke- i

N : Jumlah seluruh individu dari seluruh spesies

Kategori nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 . Kategori indeks keanekaragaman makrozoobentos

No	Kriteria	Indeks Keragaman Jenis
1.	Tinggi	$H' > 2,0$
2.	Sedang	$H' \leq 2,0$
3.	Rendah	$H' < 1,6$
4.	Sangat rendah	$H' < 1,0$

Sumber: Soegianto (1994) *dalam* Nugroho (2020)

3.4.3 Indeks Keseragaman

Berdasarkan Odum (1993) indeks keseragaman dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

E : Indeks keseragaman jenis

H' : Indeks keanekaragaman

S : Jumlah total spesies

Kategori nilai indeks keseragaman Shannon-Wiener dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori indeks keseragaman makrozoobentos

No	Kriteria	Indeks Keseragaman Jenis
1.	Rendah	$0 < E < 0,5$
2.	Sedang	$0,5 < E \leq 0,75$
3.	Tinggi	$0,75 < E \leq 1$

Sumber: Odum (1971) *dalam* Nugroho (2020).

3.4.4 Indeks Dominansi

Berdasarkan Odum (1993) indeks dominansi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

C : Indeks dominansi

ni : Jumlah spesies ke-i

N : Jumlah seluruh individu dari seluruh spesies

Kategori nilai indeks dominansi Shannon-Wiener dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori indeks dominansi makrozoobentos

No	Kriteria	Indeks Dominansi Jenis
1.	Rendah	$0 < C < 0,5$
2.	Sedang	$0,5 < C \leq 0,75$
3.	Tinggi	$0,75 < C \leq 1$

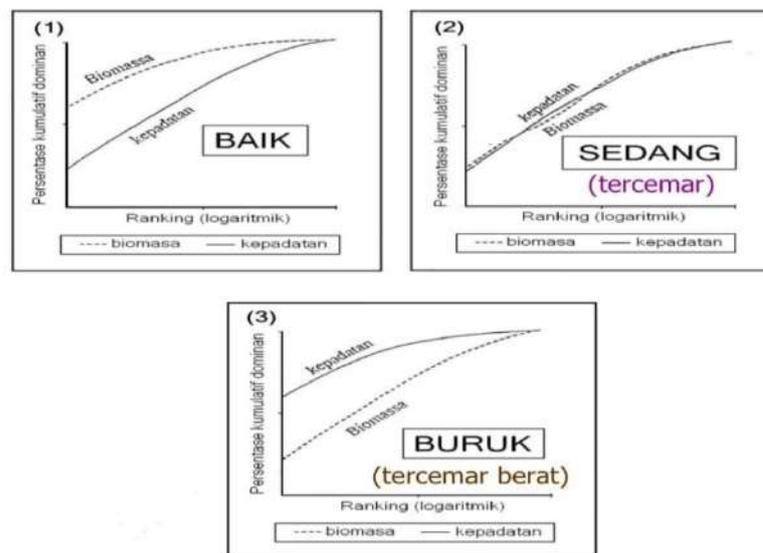
Sumber: Nugroho (2020).

3.4.5 Kurva ABC

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

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

Apabila kurva *K-Dominance* untuk biomassa terletak di atas kurva untuk jumlah individu spesies, maka perairan dikatakan tidak tercemar. Kurva *K-Dominance* untuk biomassa dan jumlah individu spesies saling berhimpitan perairan dikatakan tercemar sedang, sebaliknya jika kurva *K-Dominance* untuk jumlah individu spesies berada di atas kurva biomassa spesies maka perairan dikatakan tercemar berat (Ulfa, 2011). Tersaji pada Gambar 4 di bawah ini kurva ABC antara kelimpahan spesies (_____) dan biomassa (-----).



Gambar 4. Kurva ABC antara kelimpahan spesies dan biomassa
 Sumber: Warwick (1986)

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

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

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

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

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

3.4.6 Analisis Komponen Utama (PCA)

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Indeks keanekaragaman makrozoobentos pada perairan Pulau Kubur termasuk ke dalam kategori sedang dan tinggi. Komposisi kelas makrozoobentos terbanyak yang ditemukan di perairan Pulau Kubur yaitu kelas gastropoda.
2. Nilai kelimpahan makrozoobentos tertinggi berada pada stasiun 1 dengan nilai kelimpahan sebesar 97 ind/m² dimana stasiun 1 berdasarkan analisis PCA dicirikan oleh parameter suhu dan DO.
3. Kualitas perairan Pulau Kubur pada ketiga stasiun berdasarkan kurva ABC termasuk dalam kategori tercemar sedang.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adapun saran untuk pengelola Pulau Kubur yaitu perlu adanya pemantauan terhadap kegiatan antropogenik di sekitar sebagai pemantauan kualitas air pada perairan Pulau Kubur.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., dan Rosyadi, H.I. 2020. Biomonitoring makrozoobentos sebagai indikator kualitas air sungai. *Envirotek. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 12(1): 11-18.
- Aliyas, N.S., dan Ya'la, Z. R. 2016. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis sp*) yang dipelihara pada media bersalinitas. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*. 5(1): 19-27.
- Andria, O., dan Tati, S.S. 2015. Keanekaragaman dan distribusi makrozoobentos di perairan lotik dan lentik kawasan kampus Institut Teknologi Bandung, Jatinangor Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Bioedukasi*. 1(2): 227-235.
- Angelia, D., Adi, W., dan Adibrata, S. 2019. Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobentos di Pantai Batu Belubang Bangka Tengah. *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 13(1): 68–78.
- Anwar, N. 2008. *Karakteristik Fisika Kimia Perairan dan Kaitannya dengan Distribusi Serta Kemelimpahan Larva Ikan di Teluk Pelabuhan Ratu*. (Tesis). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 73 hlm.
- Asriana, Y. 2012. *Produktivitas Perairan*. Bumi Aksara. Jakarta. 278 hlm.
- Asriani, E. 2014. Determinasi nilai pH untuk memprediksi kualitas perairan pada kolong pasca tambang timah di Pulau Bangka. *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 8(1): 1-5.
- Asry, A., Yunasfi, dan Harahap, Z. A. 2014. Komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas perairan Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang. *Journal Aquacoastmarine*. 2(3): 12-17.
- Azhari, S., Febrianti L., dan Susiana, S. 2021. Pola sebaran siput sumpil (*Planaxis sulcatus*) di perairan Pulau Nyamuk, Desa Mensanak Kabupaten Lingga. *Jurnal Akuatik Lestari*. 5(1): 5-10.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Lampung, 2018. FGD pengelolaan sampah Teluk Lampung. *Policy Paper*. 10 hlm.

- Bae, H. K. 2013. Changes of river's water quality responded to rainfall events. *Environment and Ecology Reseachr*. 1(1): 21-25.
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. USU Press. Medan. 66 hlm.
- Campbell, N.A. dan Reece, J. B. 2012. *Biologi*. Edisi ke Delapan Jilid 2. Terjemahan oleh Wulandari. Erlangga: Jakarta. 568 hlm.
- Choirudin, I. R., Supardjo, M.N., dan Muskananfolo, M.R. 2014. Studi hubungan kandungan bahan organik sedimen dengan kelimpahan makrozoobenthos di muara sungai Wedung Kabupaten Demak. Diponegoro. *Journal of Maquares* 3(3): 168-176.
- Dafiuddin, S., Yulianto, dan Baharuddin, 2017. Karakteristik parameter oseanografi fisika kimia perairan pulau kerumputan Kabupaten Kota Baru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*. 2(2): 221.
- Dharma, B. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia (Indonesia Shells)*. Jakarta. PT. Sarana Graha. 111 hlm.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air*. Jurusan MSP Fakultas Perikanan dan Kelautan. IPB. Bogor. 259 hlm.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 257 hlm.
- Efriningsih, R. 2016. Evaluasi kualitas lingkungan perairan pesisir di sekitar TPA Telaga Punggur Kota Batam berdasarkan struktur komunitas makrozoobenthos. *Jurnal Simbiosis*. 5(1): 1-15.
- Endar B., Endang W., dan Rawuh, E. P. 2016. Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12(2): 72-82.
- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta. 198 hlm.
- Fitriana, Y.R. 2005. Keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobenthos di hutan mangrove hasil rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. *Jurnal Biodiversitas*. 7(10) : 67-72.
- Gill, J.C., dan Malamud, D.B. 2017. Anthropogenic processes, natural hazards, and interactions in a multihazard framework. *Earth Science Review*. 166 (2017): 246-269.

- Ginting, E.H. 2006. *Kualitas Perairan Hulu Sungai Ciliwung Ditinjau Dari Struktur Komunitas Makrozoobentos*. (Skripsi). Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 53 hlm.
- Haeruddin, M.R., Muskananfolo dan Saputra, S.W. 2014. Kajian mengenai dampak erosi/abrasi dan sedimentasi terhadap aktivitas perikanan di daerah aliran sungai (DAS) Wakak – Plumbon, Semarang, Jawa Tengah. (Seminar Nasional Tahunan ke IV Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan). Universitas Diponegoro, Semarang. 7 hlm.
- Hanifa, Q. 2016. *Struktur Komunitas Echinodermata di Pantai Sindangkerta Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya*. (Skripsi). FKIP UNPAS. 64 hlm.
- Haslindah. 2003. *Komunitas Makrozoobentos Daerah Intertidal Pantai Slag Kelurahan Dawi-Dawi Kecamatan Pomalaa*. (Skripsi). FKIP. Universitas Haluoleo. Kendari. 73 hlm.
- Hutapea, J.H., Permana G.N., dan Andamari, R. 2007. Perkembangan embrio ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 2(1): 9-14.
- Ira, I., Rahmadani, R., dan Irawati, N. 2015. Keanekaragaman dan kepadatan gastropoda di perairan Desa Morindino Kecamatan Kambowa Kabupaten Buton Utara. *AQUASAINS. Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 3(2): 265-272.
- Irawan, A. dan Sari, L.I. 2013. Karakteristik distribusi horizontal parameter fisika-kimia perairan permukaan di pesisir bagian timur Balikpapan. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis Nusantara*. 1(1): 21-27.
- Izzah, A. N. dan Roziaty, E. 2016. Keanekaragaman makrozoobentos di pesisir pantai Desa Panggung Kecamatan Kedung Kabupaten Jepara. *Jurnal Bioeksperimen*. 2(2) : 140-148.
- Jalaludin dan Ardeslan. 2017. Identifikasi dan klasifikasi phylum echinodermata di perairan Laut Desa Sembilan Kecamatan Simeulue Barat Kabupaten Simeulue. *Jurnal Biology Education*. 6(2): 81– 97.
- Jauhara A. 2012. *Struktur Komunitas Polychaeta pada Lima Muara Sungai di Teluk Jakarta*. (Skripsi). Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Biologi. Universitas Indonesia. 76 hlm.
- Johnson, R.A dan Wichern, D.W, 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 6 th edition, Pearson Prentice Hall. New Jersey. Upper Saddle River. 393 hlm.

- Kapri, A. A., Koenawan, C.J., dan Jaya, Y. V. 2018. *Pengaruh Suhu terhadap Variabilitas Fisika-Kimia di Perairan Teluk Riau Kota Tanjung Pinang Provinsi Kepulauan Riau*. (Skripsi). Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Kepulauan Riau. 31 hlm.
- Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi. 2002. *Kajian Erosi dan Sedimentasi pada DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur*. CRMP, Jakarta. 51 hlm.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. *Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota*. 10 hlm.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI Nomor KEP-02/MENKLH/1/1988. tentang Penetapan Baku Mutu Lingkungan.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. Inc. New York. 654 hlm.
- Kurniawan, K., Supriharyono, S., dan Sasongko, D.P. 2014. Pengaruh kegiatan penambangan timah terhadap kualitas air laut di wilayah pesisir Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 8(1): 13- 22.
- Kusnadi, A. 2016. *Keanekaragaman Makrozoobentos Epifauna pada Perairan Pulau Lae-Lae Makasa*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Alaudin: Makasar. 77 hlm.
- Lakitan, 1986. *Fisiologi Petumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 218 hlm.
- Lubis, M.S., Basyuni, M., dan Suryani, A. 2013. *Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrozoobentos di Sungai Naborsahan Kabupaten Toba Samosir Sumatera Utara*. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. 75 hlm.
- Maddupa, H., Subhan, B., Arafat, D., dan Zamani, N.P. 2016. Riset dan inovasi terumbu karang dan proses pemilihan teknik rehabilitasi: sebuah usulan menghadapi gangguan alami dan antropogenik kasus di Kepulauan Seribu. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. 3(2): 45-54.
- Mahida, U.N. 1993. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Edisi Keempat. Jakarta. PT. Rajawali Grafindo. 543 hlm.
- Mardatila, S., Ismiarti, Jabang, N. 2016. Kepadatan, keanekaragaman dan pola distribusi gastropoda di Danau Diatas, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. Padang. *Jurnal Biocелеbes*. 10(2): 25– 31.

- Maretta, G., Widiani, N., dan Indry, N. S. 2019. Keanekaragaman moluska di Pantai Pasir Putih Lampung Selatan. *Journal of Tropical Biology*. 7(3): 87-94.
- Marganof. 2007. *Model Pengendalian Pencemaran Perairan Danau Maninjau*. (Tesis). Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 162 hlm.
- Mudjiono. 2015. Keanekaragaman fauna moluska di perairan pesisir Gunung Kidul, Yogyakarta. *Bunga Rampai*. 13(2): 119-130.
- Mudjiman, A. 1981. *Budidaya Udang-Udangan*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta. 43 hlm.
- Mulyanto, B. dan Dharmawan, I.W.S. 2017. *Bunga Rampai Pengelolaan Lahan dan Air Berkelanjutan dengan Melibatkan Masyarakat*. Forda Press, Bogor. 246 hlm.
- Mushthofa, A., Muskananfolo, M.R., dan Rudiyantri, S. 2014. Analisis struktur komunitas makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas perairan Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Jurnal of Maquares*. 3(1):81-88.
- Mustofa, A. 2018. Pengaruh total padatan tersuspensi terhadap biodiversitas makrozoobentos di Pantai Telukawur Kabupaten Jepara. *Jurnal Disprotek*, 9(1): 37-45.
- Nugroho, W.H., Maharani H.W., dan Suparmono. 2020. Diversity and abundance of macrozoobenthos in the waters of Kelagian Lunik Island Padang Cermin District Pesawaran Regency. *Aquasains*. 9 (2): 913-921.
- Nurrachmi, I. dan Marwan, B.A. 2012. *Kandungan Bahan Organik Sedimen dan Kelimpahan Makrozoobenthos sebagai Indikator Pencemaran Perairan Pantai Tanjung Uban Kepulauan Riau*. (Skripsi) LIPI Universitas Riau. Pekanbaru. 73 hlm.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Penerjemah : H. Muhammad Eidman. PT Gramedia Pustaka. Jakarta. 281 hlm.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 697 hlm.
- Pamuji, A., Max, R.M. dan Churun, A. 2015. Pengaruh sedimentasi terhadap kelimpahan makrozoobenthos di muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal Saintek Perikanan*. 10(2): 129-135.
- Parker, R. 2012. *Aquaculture Science*. Delmar. New York. 668 hlm.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22. 2021. Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk Biota Laut. Jakarta. 4 hlm.
- Permana, A. 2016. Pola distribusi dan kelimpahan populasi kelomang laut di Pantai Sindangkerta Kecamatan Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(1) :87-98.
- Prasetya, R. 2017. *Keanekaragaman Makrozoobentos sebagai Indikator Kualitas Perairan Kampung Baru Kecamatan Tanjung Pinang Barat Kota Tanjung Pinang*. (Skripsi). Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Maritim Raja Ali Haji. 101 hlm.
- Prasetyo, H., dan Zaman, S. 2016. Pengendalian gulma perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Padang Halaban, Sumatera Utara. *Buletin Agrohorti*, 4(1): 87-93.
- Pratiwi, R., dan Astuti, O. 2012. Biodiversitas krustasea (Decapoda, Brachyura, macrura) dari ekspedisi perairan Kendari 2011. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 17(1) : 8- 14.
- Purnama, P. R., Nastiti, N.W., Agustin, M.E., dan Affandi, M. 2011. Diversitas gastropoda di Sungai Sukamade, Taman Nasional Meru Betiri, Jawa timur. *Berk Penel Hayat*. 16(201): 143-147.
- Rachmawaty. 2011. Indeks keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator tingkat pencemaran di Muara Sungai Jeneberang. *Jurnal Bionature*. 12(2): 103-109.
- Rakhman, A. 1999. *Studi Penyebaran Bahan Organik pada Berbagai Ekosistem di Perairan Pantai Pulau Bonebatang*. (Skripsi) Universitas Hasanuddin, Makassar. 62 hlm.
- Ranto, H P, Mubarak dan Musrifin, G. 2018. Sebaran total suspended solid (TSS) di kawasan muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 23(1): 21-30.
- Rinawati., Hidayat, D., Suprianto, R., dan Dewi, P. S. 2016. Penentuan kandungan zat padat (total dissolved solid dan total suspended solid) di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Kimia Lingkungan*. 1(1): 36-45.
- Rini, D.S. 2011. *Panduan Penilaian Kesehatan Sungai Melalui Pemeriksaan Habitat Sungai dan BIOTILIK*. Djitoe Percetakan. Surabaya. 6 hlm.
- 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.

- Rusyana, A. 2011. *Zoologi Invertebrata, (Teori dan Praktik)*. Alfabeta. Bandung. 282 hlm.
- Santosa, M. (2000). *Struktur Komunitas Makrozoobenthos sebagai Indikator Perubahan Kualitas Perairan Sungai Ciamuk di Daerah Kabupaten Sumedang*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. 84 hlm.
- Sastrawijaya, A.T. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta. 274 hlm
- Satria, M. 2014. *Keanekaragaman dan Distribusi Gastropoda di Perairan Desa Berakit Kabupaten Bintan*. (Skripsi). Fakultas Kelautan dan Perikanan. UMRAH. Tanjung Pinang. 58 hlm.
- Soegianto, A. 1994. *Ekologi Kuantitatif*. Usaha Nasional. Surabaya. 173 hlm.
- Silaban, R. 2019. Studi etnoteknologi dan pemanfaatan sia-sia (*Sipunculus nudus*) oleh masyarakat di Pulau Nusalaut, Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Kelautan*. 12(1): 78-88.
- Simatupang, L.O., Khardinata, E., dan Hanifahmutia, Z.N.A. 2017. Keanekaragaman jenis makrozoobentos di Muara Sungai Nipah Kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Sumatera Utara. *Jurnal Biologi*, 4(1): 69-8.
- Sidik, R. Y., Dewiyanti, I., dan Octavina, C. 2016. Struktur komunitas makrozoobentos di beberapa muara Sungai Kecamatan Susoh Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*. 1(2): 287- 296.
- Sinaga, T. 2009. *Keanekaragaman Makrozoobenthos sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba Balige Kabupaten Toba Samosir*. (Tesis) Universitas Sumatra Utara. Medan. 93 hlm.
- Supono, dan Arbi, U.Y. 2012. Kelimpahan dan keragaman echinodermata di Pulau Pari Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 4(1): 114-120.
- Syaffitri, E. 2003. *Struktur Komunitas Gastropoda (Molusca) di Hutan Mangrove Muara Sungai Donan Kawasan BKPH Rawa Timur, KPH Banyumas Cilacap, Jawa Tengah*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. 56 hlm.
- Taqwa, A. 2010. *Analisis Produktifitas Primer Fitoplankton dan Struktur Komunitas Fauna Makrobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan Kota Tarakan, Kalimantan Timur*. (Tesis). Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang. 109 hlm.

- Terinbali. 2015. *Sebaran dan Keragaman Makrozobentos serta Keterkaitannya dengan Komunitas Lamun di Calon Kawasan Konservasi Perairan Daerah (KKPD) di Perairan Kabupaten Luwu Utara*. (Skripsi). Program Studi Ilmu Kelautan Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hassanudin. Makasar. 106 hlm.
- Triwiyanto, K., Suartini, N., dan Subagio, J. 2015. Keanekaragaman Moluska di Pantai Serangan, Desa Serangan Kecamatan Denpasar Selatan Bali. *Jurnal Biologi*. 19(2): 63-68.
- Tumembouw, S.S. 2012. Kualitas air pada lokasi budidaya ikan di perairan Desa Eris, Danau Tondano, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. 8(1): 33-36.
- Turra, A. dan M. R. Denadai. 2006. Microhabitat use by two rocky shore gastropods in an intertidal sandy substrate with rocky fragments. Brazil. *Journal Biology*, 351-355.
- Ulfa, Y. 2011. *Status Pencemaran dan Indeks Ekologi Annelida sebagai Bioindikator Pencemaran Lingkungan pada Muara Sungai di Kabupaten Pangkep*. (Tesis). Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar. 98 hlm.
- Ulfah, Y., Widianingsih dan M. Zainuri. 2012. Struktur komunitas di perairan wilayah Morosari Desa Bendono, Kecamatan Sayung Demak. *Jurnal Marine Research*. 1(2): 188-196.
- Umar, B.H. 2009. Principal component analysis (PCA) dan aplikasinya dengan SPSS. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(3): 214-220.
- Wagey, T. dan Arifin Z. 2008. *Marine Biodiversity Review of the Arafura and Timor Seas*. Institute of Science United Nation Development Programme Census of Marine Life. Ministry of Marine Affairs Fisheries Indonesia. 136 hlm.
- Wahab, M.A. 2019. Modifikasi aerasi terhadap peningkatan oksigen terlarut yang mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan sintasan pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 5(2): 65-72.
- Wardhana, W. 2006. *Metoda Prakiraan Dampak dan Pengelolaannya pada Komponen Biota Akuatik*. Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan. Jakarta. (PPSML) Universitas Indonesia. 20 hlm.
- Warwick, R. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*. 92(4): 557-562.
- Weber, J.N. 1973 Incorporation of strontium into reef coral skeletal carbonate. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 8(12): 2173-2190.

- Yolanda, R., Syaifullah, S., Nurdin, J., Febriani, Y., dan Muchlisin, Z. A. 2015. Diversity of gastropods (Mollusc) in the mangrove ecosystem of the Nirwana coast, Padang City, West Sumatra, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 8(5): 687-693.
- Yonvitner, Y., dan Imran, Z. 2006. Rasio biomasa dan tingkat pencemaran di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Kelimpahan Makrozoobenthos Sebagai Penduga Pertanian Indonesia*. 11(3): 11-17.
- Yuli, G., Fajri, N.E., dan Fauzi, M. 2017. Kelimpahan gastropoda di Sungai Kampar Kanan Kelurahan Air Tiris Kecamatan Kampar. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*. 5(1): 1-8.
- Zahidin, M. 2008. *Kajian Kualitas Air di Muara Sungai Pekalongan Ditinjau dari Indeks Keanekaragaman Makrobenthos dan Indeks Saprobitas Plankton*. (Tesis). Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang. 86 hlm.
- Zulkifli, H dan Setiawan, D. 2011. Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai Instrumen Biomonitoring. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(1): 95-99.