

**KELIMPAHAN FITOPLANKTON DAN ZOOPLANKTON DI PERAIRAN  
MANGROVE KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI  
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**YULIA FARANTIKA  
NPM 1914221013**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**KELIMPAHAN FITOPLANKTON DAN ZOOPLANKTON DI PERAIRAN  
MANGROVE KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI  
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

**Oleh**

**YULIA FARANTIKA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERIKANAN / SAINS\***

**Pada**

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



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### KELIMPAHAN FITOPLANKTON DAN ZOOPLANKTON DI PERAIRAN MANGROVE KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Oleh

**YULIA FARANTIKA**

Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di perairan mangrove dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia serta ketersediaan nutrien, sehingga dapat digunakan sebagai indikator kesuburan dan kualitas perairan. Penelitian bertujuan untuk menganalisis kelimpahan plankton dan hubungannya dengan nutrien, menganalisis keterkaitan antarstasiun berdasarkan kesamaan Bray-Curtis, menganalisis tingkat pencemaran berdasarkan komposisi fitoplankton. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus-September tahun 2023 di perairan mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, dengan metode *purposive sampling*. Analisis data meliputi kelimpahan plankton, indeks ekologi, indeks saprobitas, serta analisis kemiripan menggunakan indeks Bray-Curtis dengan bantuan perangkat lunak PAST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fitoplankton paling banyak dijumpai pada kelas Bacillariophyceae, sedangkan zooplankton kelas Copepoda ditemukan dalam jumlah lebih rendah dan hanya beberapa stasiun. Nilai indeks ekologi menunjukkan hasil bahwa komunitas plankton relatif stabil dengan penyebaran jenis cukup merata, sehingga kondisi perairan mangrove masih mampu mendukung produktivitas dan kestabilan plankton. Stasiun pengamatan terbagi dalam tiga kelompok dengan tingkat kemiripan komunitas plankton sekitar 70%. Indeks saprobitas komunitas fitoplankton di perairan mangrove kecamatan Labuhan Maringgai berkisar antara 1,00-1,40, sehingga dikategorikan  $\beta$ -mesosaprobik, yang artinya tingkat pencemaran di lokasi penelitian relatif ringan-sedang dengan sedikit pencemaran yang disebabkan oleh bahan organik dan anorganik.

Kata kunci: Bray-Curtis, Fitoplankton, Perairan Mangrove, Saprobitas, Zooplankton.

## **ABSTRACT**

### **ABUNDANCE OF PHYTOPLANKTON AND ZOOPLANKTON IN THE MANGROVE WATERS OF LABUHAN MARINGGAI DISTRICT EAST LAMPUNG REGENCY**

**By**

**YULIA FARANTIKA**

The abundance of phytoplankton and zooplankton in mangrove waters is influenced by physicochemical conditions and nutrient availability, therefore they can be used as indicators of water fertility and quality. This study aimed to analyze plankton abundance and its relationship with nutrients, analyze the relationships among stations based on Bray-Curtis similarity, and analyze pollution levels based on phytoplankton composition. The research was conducted from August to September 2023 in the mangrove waters of Labuhan Maringgai District, East Lampung Regency, using a purposive sampling method. Data analysis included plankton abundance, ecological indices, saprobic index, and similarity analysis using the Bray-Curtis index with the assistance of PAST software. The results showed that phytoplankton were predominantly represented by the class Bacillariophyceae, while zooplankton from the class Copepoda were found in lower abundance and only at several stations. The ecological index values indicated that the plankton community was relatively stable with a fairly even distribution of species, suggesting that the mangrove waters were still capable of supporting plankton productivity and stability. The observation stations were divided into three groups with approximately 70% similarity in plankton community composition. The saprobic index of the phytoplankton community in the mangrove waters of Labuhan Maringgai District ranged from 1,00 to 1,40, categorized as  $\beta$ -mesosaprobic, indicating a light to moderate level of pollution caused by organic and inorganic materials.

**Keywords:** Bray-Curtis, Mangrove Waters, Phytoplankton, Saprobic Index, Zooplankton.

Judul : KELIMPAHAN FITOPLANKTON DAN  
ZOOPLANKTON DI PERAIRAN MANGROVE  
KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI  
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Nama : **Yulia Farantika**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914221013

Program Studi : Ilmu Kelautan

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
Eko Efendi, S.T., M.Si.  
NIP. 197803292003121001

  
Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.  
NIP. 199001202019031011

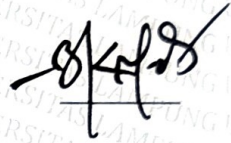
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

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

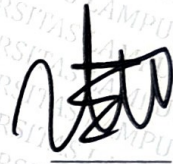
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

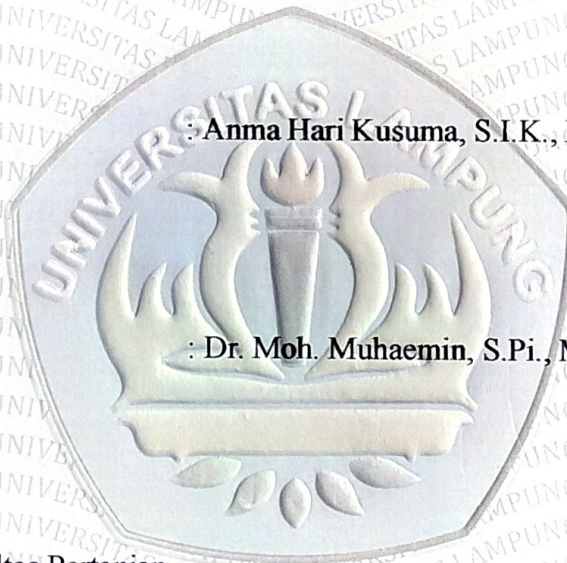
**Ketua** : Eko Efendi, S.T., M.Si.



**Sekretaris** : Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.



**Penguji** : Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Kuswanta Yutas Hidayat, M.P.**  
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 12 Mei 2026



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

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

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul “**Kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton di Perairan Mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur**” tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

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

Bandar Lampung, 9 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Yulia Farantika  
NPM. 1914221013

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kecamatan Pringsewu Selatan, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, pada tanggal 15 Juli 2001 sebagai anak ketiga dari pasangan suami istri Bapak Pranjono dan Ibu Sriatun. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Aisyiyah Bustanul Athfal Pringsewu, Lampung pada tahun 2006-2007, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Pringsewu Selatan pada tahun 2007-2013, dilanjutkan ke pendidikan pertama di MTs Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2013-2016, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Ambarawa pada tahun 2016-2019.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2019. Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) Universitas Lampung sebagai anggota Kewirausahaan pada tahun 2021, dan menjabat sebagai Bendahara Umum Himapik pada tahun 2022.

Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bandung Baru Barat, Kecamatan Adiluwih, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari-Februari tahun 2022. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Desa Sungai Nibung, Kecamatan Dente Teladas, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung pada bulan Juni-Juli tahun 2022.

Untuk orang tua tercinta, Bapak Pranjono dan Ibu Sriatun,  
yang tiada henti selalu mendoakan yang terbaik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton di Perairan Mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu dan selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama;
6. Pranjono dan Sriatun selaku kedua orang tua.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026

**Yulia Farantika**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Ekosistem Mangrove.....	5
2.2 Fitoplankton .....	6
2.2.1 Klasifikasi Fitoplankton .....	7
2.3 Zooplankton .....	10
2.3.1 Klasifikasi Zooplankton.....	11
2.4 Hubungan Fitoplankton dan Zooplankton.....	14
2.5 Faktor Fisika-Kimia Perairan .....	15
2.5.1 Suhu .....	15
2.5.2 Salinitas.....	15
2.5.3 Derajat Keasaman (pH) .....	16
2.5.4 Oksigen Terlarut atau DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) .....	17
2.5.5 Kecerahan .....	17
2.5.6 Kecepatan Arus.....	18
2.5.7 Nitrat .....	18
2.5.8 Fosfat .....	19
2.6 Indeks Ekologi.....	20
2.7 Indeks Saprobitas .....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.1.1 Waktu Penelitian.....	22

3.1.2 Tempat Penelitian.....	22
3.2 Bahan dan Alat .....	22
3.2.1 Bahan .....	22
3.2.2 Alat .....	24
3.3 Penentuan Lokasi Penelitian .....	24
3.4 Pengambilan Sampel Fitoplankton dan Zooplankton .....	25
3.5 Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan .....	25
3.6 Identifikasi Plankton .....	25
3.7 Analisis Data .....	26
3.7.1 Kelimpahan Plankton.....	26
3.7.2 Indeks Keanekaragaman.....	26
3.7.3 Indeks Keseragaman.....	26
3.7.4 Indeks Dominansi.....	27
3.7.5 Indeks Saprobitas.....	27
3.7.6 Analisis Kemiripan Komunitas Plankton serta Keterkaitannya dengan Kondisi Lingkungan. ....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Komposisi dan Kelimpahan Plankton di Perairan Mangrove .....	29
4.2 Sebaran Kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton.....	34
4.2.1 Fitoplankton .....	34
4.2.2 Zooplankton .....	46
4.3 Parameter Perairan .....	48
4.4 Indeks Ekologi Plankton .....	50
4.5 Indeks Saprobitas.....	53
4.6 Analisis Klaster Berdasarkan Indeks Similaritas Bray–Curtis .....	54
4.7 Hubungan Fitoplankton dan Zooplankton dengan Parameter Perairan sebagai Bioindikator di Perairan. ....	56
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>59</b>
5.1 Simpulan .....	59
5.2 Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan penelitian .....	22
2. Alat penelitian .....	25
3. Klasifikasi nilai indeks saprobitas. ....	28
4. Komposisi fitoplankton dan zooplankton yang ditemukan pada tiap titik lokasi pengamatan.....	30
5. Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di titik lokasi pengambilan sampel pada masing-masing kelas.....	33
6. Karakteristik parameter kualitas perairan fisika-kimia.....	49
7. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di setiap titik lokasi pengamatan .....	53
8. Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di stasiun pengambilan sampel pada masing-masing jenis.....	70
9. Indeks similaritas Bray-Curtis.....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian .....	3
2. Fitoplankton kelas Bacillariophyceae: (a) <i>Fragilaria</i> sp., (b) <i>Nitzschia</i> sp., (c) <i>Licmophora</i> sp., (d) <i>Navicula</i> sp., (e) <i>Pinnularia</i> sp., (f) <i>Gomphonemas</i> sp., (g) <i>Asterionella</i> sp., (h) <i>Licmophora</i> sp., (i) <i>Navicula</i> sp.....	7
3. Fitoplankton kelas Dinophyceae: (a) <i>Ceratium</i> sp., (b) <i>Peridinium</i> sp., (c) <i>Gonyaulax</i> sp., (d) <i>Prorocentrum</i> sp., (e) <i>Ceratium</i> sp., (f) <i>Dinophysis</i> sp., (g) <i>Protoperidinium</i> sp., (h) <i>Noctiluca</i> sp., (i) <i>Gymnodinium</i> sp .....	8
4. Fitoplankton kelas Cyanophyceae: (a) <i>Oscillatoria</i> sp., (b) <i>Anabaena</i> sp., (c) <i>Spirulina</i> sp., (d) <i>Lyngbya</i> sp., (e) <i>Nostoc</i> sp., (f) <i>Microcystis</i> sp.....	9
5. Fitoplankton kelas Chlorophyceae: (a) <i>Scenedesmus</i> sp., (b) <i>Pediastrum</i> sp., (c) <i>Desmidium</i> sp., (d) <i>Scenedesmus</i> sp .....	10
6. Zooplankton kelas Protozoa: (a) <i>Arcella</i> sp., (b) <i>Stentor</i> sp., (c) <i>Spirostomum</i> sp., (d) <i>Brachionus</i> sp., (e) <i>Paramecium</i> sp., (f) <i>Ceratium</i> sp., (g) <i>Colpoda</i> sp., (h) <i>Vorticella</i> sp .....	12
7. Zooplankton kelas Ctenophora.....	13
8. Zooplankton kelas Copepoda: (a) <i>Favella</i> sp., (b) <i>Zaus</i> sp., (c) <i>Pontellina</i> sp., (d) <i>Calanus</i> sp.....	14
9. Lokasi penelitian .....	23
10. Kelas Bacillariophyceae: (a) <i>Actinocyclus</i> sp., (b) <i>Bacillaria</i> sp., (c) <i>Chaetecorus</i> sp., (d) <i>Guynardia</i> sp., (e) <i>Hemialus</i> sp., (f) <i>Navicula</i> sp., (g) <i>Rhizosolenia</i> sp., (h) <i>Skeletonema</i> sp., (i) <i>Surirella</i> sp., (j) <i>Thalassionema</i> sp., (k) <i>Thalassiosira</i> sp.; kelas Charophyceae: (l) <i>Gyrogshima</i> sp.; kelas Coscinodiscophyceae: (m) <i>Bacteriastrum</i> sp., (n) <i>Coscinodiscus</i> sp., (o) <i>Proboscia</i> sp.; kelas Trebouxiophyceae: (p) <i>Stichococcus</i> sp.; kelas Copepoda: (q) <i>Diaptomus</i> sp., (r) <i>Cyclops</i> sp .....	32
11. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Bacillariophyceae dan kontur konsentrasi nitrat.....	35
12. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Bacillariophyceae dan kontur konsentrasi fosfat .....	36
13. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Charophyceae dan kontur konsentrasi nitrat.....	38
14. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Charophyceae dan kontur konsentrasi fosfat.....	39
15. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Coscinodiscophyceae dan kontur konsentrasi nitrat .....	41

16. Sebaran kelimpahan fitoplankton fitoplankton kelas Coscinodiscophyceae dan kontur konsentrasi fosfat .....	42
17. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Trebouxiophyceae dan kontur konsentrasi nitrat. ....	44
18. Sebaran kelimpahan fitoplankton kelas Trebouxiophyceae dan kontur konsentrasi fosfat.....	45
19. Sebaran kelimpahan zooplankton kelas Copepoda dan kelimpahan .....	47
20. Indeks ekologi: (a) keanekaragaman ( $H'$ ), (b) keseragaman ( $E$ ), dan (c) dominansi ( $C$ ).....	51
21. Dendogram kelimpahan fitoplankton dan zooplankton.....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	72

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki produktivitas primer tinggi dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekologis perairan pesisir. Mangrove berfungsi sebagai daerah penyangga (*buffer zone*), pelindung garis Pantai, serta habitat dan daerah asuhan (*nursery ground*) bagi berbagai organisme perairan. Serasah mangrove yang terdekomposisi akan melepaskan bahan organik dan unsur hara ke perairan, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi yang mendukung produktivitas primer (Alongi, 2014; Mann & Lazier, 2013).

Fitoplankton dan zooplankton merupakan komponen penting dalam jaring-jaring makanan perairan. Fitoplankton berperan sebagai produsen primer yang menjadi dasar aliran energi di ekosistem perairan, sedangkan zooplankton berfungsi sebagai konsumen primer yang menghubungkan produsen dengan tingkat trofik yang lebih tinggi, seperti ikan dan invertebrata akuatik (Wetzel, 2001). Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton mencerminkan kondisi kesuburan perairan serta ketersediaan energi dalam suatu ekosistem akuatik (Effendi, 2003).

Kelimpahan plankton sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia perairan, seperti ketersediaan nutrisi nitrat dan fosfat, suhu, kecerahan, pH, salinitas, serta dinamika perairan. Nitrat dan fosfat merupakan nutrisi utama yang berperan langsung dalam pertumbuhan fitoplankton, sehingga peningkatan konsentrasi nutrisi umumnya diikuti oleh peningkatan kelimpahan fitoplankton, yang selanjutnya dapat memengaruhi kelimpahan zooplankton sebagai konsumen primer (APHA, 2005; Reynolds, 2006).

Perairan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur merupakan kawasan pesisir yang dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas manusia, seperti perikanan, tambak, pemukiman, dan aktivitas daratan lainnya. Aktivitas tersebut berpotensi meningkatkan masukan nutrien dan bahan organik ke perairan mangrove melalui aliran sungai dan limpasan permukaan. Masukan nutrien yang berlebihan dapat memicu perubahan produktivitas perairan dan tercermin pada perubahan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton (Cloern et al., 2016). Informasi mengenai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di perairan mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai masih relatif terbatas. Data tersebut cukup penting sebagai dasar dalam pemantauan kualitas perairan dan pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah:

1. menganalisis hubungan kelimpahan plankton dan indeks ekologi dengan nutrien,
2. menganalisis keterkaitan antar stasiun berdasarkan kesamaan Bray-Curtis, dan
3. menganalisis tingkat pencemaran berdasarkan komposisi jenis fitoplankton.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

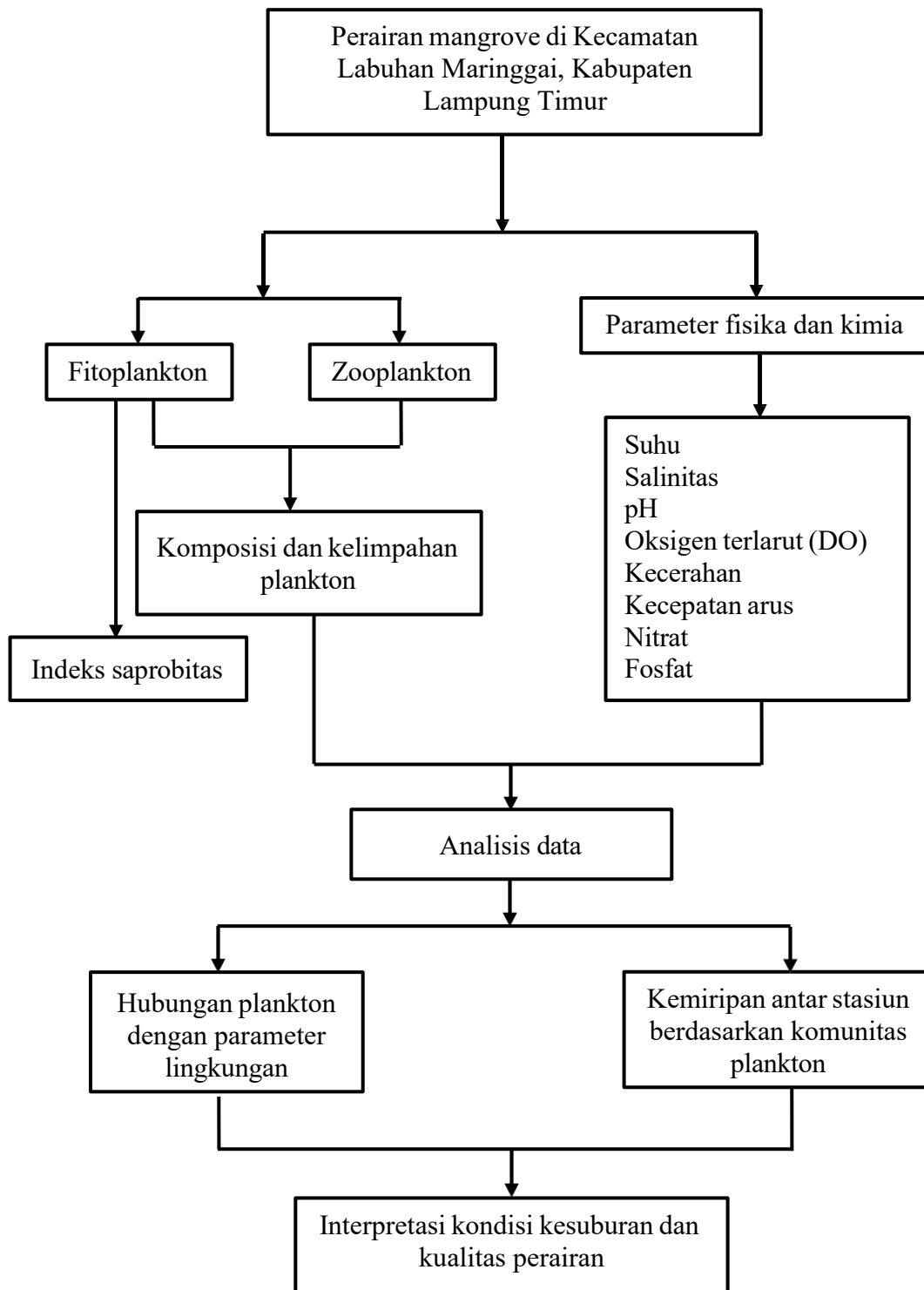
Hasil penelitian diharapkan dapat memberi informasi kepada masyarakat dan sebagai referensi bagi para peneliti mengenai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton serta kaitannya dengan kualitas perairan di perairan mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur.

#### 1.4 Kerangka Pemikiran

Perairan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur merupakan ekosistem pesisir yang memiliki karakteristik lingkungan yang dinamis dan dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia perairan. Variasi faktor lingkungan seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), salinitas, kecerahan, kecepatan arus, serta kandungan nutrisi nitrat dan fosfat berperan penting dalam menentukan kualitas perairan serta mendukung kehidupan organisme akuatik di dalamnya. Kondisi tersebut secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi struktur komunitas biota perairan, khususnya plankton.

Keberadaan dan dinamika fitoplankton dan zooplankton sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia perairan, sehingga perubahan lingkungan dapat tercermin melalui komposisi jenis dan kelimpahan plankton. Komposisi dan kelimpahan plankton yang diperoleh melalui proses identifikasi jenis digunakan untuk menggambarkan struktur komunitas plankton pada setiap stasiun pengamatan. Struktur komunitas plankton dianalisis menggunakan indeks ekologi, yang meliputi keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi. Selain itu, data fitoplankton dimanfaatkan untuk menghitung indeks saprobitas sebagai indikator tingkat pencemaran organik dan kondisi kualitas perairan. Indeks saprobitas memberikan informasi tambahan mengenai status ekologi perairan berdasarkan toleransi fitoplankton terhadap bahan organik.

Analisis kemiripan struktur komunitas plankton antar stasiun, dilakukan analisis kluster menggunakan indeks similaritas Bray–Curtis. Analisis ini didasarkan pada data komposisi dan kelimpahan plankton sehingga mampu menggambarkan pola kesamaan dan perbedaan komunitas plankton antar lokasi penelitian. Berdasarkan keseluruhan analisis tersebut, dapat diinterpretasikan kondisi kesuburan dan kualitas perairan di lokasi penelitian secara menyeluruh.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir tropis dan subtropis yang berkembang di daerah pasang surut, terutama di muara sungai dan wilayah pantai yang terlindung. Mangrove dicirikan oleh vegetasi halofit yang mampu beradaptasi terhadap kondisi salinitas tinggi, substrat berlumpur, serta fluktuasi pasang surut yang ekstrem (Alongi, 2008). Produktivitas tinggi ekosistem mangrove didukung oleh tingginya produksi serasah dari vegetasi mangrove yang kemudian mengalami proses dekomposisi. Proses ini menghasilkan nutrisi terlarut seperti nitrat dan fosfat yang dilepaskan ke perairan sekitarnya dan dimanfaatkan oleh organisme autotrof, khususnya fitoplankton (Rahman et al., 2022). Dengan demikian, mangrove berperan sebagai penyumbang nutrisi utama yang mendukung produktivitas primer perairan pesisir.

Ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai *nursery ground*, *feeding ground*, dan *spawning ground* bagi berbagai jenis ikan, krustasea, dan moluska. Keberadaan fitoplankton dan zooplankton dalam jumlah melimpah menyediakan sumber pakan alami yang penting bagi larva dan juvenil organisme perairan (Nagelkerken et al., 2020). Hubungan ini menunjukkan bahwa kondisi ekosistem mangrove sangat memengaruhi struktur komunitas plankton dan keberlanjutan rantai makanan perairan. Ekosistem mangrove juga berperan sebagai indikator kesehatan lingkungan pesisir.

Perubahan tutupan mangrove akibat aktivitas antropogenik, seperti alih fungsi lahan dan pencemaran dapat berdampak langsung terhadap kualitas perairan dan dinamika komunitas plankton (Lovelock et al., 2025). Oleh karena

Itu, kajian mengenai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton di perairan mangrove penting dilakukan sebagai dasar evaluasi kondisi ekosistem dan pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

## 2.2 Fitoplankton

Fitoplankton merupakan organisme mikroskopis fotosintetik yang melayang di kolom perairan dan berperan sebagai produsen primer dalam ekosistem akuatik. Fitoplankton memanfaatkan cahaya matahari serta nutrisi terlarut, seperti nitrat dan fosfat, untuk melakukan proses fotosintesis sehingga menghasilkan bahan organik dan oksigen yang mendukung kehidupan organisme perairan lainnya (Alongi, 2018). Di perairan mangrove, fitoplankton menjadi komponen dasar rantai makanan dan memiliki peran penting dalam menjaga produktivitas dan keseimbangan ekosistem pesisir.

Peran fitoplankton di ekosistem mangrove sangat penting sebagai sumber energi utama bagi zooplankton dan organisme akuatik tingkat trofik yang lebih tinggi. Selain itu, fitoplankton berkontribusi dalam siklus nutrisi dengan menyerap nutrisi anorganik hasil dekomposisi serasah mangrove dan mengubahnya menjadi biomassa yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen primer (Nagelkerken et al., 2020; Kristensen et al., 2022). Keberadaan fitoplankton yang melimpah mendukung fungsi perairan mangrove sebagai *nursery ground* bagi larva ikan dan invertebrata.

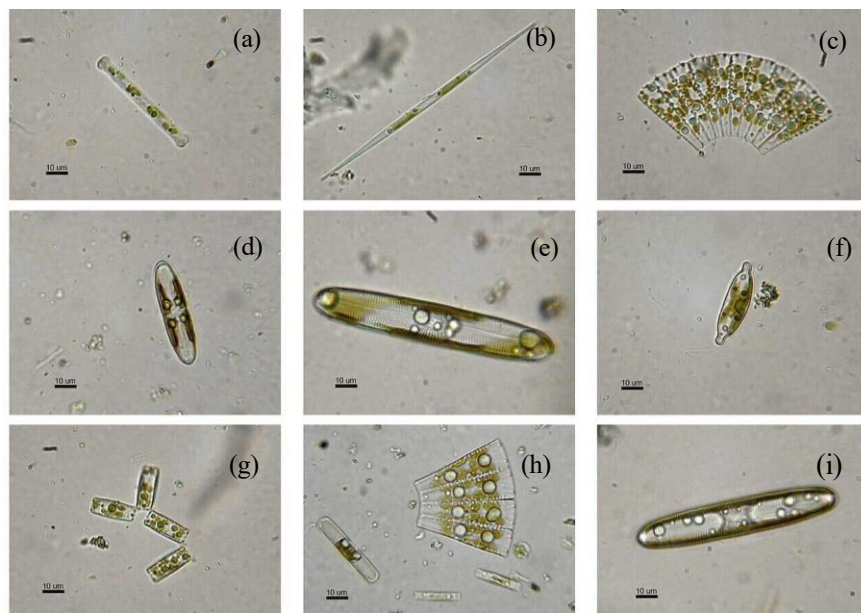
Kelimpahan fitoplankton sering digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan perairan. Perairan mangrove yang memiliki kandungan nutrisi tinggi umumnya menunjukkan kelimpahan fitoplankton yang lebih besar, mencerminkan kondisi perairan yang subur atau eutrofik (Rahman et al., 2022). Peningkatan kelimpahan fitoplankton yang berlebihan juga dapat mengindikasikan gangguan keseimbangan ekosistem akibat masukan nutrisi yang berlebih. Oleh karena itu, analisis kelimpahan fitoplankton menjadi parameter penting dalam menilai status trofik dan kualitas perairan mangrove.

## 2.2.1 Klasifikasi Fitoplankton

### a. Kelas Bacillariophyceae

Bacillariophyceae merupakan kelas fitoplankton yang paling sering ditemukan di berbagai macam perairan. Ukuran diatom pada umumnya adalah berkisar 5  $\mu\text{m}$ -2 mm. Ciri khusus utamanya memiliki dinding sel yang mengandung silikat dan apabila Bacillariophyceae mati, maka cangkangnya akan tetap utuh dan mengendap menjadi sedimen. Bacillariophyceae memiliki sel-sel dengan berbagai bentuk yang bervariasi antar spesies dengan spesies lainnya dan memiliki ukuran yang bervariasi dalam satu spesies (Nontji, 2008).

Bacillariophyceae terbagi menjadi 2 ordo, yaitu Centrales (*centric* Bacillariophyceae) dan Pennales (*pennate* Bacillariophyceae). Bacillariophyceae memiliki ciri-ciri yaitu bentuk selnya simetri bilateral yang umumnya memanjang atau memiliki bentuk sigmoid seperti huruf "S", sedangkan Bacillariophyceae sentrik memiliki ciri bentuk sel simetri radial dengan satu titik pusat (Nontji, 2008).



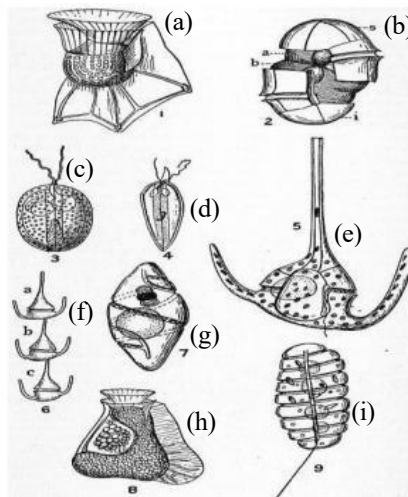
Gambar 2. Fitoplankton kelas Bacillariophyceae: (a) *Fragilaria* sp., (b) *Nitzschia* sp., (c) *Licmophora* sp., (d) *Navicula* sp., (e) *Pinnularia* sp., (f) *Gomphonemas* sp., (g) *Asterionella* sp., (h) *Licmophora* sp., (i) *Navicula* sp.

Sumber: Sahoo, 2023.

## b. Kelas Dinophyceae (Dinoflagellata)

Dinophyceae merupakan kelompok fitoplankton bersel satu yang memiliki dua flagella, yaitu satu flagelum melingkar (transversal) dan satu flagelum memanjang (longitudinal, yang memungkinkan organisme ini bergerak aktif di kolom perairan. Kemampuan bergerak ini memberi keuntungan ekologis karena Dinophyceae dapat menyesuaikan posisi terhadap cahaya dan nutrisi, terutama pada perairan seperti mangrove yang mengalami fluktuasi pasang surut dan kondisi lingkungan yang dinamis (Graham et al., 2009).

Perkembangbiakan Dinophyceae umumnya terjadi secara aseksual melalui pembelahan sel biner, di mana satu sel membelah menjadi dua sel anak yang identik. Ada kondisi lingkungan tertentu, Dinophyceae juga dapat berkembang biak secara seksual, yang diawali dengan pembentukan gamet, peleburan zigot, dan pembentukan kista istirahat (*resting cyst*). Berdasarkan cara memperoleh makanan, Dinophyceae menunjukkan strategi nutrisi yang beragam. Sebagian besar spesies bersifat autotrof dan melakukan fotosintesis, sementara spesies lain bersifat heterotrof dengan memangsa fitoplankton kecil, bakteri, atau detritus. Fleksibilitas strategi nutrisi ini memungkinkan Dinophyceae bertahan dan berkembang pada perairan mangrove yang kaya bahan organik namun sering mengalami keterbatasan cahaya atau nutrisi tertentu (Jeong et al., 2010).



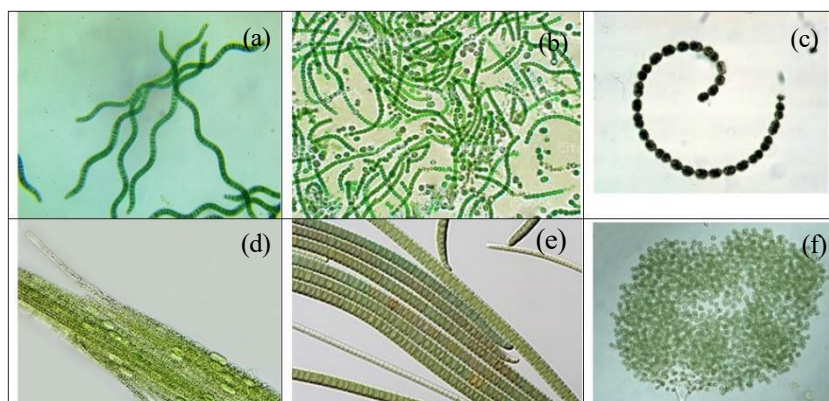
Gambar 3. Fitoplankton kelas Dinophyceae: (a) *Ceratium* sp., (b) *Peridinium* sp., (c) *Gonyaulax* sp., (d) *Prorocentrum* sp., (e) *Ceratium* sp., (f) *Dinophysis* sp., (g) *Protoperidinium* sp., (h) *Noctiluca* sp., (i) *Gymnodinium* sp.

Sumber: Nontji, 2008.

### c. Kelas Cyanophyceae (Alga Hijau Biru)

Cyanophyceae memiliki karakteristik khusus, yaitu adanya zat warna hijau kebiruan (Cyanopsin) atau biasa disebut pigmen fikosianin. Cyanophyceae tidak memiliki flagella sebagai alat geraknya, sehingga pergerakannya hanya dengan meluncur (Kabinawa, 2006). Perkembangbiakan Cyanophyceae umumnya berlangsung secara aseksual, terutama melalui pembelahan sel biner pada bentuk uniseluler dan fragmentasi filamen pada bentuk berfilamen.

Cyanophyceae bersifat autotrof dengan melakukan fotosintesis oksigenik. Beberapa genus memiliki kemampuan fiksasi nitrogen melalui sel khusus yang disebut heterosista, sehingga mampu tumbuh pada perairan dengan ketersediaan nitrogen anorganik yang rendah. Kemampuan ini memberikan keunggulan kompetitif bagi Cyanophyceae di perairan mangrove yang sering mengalami ketidakseimbangan rasio nutrien akibat masukan bahan organik dari daratan (Paerl & Otte, 2013).

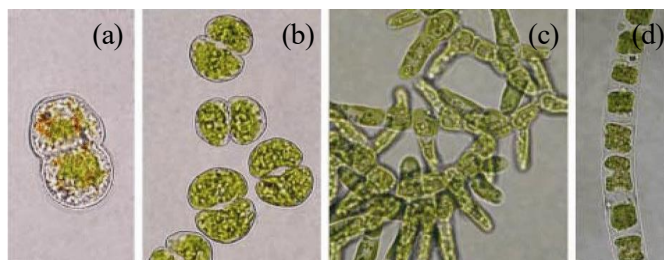


Gambar 4. Fitoplankton kelas Cyanophyceae: (a) *Oscillatoria* sp., (b) *Anabaena* sp., (c) *Spirulina* sp., (d) *Lyngbya* sp., (e) *Nostoc* sp., (f) *Microcystis* sp.

Sumber: Masithah, 2020.

#### d. Kelas Chlorophyceae

Chlorophyceae merupakan yang paling banyak ditemukan di perairan tawar di Indonesia, namun ada juga yang hidup perairan payau dan asin. Chlorophyceae memiliki kloroplas yang berwarna hijau, mengandung pigmen klorofil a dan b, serta karotenoid. Pigmen yang paling banyak ditemukan pada kelas Chlorophyceae yaitu pigmen klorofil a, sehingga menyebabkan alga ini berwarna hijau dominan. Chlorophyceae memiliki cadangan makanan dalam bentuk pirenoid dan dinding selnya terbentuk dari selulosa (Effendi, 2003).



Gambar 5. Fitoplankton kelas Chlorophyceae: (a) *Scenedesmus* sp., (b) *Pedicestrum* sp., (c) *Desmidium* sp., (d) *Scenedesmus* sp.  
Sumber: Vítová et al., 2005.

### 2.3 Zooplankton

Zooplankton merupakan organisme heterotrof mikroskopis hingga berukuran kecil yang hidup melayang di kolom perairan dan berperan sebagai konsumen primer maupun sekunder dalam ekosistem akuatik. Zooplankton memanfaatkan fitoplankton, detritus, dan organisme mikro lainnya sebagai sumber pakan, sehingga menjadi penghubung utama antara produsen primer dan organisme pada tingkat trofik yang lebih tinggi (Soria et al., 2019). Di perairan mangrove, zooplankton memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan rantai makanan dan mendukung produktivitas perairan pesisir.

Peran zooplankton di ekosistem mangrove sangat penting sebagai pengontrol populasi fitoplankton melalui aktivitas pemangsaan (*grazing*). Selain itu, zooplankton berfungsi sebagai sumber pakan utama bagi ikan, larva, dan organisme nekton lainnya yang menjadikan perairan mangrove sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) (Nagelkerken et al., 2020). Dengan demikian, keberadaan zooplankton yang melimpah mencerminkan tersedianya energi yang cukup untuk meno-

pang keberlangsungan biota perairan mangrove.

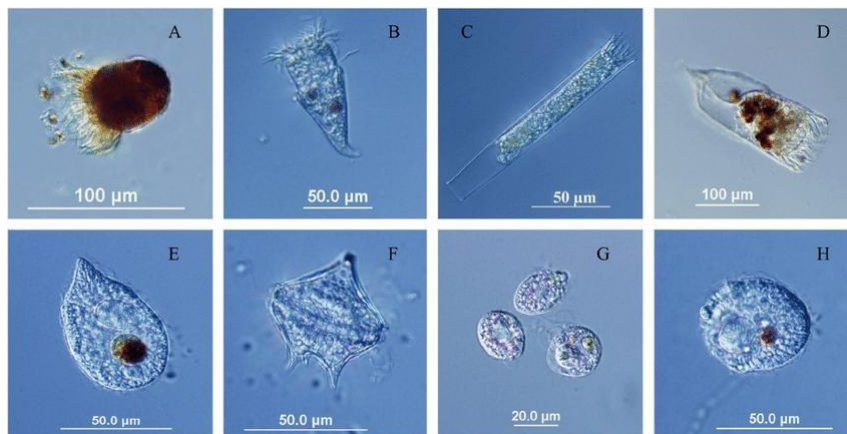
Kelimpahan zooplankton sering berkaitan erat dengan tingkat kesuburan perairan dan kelimpahan fitoplankton. Perairan mangrove dengan kandungan nutrisi tinggi umumnya menunjukkan kelimpahan zooplankton yang lebih besar sebagai respons terhadap meningkatnya ketersediaan pakan alami (Rahman et al., 2022). Namun, perubahan kondisi lingkungan yang ekstrem atau gangguan antropogenik dapat memengaruhi struktur komunitas zooplankton. Oleh karena itu, analisis kelimpahan zooplankton dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai status trofik dan kualitas perairan mangrove.

### **2.3.1 Klasifikasi Zooplankton**

#### **a. Protozoa**

Protozoa merupakan organisme eukariotik uniseluler yang hidup bebas di berbagai tipe perairan, baik tawar, payau, maupun laut. Protozoa umumnya berkembang biak secara aseksual melalui pembelahan biner, yaitu pembelahan satu sel induk menjadi dua sel anak yang identik secara genetik. Beberapa kelompok protozoa juga mampu bereproduksi secara seksual, seperti melalui proses konjugasi pada Ciliata yang memungkinkan terjadinya pertukaran materi genetik antar-individu. Mekanisme reproduksi ini berperan penting dalam mempertahankan populasi protozoa serta meningkatkan variasi genetik, terutama pada kondisi lingkungan yang berubah-ubah (Wetzel, 2001; Madoni, 2011).

Protozoa umumnya bersifat heterotrof dengan memanfaatkan bakteri, fitoplankton berukuran kecil, dan partikel organik sebagai sumber energi. Proses makan protozoa dilakukan melalui fagositosis, di mana partikel makanan ditangkap dan dicerna di dalam vakuola makanan, atau melalui osmotrofi dengan menyerap zat terlarut dari lingkungan. Pola makan ini menempatkan protozoa sebagai komponen penting dalam jaring-jaring makanan perairan karena berfungsi sebagai penghubung antara produsen primer dan konsumen tingkat lebih tinggi, seperti zooplankton makro. Protozoa berperan dalam pengendalian populasi bakteri serta dalam proses daur ulang nutrisi di perairan, yang selanjutnya memengaruhi struktur komunitas plankton dan stabilitas ekosistem perairan (Madoni, 2011).

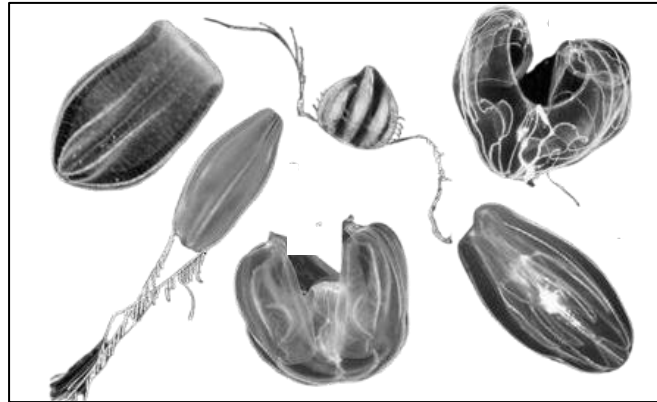


Gambar 6. Zooplankton kelas Protozoa: (a) *Arcella* sp., (b) *Stentor* sp., (c) *Spirostomum* sp., (d) *Brachionus* sp., (e) *Paramecium* sp., (f) *Ceratium* sp., (g) *Colpoda* sp., (h) *Vorticella* sp.  
Sumber: Almeda, et al., 2014.

#### b. Ctenophora

Ctenophora merupakan kelompok organisme laut yang dikenal sebagai “ubur-ubur sisir” dan termasuk dalam zooplankton gelatinous. Organisme ini bersifat eukariotik multiseluler, transparan, dan memiliki delapan baris silia berbentuk sisir (ctenes) yang berfungsi sebagai alat gerak. Ctenophora hidup secara planktonik di perairan laut, baik di perairan pesisir maupun laut terbuka, dan umumnya ditemukan pada perairan dengan kondisi nutrisi yang mendukung produktivitas plankton. Keberadaan Ctenophora berperan penting dalam struktur komunitas zooplankton karena mampu memengaruhi kelimpahan organisme planktonik lainnya melalui aktivitas pemangsaan (Purcell, 2012).

Berdasarkan cara memperoleh makanan, Ctenophora bersifat karnivor dan memangsa berbagai jenis zooplankton, seperti copepoda, protozoa, larva ikan, dan mikrozooplankton lainnya. Proses penangkapan mangsa dilakukan menggunakan tentakel yang dilengkapi dengan sel khusus bernama *colloblast*, yaitu sel perekat yang membantu menangkap mangsa secara efektif. Aktivitas makan Ctenophora yang relatif tinggi dapat menyebabkan penurunan populasi zooplankton tertentu dan secara tidak langsung memengaruhi jaringan-jaringan makanan perairan. Oleh karena itu, peningkatan kelimpahan Ctenophora sering dikaitkan dengan perubahan struktur komunitas plankton dan dinamika trofik ekosistem laut (Purcell & Arai, 2001).



Gambar 7. Zooplankton kelas Ctenophora.  
Sumber: Neupane, 2023.

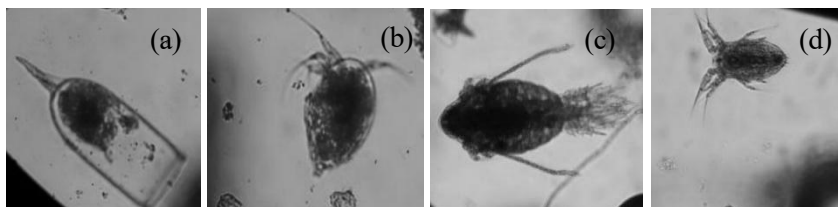
### c. Copepoda

Copepoda adalah kelompok hewan kecil yang termasuk dalam subkelas Copepoda, salah satu kelompok terbesar dalam filum Arthropoda dan subfilum Crustacea. Sebagian sumber klasik memasukkan copepoda dalam kelas Maxillopoda, meskipun ada juga diskusi taksonomi mengenai posisinya dalam klasifikasi Crustacea. Organisme ini terdiri dari ribuan spesies yang tersebar luas di sebagian besar habitat perairan di dunia, dari laut dalam hingga air tawar, dan bahkan terdapat bentuk parasit pada invertebrata dan vertebrata tertentu.

Copepoda umumnya berukuran sangat kecil, sekitar 0,5-2 mm, dan bentuk tubuhnya sering digambarkan seperti tetesan air dengan antena panjang yang mencolok, yang berfungsi tidak hanya sebagai organ sensor tetapi juga membantu dalam pergerakan dan mempertahankan kedudukan di kolom air. Tubuhnya tersegmentasi dan biasanya terdiri dari bagian kepala, toraks, dan abdomen dengan pasangan kaki renang yang khas; banyak spesies memiliki satu mata median sederhana pada tahap dewasa atau larva. Karena ukurannya yang kecil dan tubuhnya yang sebagian besar transparan, copepoda sering menjadi bagian dominan dari komunitas zooplankton di ekosistem perairan.

Copepoda berperan sebagai penghubung penting dalam rantai makanan akuatik karena mereka memakan fitoplankton atau partikel organik kecil dan sekaligus menjadi sumber makanan bagi ikan, krustasea yang lebih besar, dan organisme lain yang bernilai komersial. Kelimpahan dan distribusi copepoda sering digunakan dalam studi ekologi perairan untuk menilai produktivitas dan kesehatan

lingkungan karena jumlah dan komposisi spesiesnya sangat responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Beberapa penelitian budidaya juga mengeksplorasi penggunaan copepoda sebagai pakan alami berkualitas tinggi untuk larva ikan dalam akuakultur karena kandungan nutrisi seperti asam lemak esensial.



Gambar 8. Zooplankton kelas Copepoda: (a) *Favella* sp., (b) *Zaus* sp., (c) *Pontellina* sp., (d) *Calanus* sp.  
Sumber: Lovita, 2017.

## 2.4 Hubungan Fitoplankton dan Zooplankton

Ekosistem mangrove merupakan perairan pesisir yang sangat produktif dan dicirikan oleh masukan bahan organik yang tinggi dari serasah daun, akar, serta aliran darat. Kondisi ini mendukung pertumbuhan fitoplankton sebagai produsen primer yang memanfaatkan nutrisi terlarut, khususnya nitrat dan fosfat, hasil dekomposisi bahan organik mangrove (Alongi, 2014). Kelimpahan dan komposisi fitoplankton di perairan mangrove menjadi faktor utama yang menentukan ketersediaan pakan bagi zooplankton.

Zooplankton berperan sebagai konsumen primer yang secara langsung memanfaatkan fitoplankton sebagai sumber energi. Hubungan trofik antara fitoplankton dan zooplankton di perairan mangrove bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut, salinitas, serta masukan nutrisi dari daratan (Kathiresan & Bingham, 2001). Peningkatan kelimpahan fitoplankton umumnya diikuti oleh peningkatan kelimpahan zooplankton, karena tersedianya pakan yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan reproduksi zooplankton (Nybakken & Bertness, 2005).

Selain sebagai hubungan pemangsaan, interaksi fitoplankton–zooplankton di mangrove juga memengaruhi daur ulang nutrisi. Aktivitas *grazing* zooplankton dapat mengontrol biomassa fitoplankton sekaligus mempercepat siklus nutrisi melalui ekskresi, sehingga nutrisi kembali tersedia bagi fitoplankton (Lampert &

Sommer, 2007). Dengan demikian, keseimbangan antara kedua kelompok plankton ini berperan penting dalam menjaga stabilitas ekosistem mangrove serta mendukung rantai makanan perairan pesisir.

## **2.5 Faktor Fisika-Kimia Perairan**

### **2.5.1 Suhu**

Perubahan suhu dalam ekosistem mangrove dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk musim, pasang surut, dan perubahan iklim. Reaksi plankton terhadap perubahan suhu dapat bervariasi tergantung pada spesies dan komunitasnya. Beberapa spesies mungkin lebih toleran terhadap fluktuasi suhu, sementara yang lain lebih sensitif. Selain itu, interaksi kompleks antara faktor lingkungan lainnya juga dapat mempengaruhi respons plankton terhadap perubahan suhu.

Suhu mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi fitoplankton. Fitoplankton memiliki preferensi suhu yang berbeda-beda tergantung pada spesiesnya. Beberapa spesies fitoplankton lebih menyukai suhu yang lebih tinggi, sedangkan yang lain lebih menyukai suhu yang lebih rendah. Suhu yang tinggi dapat mempercepat laju pertumbuhan fitoplankton, tetapi jika suhu terlalu tinggi, dapat menyebabkan stres termal dan menurunkan kelimpahan mereka. Suhu juga dapat mempengaruhi tingkat metabolisme fitoplankton, dengan suhu yang lebih tinggi umumnya meningkatkan aktivitas fotosintesis dan produksi biomassa fitoplankton (Riyono, 2007).

Suhu juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kelimpahan dan aktivitas zooplankton. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan tingkat metabolisme zooplankton, yang berdampak pada laju pertumbuhan dan reproduksi mereka. Namun, suhu yang sangat tinggi juga dapat menyebabkan stres termal pada zooplankton dan mengurangi kelangsungan hidup mereka. Selain itu, suhu juga dapat mempengaruhi tingkat aktivitas makan zooplankton.

### **2.5.2 Salinitas**

Perubahan salinitas dalam ekosistem mangrove dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pasang surut, hujan, debit air sungai, dan interaksi antara air

tawar dan air laut. Variasi salinitas di sepanjang waktu dan lokasi dapat menciptakan kondisi yang lebih disukai bagi beberapa spesies fitoplankton dan zooplankton daripada yang lain. Beberapa spesies fitoplankton lebih disukai oleh salinitas tinggi, seperti di perairan yang terpengaruh oleh pasang surut yang membawa air asin dari laut. Di sisi lain, beberapa spesies fitoplankton lebih adaptif terhadap salinitas rendah, seperti di daerah estuari atau sungai yang membawa air tawar. Perubahan salinitas dapat mempengaruhi komposisi spesies fitoplankton dan mengubah struktur komunitas mereka.

Zooplankton juga memiliki preferensi salinitas yang berbeda tergantung pada spesiesnya. Beberapa spesies zooplankton lebih disukai oleh salinitas tinggi dan biasanya ditemukan di perairan yang terpengaruh oleh air asin. Sementara itu, ada juga spesies zooplankton yang lebih toleran terhadap salinitas rendah dan ditemukan di perairan yang lebih tawar, seperti estuari atau daerah pesisir yang terpengaruh oleh air tawar dari sungai. Perubahan salinitas dapat mempengaruhi kelimpahan dan distribusi spesies zooplankton dalam ekosistem mangrove.

### **2.5.3 Derajat Keasaman (pH)**

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter kimia perairan yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dan mencerminkan sifat asam, netral, atau basa suatu perairan. Nilai pH perairan umumnya berkisar antara 6–9, dan perubahan pH dapat memengaruhi proses kimia, biologis, serta fisiologis organisme akuatik. pH dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti aktivitas fotosintesis dan respirasi, dekomposisi bahan organik, masukan air tawar, serta pengaruh pasang surut di perairan pesisir dan mangrove (Effendi et al., 2016).

Nilai pH perairan memiliki pengaruh penting terhadap kelimpahan dan aktivitas plankton. Fitoplankton umumnya tumbuh optimal pada kondisi pH netral hingga sedikit basa, karena pada kisaran tersebut ketersediaan nutrisi dan proses fotosintesis berlangsung secara efisien. Perubahan pH yang ekstrem dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton dan berdampak pada zooplankton sebagai konsumen primer melalui penurunan ketersediaan pakan. pH juga memengaruhi bentuk kimia nutrisi dan toksisitas senyawa tertentu di perairan, secara tidak langsung memengaruhi struktur dan kelimpahan komunitas plankton (APHA, 2005).

#### **2.5.4 Oksigen Terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*)**

Fitoplankton membutuhkan oksigen untuk melakukan fotosintesis, yang merupakan proses utama dalam produksi makanan mereka. Oksigen terlarut yang cukup dalam air sangat penting bagi pertumbuhan dan reproduksi fitoplankton. Jika DO rendah, fitoplankton dapat mengalami penurunan produksi dan kelimpahan, karena aktivitas fotosintesis mereka terhambat. Selain itu, rendahnya DO juga dapat mengakibatkan pergeseran komposisi spesies fitoplankton, dengan beberapa spesies yang lebih toleran terhadap kondisi DO rendah mungkin mendominasi.

Zooplankton juga membutuhkan oksigen terlarut untuk kelangsungan hidup mereka. Beberapa spesies zooplankton lebih toleran terhadap DO rendah, sedangkan yang lain lebih sensitif. DO yang rendah dapat mempengaruhi perkembangan, reproduksi, dan kelangsungan hidup zooplankton. Selain itu, perubahan DO dapat mempengaruhi interaksi makanan dengan pemangsa antara zooplankton dan fitoplankton, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi struktur komunitas zooplankton.

#### **2.5.5 Kecerahan**

Fitoplankton sangat tergantung pada cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis, yang merupakan proses utama dalam produksi makanan mereka. Cahaya matahari yang mencukupi diperlukan untuk memberikan energi yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Fitoplankton yang terpapar cahaya yang cukup memiliki kemampuan yang lebih baik untuk tumbuh dan berkembang biak. Namun, cahaya yang terlalu terang atau terlalu rendah dapat mempengaruhi kelimpahan dan komposisi spesies fitoplankton. Cahaya berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada pigmen fotosintetik dan menghambat pertumbuhan. Sementara cahaya yang terlalu redup dapat menghambat aktivitas fotosintesis.

Kecerahan juga mempengaruhi kehidupan zooplankton. Zooplankton menggunakan cahaya sebagai petunjuk dalam melakukan gerakan vertikal di perairan. Pada siang hari, zooplankton cenderung berada di kedalaman yang lebih dalam untuk menghindari cahaya yang terang, sedangkan pada malam hari, mereka dapat bermigrasi ke permukaan air untuk memanfaatkan cahaya bulan atau

cahaya dari plankton fotosintetik. Perubahan kecerahan dapat mempengaruhi pola migrasi dan distribusi zooplankton, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi interaksi makanan dengan pemangsa dan kelimpahan zooplankton secara keseluruhan.

### **2.5.6 Kecepatan Arus**

Kecepatan arus merupakan salah satu parameter fisika perairan yang berperan penting dalam mengontrol dinamika massa air, distribusi nutrien, serta sebaran organisme akuatik, khususnya plankton. Arus didefinisikan sebagai pergerakan horizontal massa air yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain pasang surut, angin, morfologi perairan, serta perbedaan densitas air akibat variasi suhu dan salinitas (Mann & Lazier, 2013).

Dalam ekosistem pesisir dan mangrove, kecepatan arus umumnya relatif rendah hingga sedang karena adanya hambatan alami berupa akar mangrove, sedimen halus, dan bentuk perairan yang semi tertutup. Kondisi ini menyebabkan perairan mangrove sering berfungsi sebagai perangkap sedimen dan nutrien, sehingga mendukung produktivitas primer yang tinggi (Alongi, 2014). Arus yang lambat memungkinkan akumulasi bahan organik dan nutrien terlarut yang dibutuhkan fitoplankton untuk proses fotosintesis.

Kecepatan arus juga berpengaruh langsung terhadap distribusi dan kelimpahan plankton. Arus yang terlalu kuat dapat menyebabkan plankton terbawa keluar dari suatu perairan, sehingga menurunkan kelimpahan lokal. Sebaliknya, arus yang terlalu lemah dapat menyebabkan stratifikasi perairan dan keterbatasan pencampuran nutrien dari lapisan bawah ke permukaan (Wetzel, 2001). Oleh karena itu, kondisi arus sedang dianggap optimal karena mampu menjaga kestabilan perairan sekaligus mendukung distribusi nutrien secara merata.

### **2.5.7 Nitrat**

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) merupakan salah satu unsur hara anorganik utama dalam ekosistem perairan yang berperan penting dalam menunjang produktivitas biologis, khususnya komunitas fitoplankton sebagai produsen primer. Nitrat tersedia

di perairan melalui berbagai proses, antara lain nitrifikasi amonia hasil dekomposisi bahan organik. masukan dari daratan (*runoff*), serta sirkulasi massa air dan resuspensi sedimen (Wetzel, 2001; Effendi, 2003). Bagi fitoplankton, nitrat merupakan sumber nitrogen yang paling umum dimanfaatkan untuk sintesis protein, asam amino, dan klorofil. Ketersediaan nitrat yang memadai dapat meningkatkan laju pertumbuhan dan kelimpahan fitoplankton, selama tidak dibatasi oleh faktor lingkungan lain seperti fosfat, intensitas cahaya, dan stabilitas kolom air (Paerl et al., 2016).

Zooplankton memanfaatkan nitrat secara tidak langsung melalui rantai makanan, yaitu dengan mengonsumsi fitoplankton sebagai sumber energi dan nutrisi. Perubahan konsentrasi nitrat di perairan akan mempengaruhi zooplankton melalui perubahan kelimpahan, komposisi, dan kualitas nutrisi fitoplankton. Peningkatan nitrat yang mendorong pertumbuhan fitoplankton umumnya akan diikuti oleh peningkatan kelimpahan zooplankton herbivora, seperti Copepoda selama kondisi perairan tetap mendukung (Lampert & Sommer, 2007).

### 2.5.8 Fosfat

Sumber fosfat di perairan berasal dari proses alami dan antropogenik. Secara alami, fosfat dilepaskan melalui pelapukan batuan, dekomposisi bahan organik, serta pelepasan dari sedimen dasar. Di wilayah pesisir dan mangrove, serasah daun mangrove dan aktivitas mikroorganisme berkontribusi terhadap peningkatan fosfat terlarut di kolom air. Selain itu, limpasan daratan yang membawa limbah domestik, pertanian, dan aktivitas budidaya juga dapat meningkatkan konsentrasi fosfat di perairan (Alongi, 2014).

Bagi fitoplankton, fosfat merupakan unsur hara yang sangat menentukan laju pertumbuhan dan struktur komunitas. Pada kondisi fosfat terbatas, pertumbuhan fitoplankton akan terhambat meskipun ketersediaan nitrogen mencukupi. Sebaliknya, peningkatan fosfat dapat memicu peningkatan biomassa fitoplankton, terutama pada perairan dengan rasio N:P yang rendah. Beberapa kelompok fitoplankton, termasuk Cyanobacteria dan diatom tertentu, diketahui mampu beradaptasi dengan fluktuasi fosfat melalui mekanisme penyimpanan fosfor di dalam sel (*luxury uptake*) (Effendi et al, 2016).

Perubahan konsentrasi fosfat juga berdampak tidak langsung terhadap komunitas zooplankton. Zooplankton memperoleh fosfor melalui konsumsi fitoplankton, sehingga peningkatan fosfat yang mendorong pertumbuhan fitoplankton umumnya akan meningkatkan ketersediaan pakan bagi zooplankton herbivora. Namun, fosfat yang berlebihan dapat memicu eutrofikasi dan *bloom* fitoplankton tertentu yang berkualitas nutrisi rendah atau bersifat toksik, sehingga justru menurunkan efisiensi transfer energi dari fitoplankton ke zooplankton (Lampert & Sommer, 2007; Paerl & Otten, 2013).

## 2.6 Indeks Ekologi

Keanekaragaman adalah bentuk variasi dari organisme yang hidup dalam suatu komunitas. Indeks keanekaragaman (*diversity indeks*) merupakan suatu model tematik yang digunakan untuk mengenal informasi mengenai jumlah spesies. Keanekaragaman jenis fitoplankton di suatu perairan mampu memberikan informasi mengenai tingkat pencemaran di suatu perairan (Wibowo et al., 2014). Metode yang sering digunakan dalam menentukan indeks keanekaragaman adalah Shanon Wiener.

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 perairan. Semakin besar indeks keseragaman maka terjadi pemerataan jumlah individu tiap spesies dalam suatu populasi. Nilai indeks keseragaman berkisar antara 0 hingga 1. Apabila  $E < 0,4$  diartikan sebagai keseragaman jenis rendah. Apabila  $0,4 \leq E \leq 0,6$  diartikan sebagai keseragaman jenis sedang, dan apabila  $E > 0,6$  maka diartikan sebagai keseragaman jenis tinggi.

Indeks dominansi adalah nilai indeks yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya dominansi spesies dalam suatu komunitas ekosistem. Jika nilai indeks dominansi mendekati 0 maka dalam ekosistem tersebut tidak adanya dominansi spesies. Jika nilai indeks dominansi mendekati 1 maka ekosistem tersebut terdapat spesies yang mendominasi sehingga indeks keanekaragaman rendah

oleh karena itu ekosistem tersebut dapat dikatakan dalam kondisi tidak stabil. Apabila terjadi dominansi suatu jenis plankton 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 (Odum, 2009).

## 2.7 Indeks Saprobitas

Menurut Persoone dan De pauw (1979) tingkat saprobik akan menunjukkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan dan akan diwujudkan oleh banyaknya jasad renik indikator pencemaran, serta menerangkan tingkat saprobitas. Menurut Anggoro (1988), menggolongkan tingkat saprobitas sebagai berikut.

1. Polisaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya berat, sedikit atau tidak adanya DO di dalam perairan, populasi bakteri padat, dan H<sub>2</sub>S tinggi.
2.  $\alpha$  – Mesosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya sedang sampai dengan berat, kandungan DO di dalam perairan meningkat, tidak ada H<sub>2</sub>S, dan bakteri cukup tinggi.
3.  $\beta$  – Mesosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya ringan sampai sedang, kandungan DO dalam perairan tinggi, bakteri sangat menurun, menghasilkan produk akhir nitrat.
4. Oligosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang belum tercemar atau mempunyai tingkat pencemaran ringan, penguraian bahan organik sempurna, kandungan DO didalam perairan tinggi, jumlah bakteri sangat rendah.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

##### 3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2023. Analisis sampel dilakukan pada bulan Agustus-September tahun 2023.

##### 3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Identifikasi fitoplankton dan zooplankton dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 9.

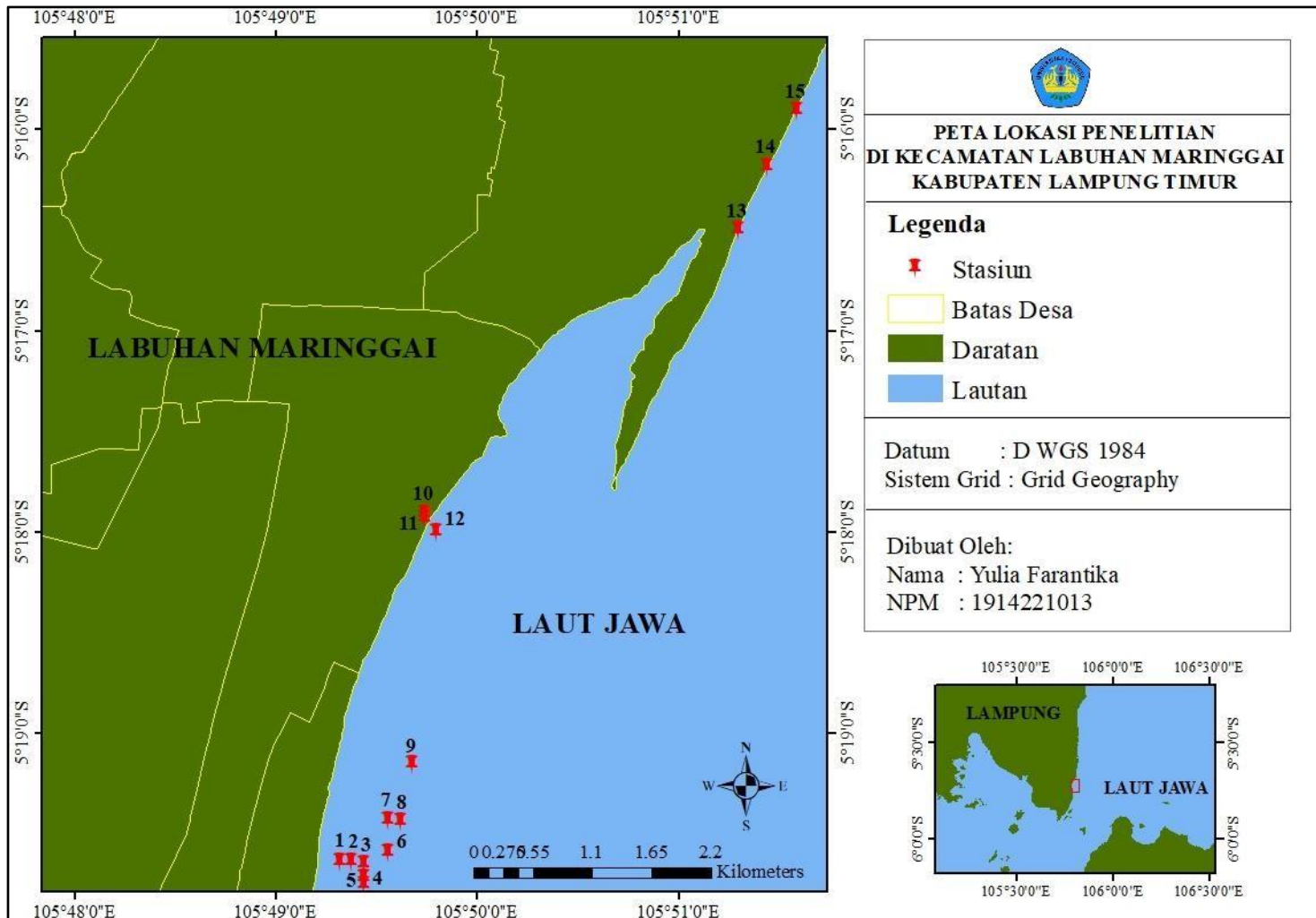
#### 3.2 Bahan dan Alat

##### 3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan penelitian.

No	Bahan	Kegunaan
1	Sampel air	Bahan utama penelitian.
2	Lugol	Mengawetkan sampel plankton.
3	Buku identifikasi	Mengidentifikasi sampel yang ditemukan.



Gambar 9. Lokasi penelitian.

### 3.2.2 Alat

Tabel 2. Alat penelitian.

No	Nama Alat	Merek	Fungsi/Kegunaan
1	GPS ( <i>Global Positioning System</i> )	Garmin GPS Map 64s	Untuk menentukan titik koordinat lokasi.
2	<i>Handphone</i>	Samsung M-11	Untuk dokumentasi.
3	Plankton net	25 mikron	Untuk menyaring sampel air.
4	<i>Cool box</i>	-	Untuk menyimpan sampel.
4	Ember	10 L	Untuk mengambil sampel air.
5	Botol sampel gelap	50 mL	Untuk wadah sampel air yang telah disaring.
6	Pipet tetes	1 mL	Untuk memindahkan cairan dalam jumlah kecil.
7	Mikroskop	Leica DM750	Untuk pengamatan sampel.
8	<i>Sedgwick-Rafter</i>	S6300 (76 x 26 mm)	Untuk menghitung jumlah plankton.
9	Termometer	EZ-9901	Untuk mengukur suhu.
9	Refraktometer	BRIX3060	Untuk mengukur salinitas perairan.
10	DO meter	Lutron DO 5510	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air.
11	pH meter	EZ-9901	Mengukur tingkat keasaman perairan.
12	<i>Secchi disk</i>	-	Untuk mengukur kecerahan dalam air.
13	<i>Current meter</i>	-	Untuk mengukur kecepatan arus.

### 1.3 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Sriminosari dan Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Pengambilan sampel terdiri dari 15 stasiun pengambilan sampel. Stasiun 1, 2, dan 3 berada di aliran sungai ekosistem mangrove. Stasiun 4, 5, dan 6 berada di aliran sungai ekosistem mangrove yang menuju ke laut. Stasiun 7, 8, dan 9 masih berada di aliran sungai ekosistem mangrove yang sama, namun dengan jalur yang berbeda. Stasiun 10, 11, dan 12 terletak di aliran sungai mangrove yang merupakan jalur keluar masuknya kapal para nelayan. Stasiun 13, 14, dan 15 berada di area ekosistem mangrove yang dekat dengan garis pantai.

### 3.4 Pengambilan Sampel Fitoplankton dan Zooplankton

Pengambilan sampel pada penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dengan pengambilan sampel plankton di 15 stasiun sampling. Pengambilan sampel plankton diambil dengan menggunakan ember ukuran 10 L sebanyak 10 kali, sehingga air yang tersaring sebanyak 100 L. Penyaringan plankton menggunakan plankton net No. 25 dengan ukuran 25 mikron dan air sampel yang dihasilkan sebanyak 50 mL. Air sampel dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi 1 tetes lugol pada tiap botol sampel.

### 3.5 Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan

Pengukuran parameter kualitas perairan mangrove Kecamatan Labuhan Maringgai dilakukan pada titik lokasi yang sudah ditentukan. Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan (*in situ*) pada setiap titik lokasi yang sudah ditentukan. Pengukuran data parameter kualitas perairan seperti suhu, DO, dan pH perairan menggunakan *water quality checker*, salinitas menggunakan refraktometer, kecerahan menggunakan *secchi disk*.

Pengambilan sampel air untuk analisis kandungan nitrat dan fosfat menggunakan botol ukuran 100 mL pada tiap titik pengambilan sampel. Analisis kandungan nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung.

### 3.6 Identifikasi Plankton

Sampel air yang telah didapat, kemudian diambil menggunakan pipet tetes dan diteteskan air sampel ke *Sedgwick rafter* sebanyak 1 mL dan memenuhi luas penampangnya. Kemudian ditutup menggunakan *cover glass* selanjutnya diletakkan di meja pengamatan mikroskop dan dijepit dengan kaca preparat. Sampel diamati dengan perbesaran 40x (10x lensa okuler dan 10x lensa objek). Plankton yang ditemukan kemudian didokumentasikan, dihitung, dan diidentifikasi.

### 3.7 Analisis Data

#### 3.7.1 Kelimpahan Plankton

Perhitungan kelimpahan plankton menurut *American Public Health Association* (2005) sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{V_d}{V_t} \times \frac{1}{V_{cg}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- N = kelimpahan plankton (sel/L)
- n = jumlah plankton yang diamati dalam SRCC (individu)
- V<sub>d</sub> = volume air yang disaring (100 L)
- V<sub>t</sub> = volume air yang disaring (50 mL)
- V<sub>cg</sub> = volume air yang diamati (1 mL)

#### 3.7.2 Indeks Keanekaragaman

Perhitungan indeks keanekaragaman menggunakan rumus sebagai berikut (Odum & Barrett, 2009):

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
- n<sub>i</sub> = jumlah individu spesies ke-i
- N = jumlah total individu seluruh spesies

Kategori nilai indeks keanekaragaman sebagai berikut (Odum dan Barrett, 2009):

- H' < 1 = keanekaragaman rendah (lingkungan tercemar),
- 1 ≤ H' ≤ 3 = keanekaragaman sedang (kondisi cukup stabil), dan
- H' > 3 = keanekaragaman tinggi (stabil).

#### 3.7.3 Indeks Keseragaman

Nilai keseragaman digunakan untuk menentukan keseimbangan komunitas, yaitu ukuran kesamaan jumlah individu antar spesies dalam suatu komunitas.

Digunakan rumus Odum & Barrett (2009) sebagai berikut:

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- E = indeks keseragaman
- H' = indeks keanekaragaman

$$H_{\max} = \ln S$$

Kategori nilai indeks keseragaman sebagai berikut (Odum dan Barrett, 2009):

- $E < 0,4$  = keseragaman rendah,  
 $0,4 \leq E \leq 0,6$  = keseragaman sedang, dan  
 $E > 0,6$  = keseragaman tinggi.

### 3.7.4 Indeks Dominansi

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui bagaimana suatu kelompok spesies mendominasi kelompok lain. Nilai dominansi yang cukup besar dapat mengarah pada komunitas yang labis maupun tertekan menurut Odum (1993).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Odum dan Barrett, 2009):

$$C = \sum_{i=1}^S \frac{ni^2}{N} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- C = indeks dominansi  
 S = jumlah spesies  
 ni = jumlah individu spesies ke-i  
 N = jumlah total individu

Kategori nilai indeks dominansi sebagai berikut (Odum dan Barrett, 2009):

- $0 \leq C \leq 0,5$  = tidak ada spesies yang mendominasi,  
 $0,5 < C \leq 1$  = terdapat spesies yang mendominasi.

### 3.7.5 Indeks Saprobitas

Perhitungan indeks saprobitas menggunakan pendekatan kelimpahan relatif, sehingga dapat menggambarkan kontribusi masing-masing spesies terhadap kondisi perairan secara proporsional. Perhitungan indeks saprobitas menggunakan dengan rumus sebagai berikut (Maresi et al., 2015):

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- A = kelompok Cyanophyta, menunjukkan fase polisaprobik  
 B = kelompok Euglenophyta/Flagelata, menunjukkan fase  $\alpha$ -mesosaprobik  
 C = kelompok Chrysophyceae+Diatom, menunjukkan fase  $\beta$ -mesosaprobik  
 D = kelompok Chlorophyta/Peridinae, menunjukkan fase oligosaprobik

Kesuburan air ditentukan berdasarkan klasifikasi indeks saprobik yang ditetapkan oleh Dresscher & Mark (1976) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi nilai indeks saprobitas.

Tingkat Polusi	Fase Saprobitik	Rentang Indeks Saprobitik
Sangat tinggi	Polisaprobitik	-3,00 hingga -1,00
Agak tinggi	$\alpha$ -mesosaprobitik	< -1 hingga < 1
Ringan-sedang	$\beta$ -mesosaprobitik	1,00 hingga 3,00
Sangat rendah	Oligosaprobitik	>3,00

### 3.7.6 Analisis Kemiripan Komunitas Plankton serta Keterkaitannya dengan Kondisi Lingkungan

Analisis kluster digunakan untuk mengetahui tingkat kesamaan komunitas plankton antar stasiun pengamatan berdasarkan komposisi dan kelimpahan fitoplankton serta zooplankton. Analisis ini dilakukan dengan menghitung indeks similaritas Bray–Curtis, kemudian hasilnya disajikan dalam bentuk dendogram untuk menggambarkan pengelompokan stasiun berdasarkan kemiripan komunitas plankton. Indeks similaritas Bray-Curtis banyak digunakan dalam studi ekologi perairan, karena mampu membandingkan kesamaan komposisi spesies antar stasiun berdasarkan data.

Untuk mengetahui tingkat pengelompokan berdasarkan kemiripan plankton digunakan indeks similaritas Bray–Curtis dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Bray & Curtis, 1957):

$$S_{jk} = 100\% \left( 1 - \frac{\sum(F_{ij} - F_{ik})}{\sum(F_{ij} + F_{ik})} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- $S_{jk}$  = indeks similaritas antara stasiun j dan k
- $F_{ij}$  = jumlah individu spesies i pada stasiun j
- $F_{ik}$  = jumlah individu spesies I pada stasiun k

Kriteria nilai indeks similaritas Bray-Curtis sebagai berikut (Bray & Curtis, 1957):  
jika nilai  $\geq 100\%$  = komposisi plankton antar stasiun sangat mirip,  
jika nilai  $\leq 0\%$  = komposisi plankton sangat berbeda.

Pengelompokan stasiun ditentukan berdasarkan batas similaritas 70%, yang ditunjukkan dengan garis vertikal pada dendogram. Stasiun yang berada dalam satu kelompok memiliki kemiripan komposisi plankton  $\geq 70\%$ , sedangkan stasiun yang terpisah menunjukkan karakter komunitas yang berbeda.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Simpulan yang didapat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kelimpahan plankton di perairan mangrove kecamatan Labuhan Maringgai banyak ditemukan oleh fitoplankton kelas Bacillariophyceae, sedangkan zooplankton kelas Copepoda ditemukan dalam jumlah lebih rendah dan hanya beberapa stasiun. Nilai indeks ekologi menunjukkan hasil bahwa komunitas plankton relatif stabil dengan penyebaran jenis cukup merata. Kelimpahan plankton dipengaruhi oleh kondisi nutrien perairan yang masih berada pada kisaran normal, sehingga kondisi perairan mangrove masih mampu mendukung produktivitas dan kestabilan plankton.
2. Stasiun pengamatan terbagi dalam tiga kelompok dengan tingkat kemiripan komunitas plankton sekitar 70%. Pengelompokan antarstasiun menunjukkan bahwa faktor fisika-kimia perairan ketersediaan nutrien berperan dalam distribusi plankton di ekosistem mangrove.
3. Berdasarkan indeks saprobitas komunitas fitoplankton di perairan mangrove kecamatan Labuhan Maringgai berkisar antara 1,00-1,40, sehingga dikategorikan  $\beta$ -mesosaprobik, yang artinya tingkat pencemaran di lokasi penelitian relatif ringan-sedang dengan sedikit pencemaran yang disebabkan oleh bahan organik dan anorganik.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar dilakukan pemantauan kualitas perairan secara berkala. Pengelolaan ekosistem mangrove perlu diting-

katkan dengan memperhatikan sumber masukan nutrien dan bahan organik dari aktivitas daratan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah parameter kualitas perairan serta mengkaji struktur komunitas plankton hingga tingkat spesies dan dinamika waktu. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiwilaga, E. M., Harris, E., & Pratiwi, N. T. (2012). Hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan parameter fisik-kimiawi perairan di Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*, 3(2).
- Almeda, R., Hyatt, C., & Buskey, E. J. (2014). Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106, 76–85.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.04.028>.
- Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331–349.  
<https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>.
- Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>.
- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>.
- Alongi, D. M. (2018). *Blue Carbon: Coastal sequestration for climate change mitigation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91698-9>.
- Anggoro, S. (1988). *Analisa Tropic-Saprobik (Trosap) Untuk Menilai Kelayakan Lokasi Budidaya Laut dalam: Workshop Budidaya Laut Perguruan Tinggi Se-Jawa Tengah*. Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai. Universitas Diponegoro. Semarang. 66-90.
- American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Aulia, P., & Hutasuhut, M. A. (2025). Phytoplankton Diversity as a Water Quality Bioindicator of Mangrove Ecosystems in the Mangrove Rehabilitation and Mangrove Ecotourism Area of Merdeka Beach Serdang Bedagai. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 14(1), 575-583.  
<https://doi.org/10.14421/biomedich.2025.141.575-583>.

- Behrenfeld, M. J. & Boss, E. (2018). Plankton community interactions and ecosystem function. *Annual Review of Marine Science*, 10, 167–192.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell.
- Boyd, C. E. (2015). *Water Quality: An Introduction*. Springer.
- Bray, J.R., Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4): 325–349.
- Castellani, C., & Edwards, M. (2017). *Marine Plankton: A Practical Guide to Ecology, Methodology, and Taxonomy*. Oxford University Press.
- Calbet, A., & Landry, M. R. (2004). Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. *Limnology and Oceanography*, 49(1), 51–57. <https://doi.org/10.4319/lo.2004.49.1.0051>.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. PRIMER-E. Cloern, J. E. (2001). *Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Marine Ecology Progress Series*, 210, 223–253. <https://doi.org/10.3354/meps210223>.
- Cloern, J. E., Abreu, P. C., Carstensen, J., Chauvaud, L., Elmgren, R., Grall, J., ... & Yin, K. (2016). Human activities and climate variability drive fast-paced change across the world's estuarine–coastal ecosystems. *Global change biology*, 22(2), 513–529. <https://doi.org/10.1111/gcb.13059>.
- Du, X., Song, D., Ming, K., Yang, J., Jin, X., Wang, H., ... & Huo, T. (2022). Functional responses of phytoplankton assemblages to watershed land use and environmental gradients. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 819252. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.819252>.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Effendi, H., Romanto, & Wardiatno, Y. (2016). Distribusi keanekaragaman dan kelimpahan fitoplankton di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 496–504. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.102>.
- Friess, DA, Thompson, BS, Brown, B., Amir, AA, Cameron, C., Koldewey, HJ, dkk. (2019). Tantangan dan pendekatan kebijakan untuk konservasi hutan mangrove di Asia Tenggara. *Biologi Konservasi*, 33(3), 525–537. <https://doi.org/10.1111/cobi.13279>.

- Glibert, P. M., Wilkerson, F. P., Dugdale, R. C., Parker, A. E., Alexander, J., Blaser, S., Murasko, S., & Hogue, V. (2018). Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition. *Frontiers in Marine Science*, 5, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00217>.
- Glibert, P. M. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 91, 101583. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001>.
- Graham, L. E., Graham, J. M., & Wilcox, L. W. (2009). *Algae* (2nd ed.). Pearson Benjamin Cummings.
- Hallegraeff, G. M. (2010). Ocean climate change. phytoplankton community responses. and harmful algal blooms: A formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46(2), 220–235. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00815>.
- Handaiyani, S., Ridho, M. R., & Bernas, S. M. (2015). Keanekaragaman plankton dan hubungannya dengan kualitas perairan terusan dalam Taman Nasional Sembilang Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(3). <https://doi.org/10.56064/jps.v17i3.61>.
- Hartati, S., Minsas, S., & Apriansyah, A. (2025). Keanekaragaman Makrozoobentos di Kawasan Mangrove Jeruju Besar, Kabupaten Kubu Raya. *Oceanologia*, 4(3), 107-114. <https://doi.org/10.26418/jose.v4i3.96425>.
- Hendrasarie, N., & Kartika, S. W. T. (2024). Phytoplankton Diversity as Bioindicator of Water Quality in Mangrove Area of Surabaya East Coast. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 21(1), 237-248. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v21i1.237-248>.
- Howarth, R. W., Chan, F., Conley, D. J., Garnier, J., Doney, S. C., Marino, R., & Billen, G. (2011). Coupled biogeochemical cycles: Eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(1), 18–26. <https://doi.org/10.1890/100008>.
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (2014). *Pengantar Oseanografi*. UI Press.
- Jeong, H. J., Yoo, Y. D., Kim, J. S., Seong, K. A., Kang, N. S., & Kim, T. H. (2010). Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. *Ocean Science Journal*, 45(2), 65–91. <https://doi.org/10.1007/s12601-010-0007-2>.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). Springer.

- Kabinawa, I. N. K. (2006). *Spirulina: Ganggang Penggempur Aneka Penyakit*. Agromedia Pustaka. Depok. 92.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>.
- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4).
- Kennish, M. J. (1990). *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects*. CRC Press, Boca Raton.
- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., & Marchand, C. (2022). *Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review*. *Aquatic Botany*, 176, 103458. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103458>.
- Lampert, W., & Sommer, U. (2007). *Limnoecology: The ecology of lakes and streams* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Leidonald, R., Yusni, E., Siregar, R. F., Rangkuti, A. M., & Zulkifli, A. (2022). Keanekaragaman fitoplankton dan hubungannya dengan kualitas air di sungai aek pohon kabupaten mandailing natal provinsi Sumatera Utara. *AQUACOASTMARINE: Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 1(2), 85-96. <https://doi.org/10.32734/jafs.v1i2.8753>.
- Li, Y., Zhang, H., Chen, X., & Zhou, Y. (2023). Nutrient dynamics and phytoplankton community responses to nitrogen and phosphorus enrichment in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114418. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114418>.
- Loo, Y. P., Ouyang, X., Lai, D. Y., & Lee, S. Y. (2024). The microphytobenthos are abundant and mediate key carbon fluxes in tropical mangroves. *Estuaries and Coasts*, 47(4), 963-980. <https://doi.org/10.1007/s12237-024-01339-6>.
- Lovelock, C. E., Hagger, V., Feller, I. C., Amir, A. A., Machava António, V., Owuor, M. A., & Friess, D. A. (2025). Mangrove biodiversity and ecosystem services. *Nature Reviews Biodiversity*, 1-16. <https://doi.org/10.1038/s44358-025-00103-3>.
- Lovita, A. S. (2017). *Struktur komunitas plankton sebagai indikator perairan di perairan Teluk Popoh, Tulungagung, Jawa Timur* (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang.
- Madoni, P. (2011). Protozoa in wastewater treatment processes: A minireview. *Italian Journal of Zoology*, 78(1), 3–11.

<https://doi.org/10.1080/11250000903373797>.

- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Mann, K. H., & Lazier, J. R. N. (2013). *Dynamics of marine ecosystems: Biological–physical interactions in the oceans* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Masithah, E. D. (2020). Cyanophyta, antagonisme pembunuh dan pionir kehidupan. *Universitas Airlangga News*.
- Nagelkerken, I., et al. (2020). The importance of mangroves as nursery habitats for fish and invertebrates. *Fish and Fisheries*, 21(4), 764–789. <https://doi.org/10.1111/faf.12445>.
- Neupane, L. (2023). *Phylum Ctenophora: Characteristics. classification. examples*. Microbe Notes. <https://microbenotes.com/phylum-ctenophora/>.
- Nichols, CR, Zinnert, JC, & Young, DR (2019). Degradasi ekosistem pesisir: Penyebab, dampak, dan upaya mitigasi. Dalam: Pesisir Masa Depan: Kompleks dan Tidak Permanen. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-4_8).
- Nontji, A. (2008). *Plankton laut*. LIPI Press.
- Nybakken, J. W. (2005). *Marine biology: An ecological approach* (6th ed.). Pearson Education.
- Nybakken, J. W., & Bertness. M. D. (2005). *Marine biology: An ecological approach* (6th ed.). Pearson Benjamin Cummings.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Odum, E. P., & Barrett, G.W. (2009). *Fundamentals of ecology* (5th ed). Cengage Learning, Melbourne.
- Paerl, H. W., & Otten, T. G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: Causes. consequences. and controls. *Microbial Ecology*, 65(4), 995–1010. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0159-y>.
- Paerl, H. W., Scott, J. T., McCarthy, M. J., Newell, S. E., Gardner, W. S., Havens, K. E., Hoffman, D. K., Wilhelm, S. W., & Wurtsbaugh, W. A. (2016). It takes two to tango: When and where dual nutrient (N & P) reductions are needed to protect lakes and downstream ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 50(20), 10805–10813. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02575>.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun*

2021 tentang Baku Mutu Air Laut. Jakarta: Sekretariat Negara.

- Prins, A., Deleris, P., Hubas, C., & Jesus, B. (2020). Effect of light intensity and light quality on diatom behavioral and physiological photoprotection. *Frontiers in Marine Science*, 7, 203.
- Purcell, J. E., & Arai, M. N. (2001). Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: A review. *Hydrobiologia*, 451, 27–44. <https://doi.org/10.1023/A:1011873406620>.
- Purcell, J. E. (2012). Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual Review of Marine Science*, 4, 209–235. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120709-142751>.
- Rahman, A., Hidayat, J. W., & Yusuf, M. (2022). Nutrient enrichment and phytoplankton dynamics in mangrove estuarine waters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194, 553. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10153-9>.
- Reynolds, C. S. et al. (2020). Functional traits and ecological patterns of phytoplankton. *Freshwater Biology*, 65, 167–181.
- Riyono. (2007). Pengaruh kondisi fisika perairan terhadap fotosintesis fitoplankton. *Journal of Marine Research*, 11(2), 189–200.
- Sahoo, A. (2023). *Bacillariophyta (Diatoms): An overview*. <https://biologylearner.com/bacillariophyta-the-diatoms/>.
- Savitsky, A. (2019). *Copepod* [Gambar]. Wikimedia Commons. Lisensi CC BY-SA 4.0. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copepod\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Copepod_1.jpg).
- Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>.
- Steinberg, D. K., & Landry, M. R. (2017). Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Annual Review of Marine Science*, 9, 413–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015924>.
- Sterner, R. W., & Elser, J. J. (2003). *Ecological stoichiometry: The biology of elements from molecules to the biosphere*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400885695>.
- Soria, J. M., Montagud, D., Sòria-Perpinyà, X., Dolores Sendra, M., & Vicente, E. (2019). Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI): a new tool for ecological quality studies. *Inland Waters*, 9(3), 301–308. <https://doi.org/10.1080/20442041.2019.1582321>.

- Suwandana, A. F., Purnomo, P. W., & Rudiyantri, S. (2018). Analisis perbandingan fitoplankton dan zooplankton serta TSI (Trophic Saprobic Index) pada perairan tambak di Kampung Tambak lorok Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(3), 237-245. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Sweat, L. H., Alexander, H., Philips, E. J., & Johnson, K. B. (2021). Mesozooplankton community dynamics and grazing potential across algal bloom cycles in a subtropical estuary. *Frontiers in Marine Science*, 8, 734270. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.734270>.
- Vítová, M., Hendrychová, J., Cepák, V., & Zachleder, V. (2005). Visualization of DNA-containing structures in various species of Chlorophyta, Rhodophyta and Cyanophyta using SYBR Green I dye. *Folia Microbiologica*, 50(4), 333–340. <https://doi.org/10.1007/BF02931414>.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02112-6>.
- Whitton, B. & Brook, A.J. (2012). *The freshwater algal flora of the british isles*. Cambridge University Press.