

**STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK
LAMPUNG, KOTA BANDAR LAMPUNG**

Skripsi

Oleh

**Pandu Pasha Yahya
NPM 1914221027**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK
LAMPUNG, KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

PANDU PASHA YAHYA

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG KOTA BANDAR LAMPUNG

Oleh

Pandu Pasha Yahya

Struktur komunitas fitoplankton dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menggambarkan kondisi kualitas perairan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan struktur komunitas fitoplankton, menganalisis tingkat keanekaragaman, keseragaman, dominansi, tingkat pencemaran berdasarkan indeks saprobik, serta hubungan parameter fisika-kimia perairan dengan struktur komunitas fitoplankton di Sungai dan Muara Way Belau, Sungai dan Muara Way Lunik, serta perairan pesisir Pantai Gunung Kunyit Kota Bandar Lampung. Pengambilan sampel dilakukan pada 9 stasiun pengamatan yang mewakili wilayah sungai, muara, dan laut. Analisis data menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks keseragaman, indeks dominansi, indeks saprobik, dan *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton didominasi oleh kelas *Bacillariophyceae*, khususnya genus *Skeletonema* sp., *Melosira* sp., *Chaetoceros* sp., dan *Nitzschia* sp.. Nilai indeks keanekaragaman tergolong sedang, indeks keseragaman menunjukkan distribusi individu yang cukup merata, sedangkan indeks dominansi menunjukkan tidak adanya dominansi spesies secara ekstrem. Berdasarkan indeks saprobik, kondisi perairan tergolong oligosaprobik hingga β -mesosaprobik yang menunjukkan tingkat pencemaran ringan. Hasil PCA menunjukkan bahwa salinitas, suhu, DO, nitrat, fosfat, dan pH berpengaruh terhadap struktur komunitas fitoplankton, dengan salinitas sebagai faktor yang paling dominan.

Kata kunci: Fitoplankton, Indeks Saprobit, Kualitas Perairan, PCA, Struktur Komunitas

ABSTRACT

PHYTOPLANKTON COMMUNITY STRUCTURE IN THE WATERS OF LAMPUNG BAY, BANDAR LAMPUNG CITY

By

Pandu Pasha Yahya

Phytoplankton community structure can be used as a biological indicator to describe water quality conditions. This study aimed to compare the phytoplankton community structure, analyze diversity, evenness, dominance, pollution level based on the saprobic index, and examine the relationship between physicochemical water parameters and phytoplankton community structure in the Way Belau River and Estuary, Way Lunik River and Estuary, and the coastal waters of Gunung Kunyit Beach, Bandar Lampung City. Sampling was conducted at nine observation stations representing river, estuary, and marine areas. Data analysis used the Shannon-Wiener diversity index, evenness index, dominance index, saprobic index, and Principal Component Analysis (PCA). The results showed that the phytoplankton community was dominated by the class *Bacillariophyceae*, particularly *Skeletonema* sp., *Melosira* sp., *Chaetoceros* sp., and *Nitzschia* sp.. The diversity index was categorized as moderate, the evenness index indicated a relatively even distribution of individuals, while the dominance index showed no extreme species dominance. Based on the saprobic index, the waters were classified as oligosaprobic to β -mesosaprobic, indicating lightly polluted conditions. PCA results showed that salinity, temperature, DO, nitrate, phosphate, and pH influenced the phytoplankton community structure, with salinity being the most dominant factor.

Keywords: Phytoplankton, Community Structure, Saprobic Index, Water Quality, PCA

Judul Skripsi

: STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON
DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG, KOTA
BANDAR LAMPUNG

Nama Mahasiswa

: Pandu Pasha Yahya

Nomor Pokok

: 1914221027

Jurusan

: Perikanan dan Kelautan

Program Studi

: Ilmu Kelautan

Fakultas

: Pertanian

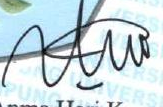


Pembimbing I

Pembimbing II


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

NIP. 197803292003121001


Anna Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.

NIP. 199001202019031011

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Munti Sarida, 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. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : **5 Juni 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 **“Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Teluk Lampung, Kota Bandar Lampung”** 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, 01 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Pandu Pasha Yahya
NPM. 1914221027

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung, pada tanggal 15 April 2001 sebagai anak kedua dari pasangan suami istri dari Baoak Supardi dan Ibu Ponirah. Penulis menempuh Pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Yustikarini, Langkapura, Bandar Lampung pada tahun 2006-2007, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2007-2013, dilanjutkan ke Pendidikan menengah pertama di SMPN 28 Bandar Lampung pada tahun 2013 yang dilanjutkan di SMPN 1 Candipuro Lampung Selatan pada tahun 2014-2016, dan pendidikan menengah atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung 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. Melalui jalur Tes Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota bidang Pengembangan Minat dan Bakat pada tahun 2021, dan anggota bidang Pengaderan pada tahun 2022. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Karang Maritim, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Pusat Konservasi dan Ekowisata Bahari, Pulau Kelapa 2, Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta.

Untuk keluargaku tercinta, Bapak Supardi, Ibu Ponirah, Kakak Ahmad Wisnu Mukti,
dan Adik-adikku Annisa Widya Lestari dan Rizky Andika Putra, yang tiada henti
selalu mendoakan yang terbaik.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

Skripsi dengan judul “*Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Teluk Lampung Kota Bandar Lampung*” Adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih 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/Sekretaris;
5. Dr. Moh Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Supardi dan Ponirah selaku kedua orang tua.

Penulis berharap penyusunan skripsi dapat bermanfaat dalam memberikan informasi kepada para pembaca. Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi, maka segala saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan oleh penulis.

Bandar Lampung,

Pandu Pasha Yahya

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka pikir	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Fitoplankton	6
2.2 Taksonomi dan Klasifikasi Fitoplankton	6
2.2.1 Genus-Genus Fitoplankton	7
2.3 Habitat Fitoplankton	11
2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kelimpahan, Komposisi genus, dan Keanekaragaman Fitoplankton	12
2.4.1 Nutrien (Nitrat dan Fosfat)	12
2.4.2 Faktor Fisika Perairan.....	13
2.4.3 Salinitas serta Proses Pencampuran Air Tawar dan Laut	14
2.5 Fitoplankton sebagai Indikator Pencemaran Perairan.....	15
2.6 Saprobitas Perairan.....	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.1.1 Waktu Penelitian.....	17
3.1.2 Tempat Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat	17
3.3 Penentuan Lokasi Penelitian	19
3.4 Pengambilan Sampel Air	19
3.4.1 Pengambilan Sampel Air untuk Analisis Fitoplankton	19
3.4.2 Pengambilan Sampel Air untuk Analisis Nutrien.....	19
3.5 Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan (<i>in-situ</i>).....	20
3.6 Identifikasi Fitoplankton	20
3.7 Analisis Data	21

3.7.1. Struktur Komunitas Fitoplankton	21
3.7.2 Kondisi Perairan Berdasarkan Indeks Saprobik	23
3.7.3 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Kelimpahan Fitoplankton	25
4.2 Parameter Perairan	37
4.3 Indeks Ekologi Fitoplankton	41
4.4 Indeks saprobitas	54
V. SIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Simpulan.....	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	5
2. Morfologi 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 p.</i> , (g) <i>Asterionella</i> sp., (h) <i>Licmophora</i> sp., (i) <i>Navicula</i> sp.	7
3. Morfologi Fitoplannkton kelas Chlorophyceae: (a) <i>Scenedesmus</i> sp., (b) <i>Pediastrum</i> sp., (c) <i>Desmidium</i> sp., (d) <i>Scenedesmus</i> sp.	8
4. Morfologi 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. Morfologi 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>Proto-peridinium</i> sp., (h) <i>Noctiluca</i> sp., (i) <i>Gymnodinium</i> sp.	10
6. Peta lokasi penelitian	18
7. Morfologi Fitoplankton Kelas Bacillariophyceae: (a) <i>Skeletonema</i> sp., (b) <i>Melosira</i> sp., (c) <i>Cyclotella</i> sp., (d) <i>Thalassiosira</i> sp., (e) <i>Aulacodiscus</i> sp., (f) <i>Hemiaulus</i> sp., (g) <i>Bacillaria</i> sp., (h) <i>Proboscia</i> sp., (i) <i>Rhizosolenia</i> sp., (j) <i>Gyrosigma</i> sp., (k) <i>Nitzschia</i> sp., (l) <i>Chaetoceros</i> sp., (m) <i>Thalassionema</i> sp., (n) <i>Eucampia</i> sp.; kelas Coscinodiscophyceae: (o) <i>Aulacoseira</i> sp., (p) <i>Coscinodiscus</i> sp.; kelas Chlorophyceae: (q) <i>Pediastrum</i> sp.	28
8. Diagram indeks keanekaragaman (H') fitoplankton minggu ke-1	42
9. Diagram indeks keanekaragaman (H') fitoplankton minggu ke-2	43
10. Diagram indeks keanekaragaman (H') fitoplankton minggu ke-3	44
11. Diagram indeks keseragaman (E) fitoplankton minggu ke-1	46
12. Diagram indeks keseragaman (E) fitoplankton minggu ke-2	47
13. Diagram indeks keseragaman (E) fitoplankton minggu ke-3	48
14. Diagram indeks dominansi (C) fitoplankton minggu ke-1	50

15. Diagram indeks dominansi (C) fitoplankton minggu ke-2.....	51
16. Diagram indeks dominansi (C) fitoplankton minggu ke-3.....	52
17. Analisis PCA minggu ke-1: (a) PC1 dan PC2, (b) PC1 dan PC3, (c) PC2 dan PC3	58
18. Analisis PCA minggu ke-2: (a) PC1 dan PC2, (b) PC1 dan PC3, (c) PC2 dan PC3.	61
19. Analisis PCA minggu ke-3: (a) PC1 dan PC2, (b) PC1 dan PC3, (c) PC2 dan PC3	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan penelitian	17
2. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	18
3. Parameter kualitas perairan.....	20
4. Klasifikasi nilai indeks saprobitas	23
5. Komposisi fitoplankton pada masing-masing stasiun	25
6. Kelimpahan fitoplankton berdasarkan kelas (rata-rata).	29
7. Kelimpahan fitoplankton berdasarkan genus pada stasiun pengamatan (Minggu ke-1).....	31
8. Kelimpahan fitoplankton berdasarkan genus pada stasiun pengamatan (Minggu ke-2).....	33
9. Kelimpahan fitoplankton berdasarkan genus pada stasiun pengamatan (Minggu ke-3).....	35
10. Parameter kualitas perairan fisika-kimia (minggu ke-1).	37
11. Parameter kualitas perairan fisika-kimia (minggu ke-2).	38
12. Parameter kualitas perairan fisika-kimia (minggu ke-3).	39
13. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton di stasiun pengamatan minggu ke-1	54
14. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton di stasiun pengamatan minggu ke-2.	54
15. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton di stasiun pengamatan minggu ke-3.	55
16. <i>Eigenvalue</i> komponen utama (minggu ke-1).	56
17. <i>Eigenvalue</i> komponen utama (minggu ke-2).	60
18. <i>Eigenvalue</i> komponen utama (minggu ke-3).	63

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teluk Lampung merupakan salah satu kawasan pesisir strategis di Provinsi Lampung yang memiliki dinamika perairan tinggi karena dipengaruhi oleh pertemuan sistem sungai, muara, dan laut. Kondisi ini menyebabkan perairan di wilayah tersebut bersifat dinamis dan rentan terhadap perubahan lingkungan, baik akibat proses alami maupun masukan dari daratan melalui aliran sungai (Hartanto, 2024). Pada sistem perairan sungai dan muara yang bermuara ke Teluk Lampung, proses pencampuran air tawar dan air laut menghasilkan fluktuasi kondisi fisika-kimia perairan, seperti salinitas dan nutrisi, yang secara langsung memengaruhi organisme akuatik.

Fitoplankton sebagai produsen primer memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan lingkungan tersebut, sehingga sering digunakan sebagai indikator biologis dalam menilai kondisi perairan. Perubahan kondisi lingkungan, terutama yang berkaitan dengan ketersediaan nutrisi dan kualitas air, dapat memengaruhi komposisi dan struktur komunitas fitoplankton (Munru et al., 2024). Struktur komunitas fitoplankton yang meliputi kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi mencerminkan kondisi ekologis perairan karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas, suhu, dan nutrisi (Li et al., 2025). Oleh karena itu, analisis struktur komunitas fitoplankton menjadi pendekatan yang penting dalam mengkaji kualitas perairan pesisir Teluk Lampung secara biologis (Evita, 2021).

Kondisi tersebut menjadi lebih nyata pada sistem perairan sungai dan muara yang bersifat dinamis, di mana proses pencampuran air tawar dan air laut serta masukan dari daratan menyebabkan respons fitoplankton terhadap perubahan lingku-

ngan berlangsung cepat dan fluktuatif. Masukan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, berpotensi memicu proses eutrofikasi yang ditandai dengan perubahan kelimpahan dan dominansi fitoplankton (Paerl et al. 2016). Kondisi ini juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Hidayati, 2020). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menggambarkan kondisi perairan secara lebih komprehensif, salah satunya melalui kajian struktur komunitas fitoplankton.

Struktur komunitas fitoplankton yang meliputi kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi dapat mencerminkan kondisi ekologis perairan karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas, suhu, dan nutrisi (Rosadi et al., 2019). Hal ini juga diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa faktor lingkungan berperan penting dalam membentuk struktur komunitas fitoplankton (Li et al., 2025). Variasi struktur komunitas, termasuk perubahan dominansi kelompok tertentu, sering kali berkaitan dengan ketidakseimbangan nutrisi dan kondisi lingkungan perairan (Li et al., 2021). Selain itu, distribusi spasial fitoplankton pada ekosistem estuari menunjukkan perbedaan yang jelas antara zona air tawar, muara, dan laut akibat adanya gradien salinitas dan nutrisi (Xia et al., 2024). Dengan demikian, fitoplankton dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas perairan secara ekologis (Evita, 2021). Pemanfaatan fitoplankton sebagai indikator kualitas air juga telah banyak dilakukan dalam berbagai penelitian (Rasyid et al., 2017).

Wilayah pesisir Teluk Lampung bagian timur, khususnya muara Sungai Way Lunik, muara Sungai Way Belau, dan perairan pesisir Pantai Gunung Kunyit, merupakan satu kesatuan sistem perairan yang saling terhubung. Ketiga lokasi tersebut dipilih karena mewakili gradien ekosistem perairan, mulai dari perairan estuari yang dipengaruhi oleh air tawar hingga perairan pesisir yang lebih terbuka. Muara Sungai Way Lunik dan muara Sungai Way Belau merupakan sistem estuari dengan intensitas pencampuran air tawar dan air laut yang tinggi, sedangkan perairan pesisir Pantai Gunung Kunyit merepresentasikan perairan laut dangkal yang masih dipengaruhi oleh aliran dari muara.

Perbedaan kondisi hidrodinamika, seperti arus pasang surut, salinitas, kekeruhan, serta distribusi nutrisi pada ketiga lokasi tersebut membentuk gradien lingkungan

yang memengaruhi distribusi dan struktur komunitas fitoplankton (Yani et al., 2013). Faktor-faktor lingkungan seperti salinitas, pH, nutrien, dan intensitas cahaya diketahui menjadi penentu utama variasi kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton pada ekosistem muara (Rozirwan et al., 2021). Oleh karena itu, perbandingan struktur komunitas fitoplankton pada ketiga lokasi ini menjadi penting untuk memahami pola distribusi dan respons komunitas terhadap perbedaan kondisi lingkungan.

Perubahan kondisi lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan nutrien dan salinitas, dapat menyebabkan pergeseran komposisi komunitas fitoplankton (Li et al., 2025). Perubahan tersebut juga dapat memengaruhi dominansi spesies tertentu dalam suatu perairan (Paerl et al., 2016). Dengan demikian, analisis komparatif struktur komunitas fitoplankton pada tiga lokasi dengan karakteristik berbeda dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika komunitas serta kondisi ekologis perairan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai struktur komunitas fitoplankton di muara Sungai Way Lunik, muara Sungai Way Balau, dan perairan pesisir Pantai Gunung Kunyit penting dilakukan untuk menganalisis perbedaan struktur komunitas pada masing-masing lokasi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi ekologis perairan serta menjadi dasar dalam penilaian kualitas lingkungan melalui pendekatan bioindikator fitoplankton, sehingga dapat mendukung pengelolaan perairan pesisir Teluk Lampung secara berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Membandingkan struktur komunitas fitoplankton di sungai dan muara Sungai Way Lunik, sungai dan muara Sungai Way Balau, serta sungai dan muara Pantai Gunung Kunyit, Kota Bandar Lampung.
2. Menganalisis tingkat keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi fitoplankton sebagai respons terhadap kondisi lingkungan perairan.
3. Menganalisis tingkat pencemaran perairan di sungai dan muara Sungai Way Lunik, sungai dan muara Sungai Way Balau, serta sungai dan muara Pantai

Gunung Kunyit berdasarkan indeks saprobik.

4. Menganalisis hubungan antara parameter fisika–kimia perairan dengan struktur komunitas fitoplankton menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA).

1.3 Manfaat Penelitian

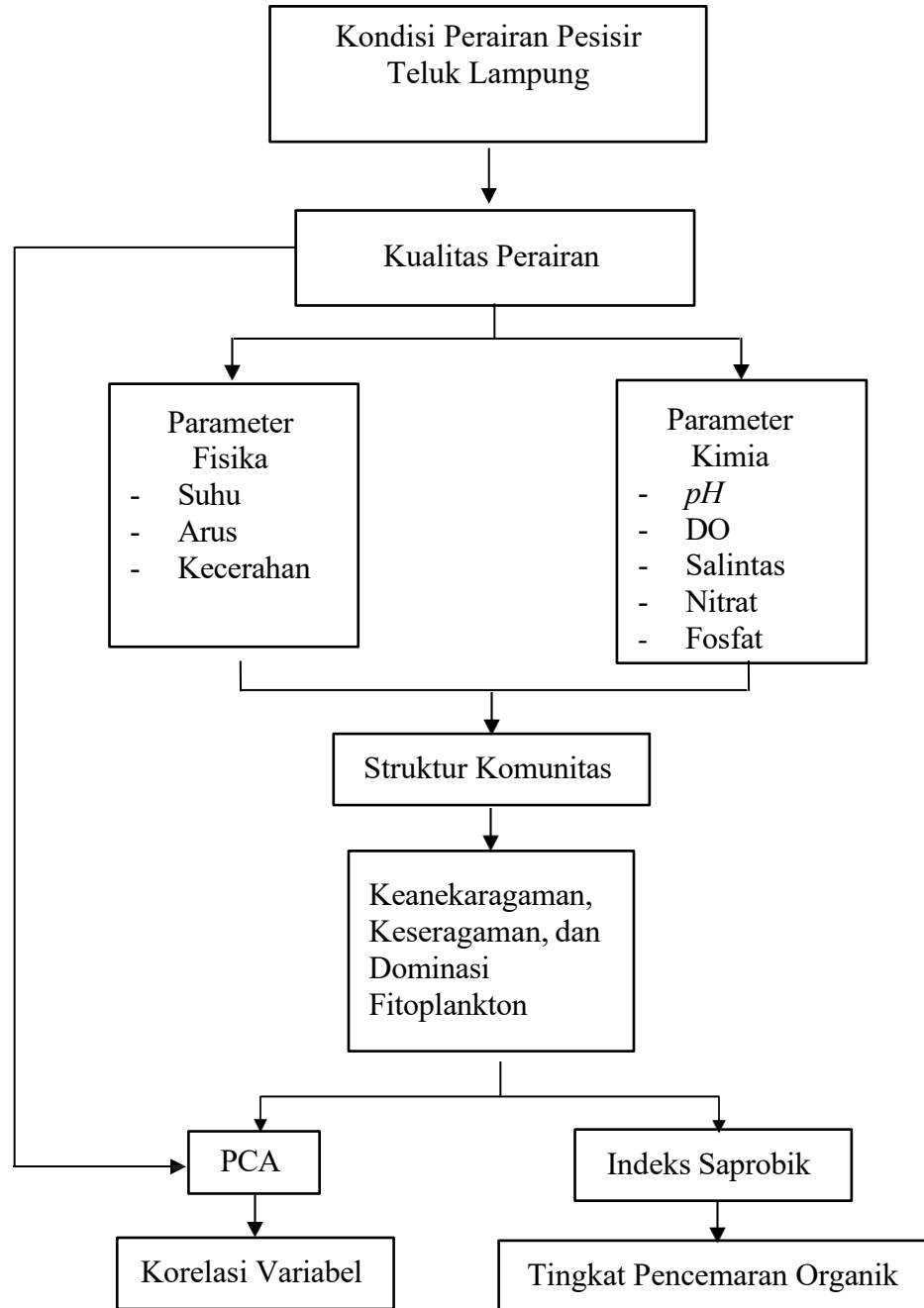
1. Memberikan informasi mengenai kondisi kualitas air di muara Sungai Way Lunik berdasarkan bioindikator.
2. Dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan dan pelestarian lingkungan perairan pesisir.
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian lanjutan mengenai bioindikator dalam ekosistem perairan.

1.4 Kerangka pikir

Penelitian ini didasarkan pada kondisi kualitas perairan di wilayah pesisir Teluk Lampung, khususnya pada Sungai dan Muara Way Lunik, Sungai dan Muara Way Belau, serta perairan pesisir Pantai Gunung Kunyit yang memiliki karakteristik lingkungan berbeda. Perbedaan kondisi tersebut tercermin melalui variasi parameter fisika dan kimia perairan, yang meliputi suhu, salinitas, arus, dan kecerahan sebagai parameter fisika, serta pH, dissolved oxygen (DO), nitrat, dan fosfat sebagai parameter kimia. Variasi nilai dari parameter-parameter tersebut membentuk kondisi lingkungan perairan yang memengaruhi kehidupan organisme akuatik, khususnya fitoplankton.

Fitoplankton sebagai organisme yang sensitif terhadap perubahan lingkungan akan merespons kondisi tersebut melalui perubahan struktur komunitas yang meliputi kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi. Struktur komunitas fitoplankton ini selanjutnya digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai kondisi perairan melalui analisis indeks saprobik dalam menentukan tingkat pencemaran organik, serta *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menganalisis hubungan antara parameter fisika–kimia dengan struktur komunitas fitoplankton.

Hasil analisis tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai hubungan antar variabel lingkungan serta perbedaan kondisi ekologis dan tingkat pencemaran pada masing-masing lokasi penelitian.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fitoplankton

Fitoplankton adalah organisme mikroskopis autotrof yang hidup melayang di dalam kolom air dan melakukan fotosintesis dengan memanfaatkan cahaya matahari. Organisme ini merupakan produsen primer utama dalam ekosistem perairan dan menjadi dasar bagi jaringan trofik akuatik karena fitoplankton mengonversi energi cahaya menjadi biomassa yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Fitoplankton memiliki laju reproduksi yang cepat serta respons yang sensitif terhadap perubahan lingkungan, sehingga cocok digunakan untuk menilai kondisi ekologis suatu perairan. Kemampuan ini membuatnya sering digunakan dalam penilaian kualitas air dan pemantauan pencemaran melalui struktur komunitasnya yang mencerminkan kondisi ekologis setempat (Essa et al., 2024)

2.2 Taksonomi dan Klasifikasi Fitoplankton

Fitoplankton merupakan kelompok organisme autotrof yang memiliki keragaman taksonomi tinggi dan berasal dari berbagai filum yang berbeda. Secara umum, taksonomi fitoplankton diklasifikasikan berdasarkan karakter morfologi sel, tipe pigmen fotosintetik, struktur dinding sel, serta strategi hidupnya di lingkungan perairan. Pendekatan taksonomi ini penting untuk memahami struktur komunitas fitoplankton serta respons ekologisnya terhadap variasi kondisi lingkungan perairan (Geo et al., 2024).

Kelompok taksonomi utama fitoplankton yang sering dilaporkan dalam berbagai kajian ekologi perairan meliputi Bacillariophyta (diatom), Chlorophyceae,

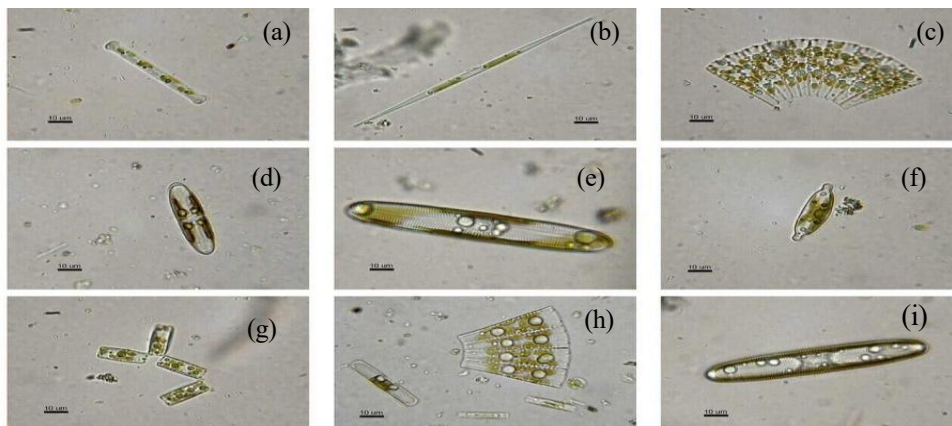
Cyanophyceae (alga hijau-biru), Dinophyceae (Dinoflagellata), serta beberapa kelompok lain dengan kelimpahan relatif lebih rendah.

2.2.1 Genus-Genus Fitoplankton

a. Bacillariophyceae

Bacillariophyceae merupakan kelas fitoplankton yang paling sering ditemukan di berbagai macam perairan. Ukuran diatom pada umumnya adalah berkisar 5 μm – 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, 2006).

Bacillariophyceae terbagi menjadi 2 ordo, yaitu Centrales (centric Bacillariophyceae) dan Pennales (pennate Bacillariophyceae). Bacillariophyceae penat memiliki ciri-ciri yaitu bentuk selnya simetri bilateral yang umumnya memanjang, atau memiliki bentuk sigmoid seperti huruf “S”, sedangkan Bacillariophyceae sen trik memiliki ciri bentuk sel simetri radial dengan satu titik pusat (Nontji, 2006).

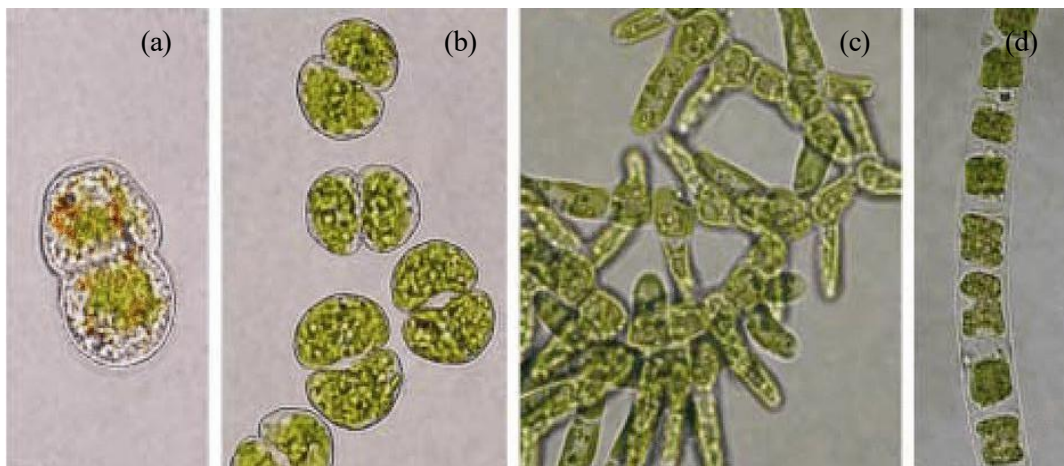


Gambar 2. Morfologi Fitoplankton kelas Bacillariophyceae: (a) *Fragilaria* sp., (b) *Nitzschia* sp., (c) *Licmophora* sp., (d) *Navicula* sp., (e) *Pinnularia* sp., (f) *Gomphonemas* p., (g) *Asterionella* sp., (h) *Licmophora* sp., (i) *Navicula* sp.

Sumber: Sahoo, 2023.

b. 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).



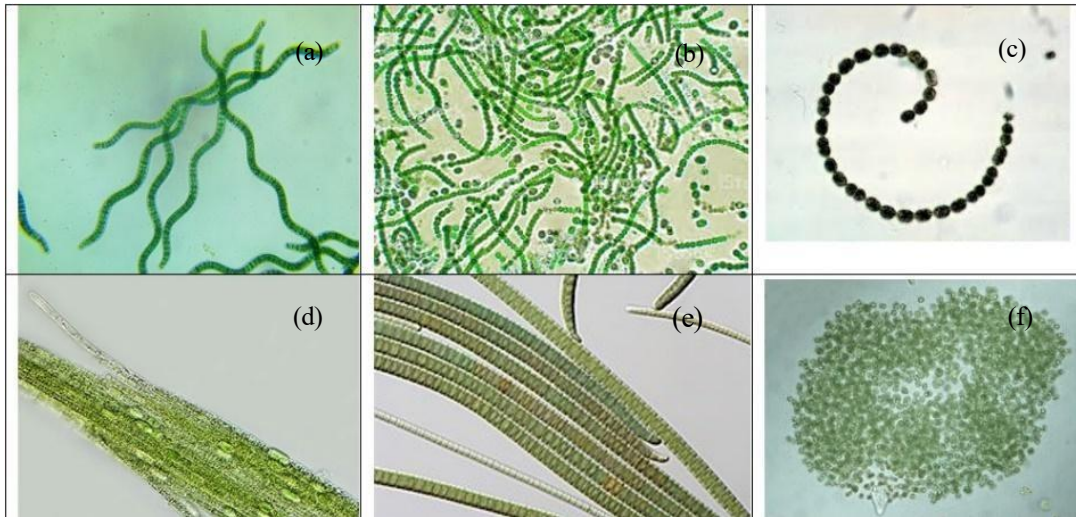
Gambar 3. Morfologi Fitoplankton kelas Chlorophyceae: (a) *Scenedesmus* sp., (b) *Pediastrum* sp., (c) *Desmidium* sp., (d) *Scenedesmus* sp.
Sumber: Vítová et al. 2005.

c. Cyanophyceae

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 nutrisi akibat masukan bahan organik dari daratan (Paerl & Otten, 2013).



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

Sumber: Masithah, 2020.

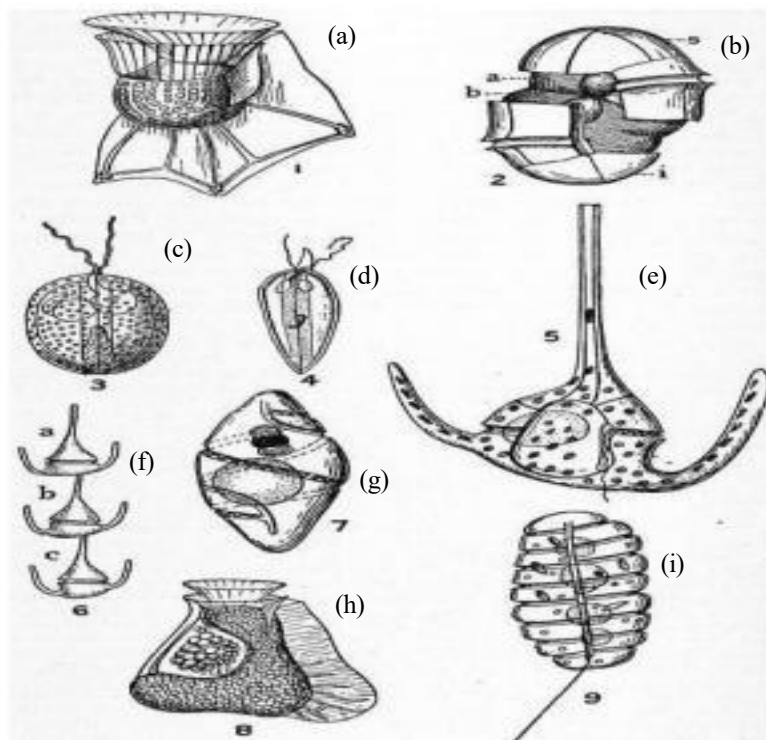
d. Dinophyceae (Dinoflagellata)

Dinophyceae merupakan kelompok fitoplankton bersel satu yang memiliki dua flagela, 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 asexual 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, pelepasan zigot, dan pembentukan

kista istirahat (resting cyst). Kista ini berperan penting dalam mempertahankan kelangsungan hidup Dinophyceae pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dan memungkinkan terjadinya ledakan populasi (bloom) ketika kondisi kembali optimal (Hallegraeff, 2010).

Berdasarkan cara memperoleh makanan, Dinophyceae menunjukkan strategi nutrisi yang beragam. Sebagian besar spesies bersifat autotrof dan melakukan fotosintesis, sementara spesies lain bersifat heterotrof dengan memakan fitoplankton kecil, bakteri, atau detritus. Beberapa Dinophyceae juga bersifat mikсотrof, yaitu mampu melakukan fotosintesis sekaligus menangkap partikel makanan melalui fagositosis. Fleksibilitas strategi nutrisi ini memungkinkan Dinophyceae bertahan dan berkembang pada perairan mangrove yang kaya bahan organik namun sering mengalami keterbatasan cahaya atau nutrisi tertentu (Reynolds, 2006; Jeong et al., 2010).



Gambar 5. Morfologi 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, 2006.

2.3 Habitat Fitoplankton

Fitoplankton memiliki sebaran habitat yang luas dan dapat ditemukan pada berbagai tipe perairan, mulai dari perairan tawar seperti sungai dan danau, perairan estuari atau muara, hingga perairan laut. Keberadaan dan distribusi fitoplankton pada masing-masing habitat sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika, kimia, dan dinamika perairan setempat. Perbedaan karakteristik lingkungan antar habitat tersebut menyebabkan variasi komposisi dan struktur komunitas fitoplankton yang khas (Song et al., 2024).

Pada perairan sungai, fitoplankton umumnya dipengaruhi oleh kecepatan arus, kekeruhan, serta masukan nutrisi dari daerah aliran sungai. Sungai yang menerima limpasan limbah domestik dan aktivitas antropogenik cenderung memiliki konsentrasi nutrisi yang lebih tinggi, sehingga memengaruhi kelimpahan dan komposisi fitoplankton. Selain itu, kondisi arus yang relatif kuat pada sungai dapat membatasi akumulasi biomassa fitoplankton, sehingga struktur komunitasnya sering bersifat fluktuatif dan dinamis.

Habitat muara sungai atau estuari merupakan lingkungan peralihan antara perairan tawar dan laut yang memiliki karakteristik fisik dan kimia yang sangat kompleks. Di wilayah ini terjadi pencampuran air tawar dan air laut yang membentuk gradien salinitas, nutrisi, dan kekeruhan. Gradien tersebut berperan penting dalam menentukan distribusi spasial fitoplankton, karena hanya genus tertentu yang mampu beradaptasi terhadap perubahan salinitas dan kondisi lingkungan yang tidak stabil (Paerl et al., 2016). Oleh karena itu, struktur komunitas fitoplankton di muara umumnya menunjukkan variasi yang tinggi baik secara temporal maupun spasial.

Selain salinitas, dinamika pasang surut dan arus di wilayah muara juga memengaruhi keberadaan fitoplankton melalui proses transportasi dan pencampuran massa air. Pasang surut dapat membawa nutrisi dari daratan ke perairan pesisir atau sebaliknya, sehingga memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi fitoplankton. Kondisi ini menyebabkan muara sering menjadi area dengan produktivitas biologis yang tinggi, namun juga rentan terhadap akumulasi bahan pencemar dari aktivitas manusia di daratan (Rahmah et al., 2022).

Di perairan pesisir, fitoplankton dipengaruhi oleh interaksi antara proses oseanografi laut dan masukan dari daratan. Faktor seperti arus laut, kecerahan, dan kedalaman perairan berperan dalam mengatur distribusi cahaya dan nutrisi yang dibutuhkan fitoplankton untuk tumbuh. Masukan nutrisi dari sungai yang bermuara ke wilayah pesisir dapat menyebabkan perubahan struktur komunitas fitoplankton, yang tercermin pada perubahan kelimpahan, keanekaragaman, dan dominansi genus tertentu. Oleh karena itu, kajian habitat fitoplankton pada sistem sungai–muara–pesisir menjadi penting untuk memahami respons ekosistem perairan terhadap tekanan antropogenik dan perubahan kualitas lingkungan.

2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kelimpahan, Komposisi genus, dan Keanekaragaman Fitoplankton

Struktur komunitas fitoplankton yang tercermin melalui kelimpahan, komposisi genus, dan tingkat keanekaragaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, baik fisika, kimia, maupun biologi. Perubahan pada faktor-faktor tersebut akan direspons secara relatif cepat oleh fitoplankton, terutama pada sistem perairan sungai dan muara yang bersifat dinamis dan menerima masukan dari daratan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi struktur komunitas fitoplankton menjadi penting dalam menilai kondisi ekologis dan tingkat pencemaran perairan.

2.4.1 Nutrien (Nitrat dan Fosfat)

Nutrien, khususnya nitrogen dan fosfor dalam bentuk nitrat dan fosfat, merupakan faktor utama yang memengaruhi kelimpahan dan dominansi fitoplankton di perairan. Ketersediaan nutrisi yang meningkat akibat masukan limbah domestik, pertanian, dan aktivitas antropogenik lainnya dapat meningkatkan produktivitas fitoplankton, yang tercermin dari meningkatnya kelimpahan sel. Namun, peningkatan nutrisi yang tidak seimbang juga dapat menyebabkan perubahan komposisi genus, di mana genus fitoplankton yang toleran terhadap kondisi nutrisi tinggi cenderung

mendominasi komunitas, sehingga menurunkan tingkat keanekaragaman (Paerl et al., 2016).

2.4.2 Faktor Fisika Perairan

Faktor fisika perairan memainkan peran penting dalam memengaruhi kelimpahan, komposisi genus, dan keanekaragaman fitoplankton karena kondisi fisik ini menentukan energi, transportasi nutrisi, dan kondisi lingkungan mikro yang dialami fitoplankton di kolom perairan. Di antara faktor fisika yang paling berpengaruh adalah intensitas cahaya, suhu air, dan gradien stratifikasi yang terjadi akibat perbedaan massa air.

Intensitas cahaya merupakan faktor fisika utama yang menentukan kemampuan fitoplankton dalam melakukan fotosintesis dan pertumbuhan. Ketersediaan cahaya yang cukup di lapisan permukaan perairan memungkinkan fitoplankton untuk menghasilkan energi melalui fotosintesis; sebaliknya, kecerahan yang rendah karena kekeruhan atau kedalaman air dapat membatasi proses ini dan memengaruhi komposisi komunitas fitoplankton (Zainuri et al., 2023). Suhu air juga secara langsung memengaruhi laju metabolisme, pertumbuhan, dan distribusi fitoplankton. Perubahan suhu air dapat menentukan kelimpahan spesies tertentu dan bahkan pola dominansi di komunitas fitoplankton (Frontiers in Marine Science, 2025).

Selain cahaya dan suhu, gradien fisik kolom air seperti stratifikasi termal dan pencampuran massa air turut berpengaruh pada struktur komunitas fitoplankton. Perubahan kondisi stratifikasi yang terkait dengan suhu dan densitas air memengaruhi distribusi nutrisi dan sedimen, sehingga mengubah habitat tempat fitoplankton hidup dan bertumbuh. Hal ini menunjukkan bahwa keterkaitan antara faktor fisik dan komunitas fitoplankton bersifat kompleks dan saling terkait (Frontiers in Marine Science, 2025). Secara keseluruhan, faktor fisika perairan tersebut dapat menjelaskan variasi kelimpahan, dominansi, dan keanekaragaman fitoplankton yang diamati di berbagai kondisi perairan, termasuk sungai dan muara yang dipengaruhi oleh dinamika lingkungan yang kompleks.

2.4.3 Salinitas serta Proses Pencampuran Air Tawar dan Laut

Salinitas merupakan faktor lingkungan yang sangat penting dalam menentukan komposisi genus dan keanekaragaman fitoplankton, khususnya di sistem perairan muara yang mengalami gradien pencampuran antara air tawar dan air laut. Variasi salinitas tersebut menciptakan kondisi yang selektif secara ekologis karena tidak semua genus fitoplankton memiliki toleransi yang sama terhadap perubahan salinitas (Bharathi et al., 2022).

Perubahan salinitas di muara umumnya memengaruhi struktur komunitas fitoplankton melalui seleksi ekologis, di mana genus yang lebih toleran terhadap fluktuasi salinitas dapat mendominasi komunitas, sementara genus lain sering tersingkir. Pada gradien salinitas rendah, komunitas fitoplankton menunjukkan keanekaragaman yang lebih tinggi, sedangkan dominansi genus tertentu cenderung muncul pada gradien salinitas yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa salinitas dapat menjadi filter lingkungan yang menentukan komposisi komunitas fitoplankton (Bharathi et al., 2022).

Selain itu, perubahan gradien salinitas juga berkorelasi dengan perubahan densitas dan distribusi spesies fitoplankton seperti dilaporkan pada perairan muara Indonesia, di mana salinitas yang berubah ikut memengaruhi kepadatan sel dan diversitas fitoplankton dari waktu ke waktu (Cahyani et al., 2023).

Variasi salinitas seringkali terjadi bersamaan dengan dinamika arus dan pasang surut, yang juga dapat memengaruhi pengadukan massa air dan distribusi nutrisi. Khususnya di wilayah muara, proses pencampuran yang intensif dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tetapi juga menciptakan kondisi fisik yang tidak stabil, sehingga memengaruhi kelimpahan dan komposisi genus fitoplankton secara temporal. Studi global juga menunjukkan bahwa salinitas merupakan salah satu faktor dominan yang memengaruhi respon spesies fitoplankton terhadap perubahan lingkungan di estuari subtropis dan tropis (Sarker et al., 2023).

2.5 Fitoplankton sebagai Indikator Pencemaran Perairan

Fitoplankton banyak digunakan sebagai indikator biologis dalam penilaian pencemaran perairan karena memiliki respons yang cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan masukan nutrisi dan bahan pencemar. Perubahan kualitas perairan akibat aktivitas antropogenik, seperti limbah domestik dan pertanian, dapat tercermin pada perubahan struktur komunitas fitoplankton, meliputi komposisi genus, kelimpahan, dan tingkat keanekaragaman. Oleh karena itu, fitoplankton dianggap mampu menggambarkan kondisi ekologis perairan secara lebih sensitif dibandingkan parameter fisika–kimia semata (Said et al., 2024).

Pada perairan sungai dan muara, pencemaran organik umumnya ditandai oleh meningkatnya konsentrasi nutrisi, terutama nitrat dan fosfat, yang berasal dari limpasan daratan. Kondisi ini dapat memicu perubahan dominansi fitoplankton, di mana genus yang toleran terhadap perairan dengan kandungan bahan organik tinggi cenderung mendominasi, sementara keanekaragaman komunitas menurun. Beberapa penelitian di perairan sungai di Indonesia menunjukkan bahwa struktur komunitas fitoplankton berkorelasi erat dengan tingkat pencemaran perairan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan status kualitas air (Ramadansur & Dinata, 2024).

Selain itu, penggunaan fitoplankton sebagai indikator pencemaran memiliki keunggulan karena mencerminkan kondisi perairan secara terintegrasi dalam rentang waktu tertentu. Berbeda dengan parameter fisika–kimia yang bersifat sesaat, struktur komunitas fitoplankton menggambarkan dampak akumulatif dari tekanan lingkungan yang berlangsung secara kontinu. Dengan demikian, analisis struktur komunitas fitoplankton dapat memberikan informasi yang komprehensif mengenai tingkat pencemaran perairan dan mendukung upaya pengelolaan serta pemantauan kualitas lingkungan perairan sungai dan muara (Syahfitri et al., 2024).

2.6 Saprobitas Perairan

Pendugaan kualitas perairan dengan menggunakan organisme plankton pertama kali diajukan oleh Kolkowitz dan Marson (Soegianto, 2004). Menurut Parsoone 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 H₂S tinggi.
2. α - Mesosaprobik, yaitu saprobitas perairan yang tingkat pencemarannya sedang sampai dengan berat, kandungan DO di dalam perairan meningkat, tidak ada H₂S, dan bakteri cukup tinggi.
3. β - 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.

Organisme renik di perairan terdiri dari berbagai genus plankton atau alga yang memiliki sifat yang khas sehingga memungkinkan hidup pada lingkungan tertentu. genus organisme saprobitas yang berada pada lingkungan tercemar akan berbeda satu dengan yang lainnya. Keadaan ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di perairan tersebut (Basmi, 2000).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2026 dan Februari 2026. Analisis sampel dilakukan pada bulan Januari – Februari 2026.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Teluk Lampung, Bandar Lampung. Lokasi penelitian meliputi Teluk Betung Barat, Kecamatan Bumi Waras, dan Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. Identifikasi Fitoplankton dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.

3.2 Bahan dan Alat

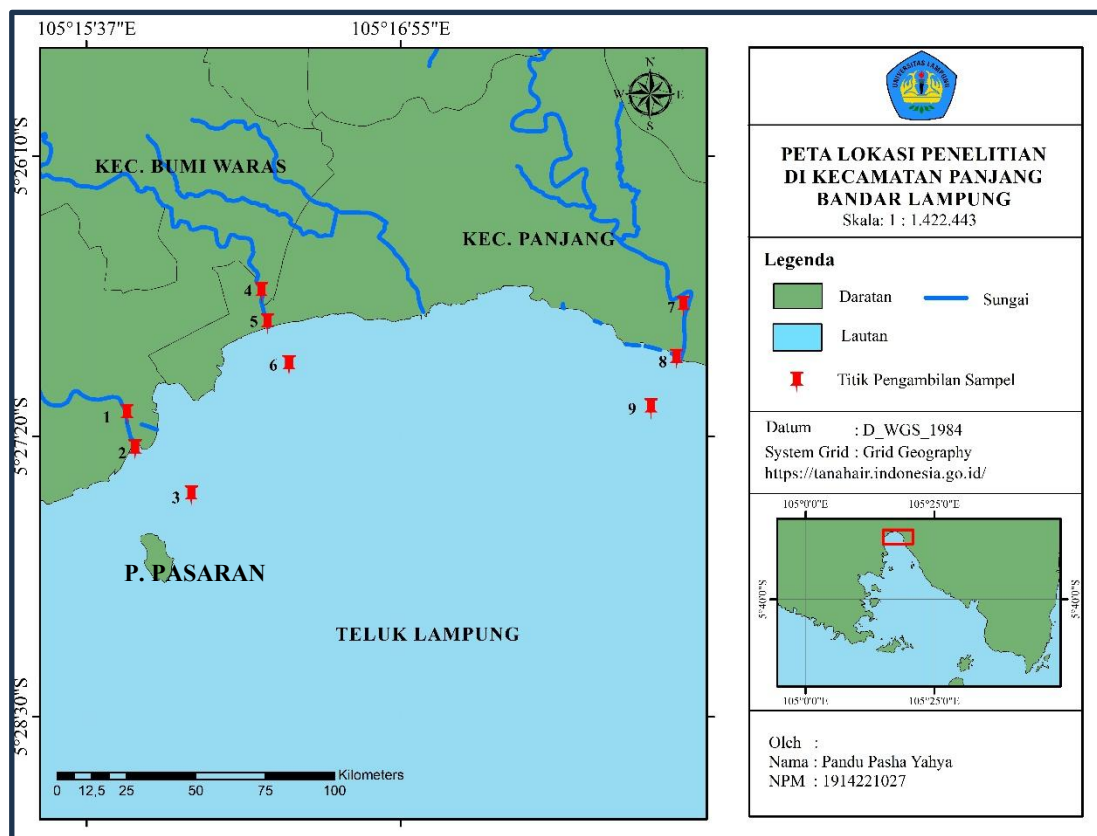
Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Bahan	Fungsi
1	Sampel fitoplankton	Bahan uji
2	Lugol 1%	Pengawet sampel fitoplankton
3	Sampel air	Bahan uji kualitas air
4	Kertas label	Penanda sampel
5	Buku identifikasi	Mengidentifikasi sampel yang ditemukan

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Merek	Fungsi
1	Plankton net	25 mikron	Penyaringan plankton dari perairan
2	Botol sampel	50 mL	Wadah sampel air
3	Ember 10 liter	10L	Untuk mengambil sampel air
4	Cool box	Marina Cooler	Wadah sampel yang diambil
5	Mikroskop	Leica DM750	Mengidentifikasi genus plankton
6	Sedgewick-Rafter	S6300 (76 x 26 mm)	Untuk menghitung jumlah fitoplankton
7	Handphone	Iphone XR	Dokumentasi
8	Portable multiparameter	XS REVio	Mengukur salinitas, kadar oksigen terlarut, derajat keasaman, dan suhu
9	Secchi disk	-	Untuk mengukur kecerahan dalam air
10	Current meter	-	Untuk mengukur kecepatan arus
11	Pipet tetes	1mL	Untuk memindahkan cairan dalam jumlah kecil



Gambar 6. Peta lokasi penelitian.

3.3 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di tiga tempat yaitu sungai, muara dan pesisir Way Belau Kecamatan Teluk Betung, Gunung Kunyit Kecamatan Bumi Waras, dan Way Lunik Kecamatan Panjang Kota Bandar Lampung. Pengambilan sampel terbagi menjadi 9 stasiun yang di setiap lokasi terdiri 3 stasiun. Stasiun 1-3 berada di Way belau, Stasiun 4-6 berada di Gunung Kunyit dan Stasiun 7-9 berada di Way lunik. Stasiun 1,4,dan 7 berada di sungai dengan salinitas 0-5 ppt. Stasiun 2,5,dan 8 berada di muara dengan salinitas 10-15 ppt. Stasiun 3,6, dan 9 berada di pesisir dengan salinitas 25-30 ppt.

3.4 Pengambilan Sampel Air

3.4.1 Pengambilan Sampel Air untuk Analisis Fitoplankton

Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan dengan menyaring sebanyak 200 L air pada setiap titik pengamatan. Air diambil menggunakan ember plastik berkapasitas 10 L sebanyak 20 kali, kemudian disaring menggunakan plankton net nomor 25 dengan ukuran mesh 25 μm hingga diperoleh konsentrat fitoplankton sebanyak ± 50 mL.

Konsentrat fitoplankton dimasukkan ke dalam botol sampel dan diawetkan menggunakan larutan Lugol untuk mempertahankan struktur sel selama penyimpanan dan analisis. Sampel selanjutnya disimpan di dalam *coolbox* hingga dianalisis di laboratorium.

3.4.2 Pengambilan Sampel Air untuk Analisis Nutrien

Sampel air untuk analisis nutrien (nitrat dan fosfat) diambil sebanyak 100 mL pada setiap titik pengamatan menggunakan botol sampel yang telah dibilas sebanyak 2–3 kali dengan air sampel. Botol kemudian diisi hingga volume yang ditentukan, ditutup rapat, diberi label sesuai titik pengambilan sampel, dan disimpan dalam *coolbox*

sebelum dibawa ke laboratorium untuk analisis lebih lanjut.

3.5 Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan (*in-situ*)

Pengukuran parameter kualitas perairan pada penelitian ini dilakukan pada stasiun pengamatan yang sudah ditentukan. Pengambilan data dilakukan secara langsung di lapangan (*in-situ*) pada setiap stasiun pengamatan. Pengukuran data parameter kualitas perairan seperti salinitas, suhu, DO, dan pH perairan menggunakan XS REV-io, kecerahan menggunakan *secchi disk*, dan arus menggunakan *current meter*.

Analisis kualitas perairan dilakukan secara deskriptif dengan cara membandingkan nilai yang didapat dari masing-masing stasiun dengan peraturan kementerian yang ada. Analisa parameter fisika-kimia air menggunakan baku mutu Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Parameter ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Parameter kualitas perairan.

Parameter	Baku mutu
Fisika	
Suhu	28-30 °C
Kecerahan	≥3m
Arus	0,2-0,4 m/s
Kimia	
pH	7,0-8,5
Fosfat	≤0,015 mg/L
Nitrat	≤0,006 mg/L
Oksigen terlarut	≥5 mg/l
Salinitas	30-34 ppt

3.6 Identifikasi Fitoplankton

Sampel air yang telah didapat, kemudian diambil menggunakan pipet tetes dan ditetaskan 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 100 (10x lensa okuler dan 10x lensa objek). Fitoplankton yang ditemukan kemudian didokumentasikan, dihitung, dan diidentifikasi.

3.7 Analisis Data

3.7.1. Struktur Komunitas Fitoplankton

a. Kelimpahan Fitoplankton

Perhitungan kelimpahan plankton menurut APHA (2005) sebagai berikut:

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

b. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman genus adalah suatu pernyataan atau penggambaran secara matematik yang melukiskan struktur kehidupan dan dapat mempermudah menganalisis informasi-informasi tentang genus dan jumlah organisme. Penghitungan indeks keanekaragaman dilakukan dengan menggunakan Indeks Shannon- Wiener (Pratiwi, 2015):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

H' = Indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*

P_i = n_i/N (peluang spesies i dari total individu)

N_i = jumlah individu genus ke- i

N = jumlah total individu seluruh genus

S = jumlah genus

Indeks keanekaragaman ditentukan dengan kriteria (Fachrul 2007)

$H' < 2,3$ = Keanekaragaman rendah

$2,3 < H' < 6,9$ = Keanekaragaman sedang

$H' > 6,9$ = Keanekaragaman tinggi.

c. Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman digunakan untuk menggambarkan tingkat pemerataan individu antar genus fitoplankton dalam suatu komunitas. Perhitungan indeks keseragaman fitoplankton dilakukan menggunakan indeks Evenness menurut Irawan (2015) dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

E = Indeks keseragaman

H' = Indeks keanekaragaman

H_{max} = Indeks keanekaragaman maksimum (ln S)

Nilai indeks keseragaman berkisar antara 0-1, dengan kategori:

$e < 0,4$ = Keseragaman kecil.

$0,4 \leq e \leq 0,6$ = Keseragaman sedang.

$e > 0,6$ = Keseragaman besar.

Nilai indeks keseragaman berkisar antara 0 hingga 1. Keseragaman genus rendah ditunjukkan apabila $E < 0,4$. Keseragaman genus sedang ditunjukkan apabila nilai indeks $0,4 \leq E \leq 0,6$ dan apabila $E > 0,6$ diartikan sebagai keseragaman genus tinggi (Pertiwi et al., 2024). Indeks keseragaman yang mendekati 0 diartikan sebagai komunitas yang tidak stabil sedangkan jika mendekati 1 maka komunitas tersebut tergolong komunitas yang baik dan keadaan stabil.

d. Indeks Dominansi

Indeks dominansi berfungsi mengetahui kelompok yang mendominasi di suatu komunitas dan dihitung dengan rumus Simpson (Nazar et al., 2024).

$$C = \sum_{i=0}^s \left(\frac{n_i}{n}\right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

C = Indeks dominansi

n_i = Jumlah individu pada genus ke-i

n = Jumlah total individu seluruh genus

s = Jumlah spesies

Kategori nilai indeks dominansi adalah sebagai berikut:

$0 \leq C \leq 0,5$ = tidak ada genus yang mendominasi,

$0,5 \leq C \leq 1$ = terdapat genus yang mendominasi

3.7.2 Kondisi Perairan Berdasarkan Indeks Saprobit

Perhitungan indeks saprobitas menggunakan pendekatan kelimpahan relatif. sehingga dapat menggambarkan kontribusi masing-masing spesies terhadap kondisi perairan secara proporsional. Perhitungan indeks saprobitas dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

X = Indeks saprobitas

A = Jumlah kelimpahan organisme α -mesosaprobik

B = Jumlah kelimpahan organisme β -mesosaprobik

C = Jumlah kelimpahan organisme α -mesosaprobik

D = Jumlah kelimpahan organisme oligosaprobik

Menurut Effendi (2003), interpretasi nilai indeks saprobitas mengacu pada klasifikasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi nilai indeks saprobitas.

Nilai S	Tingkat Saprobitas	Kondisi Perairan
0 -1,5	Oligosaprobik	Tidak tercemar
1,5-2,5	β -mesosaprobik	Tercemar ringan
2,5 -3,5	α -mesosaprobik	Tercemar sedang
3,5 – 4,0	Polisaprobik	Tercemar berat

3.7.3 Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah teknik statistik multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi data dengan cara mengubah variabel original menjadi beberapa komponen utama (principal components) yang merupakan kombinasi linear dari variabel asli. PCA bertujuan untuk mengidentifikasi pola dalam data, sekaligus menentukan variabel-variabel lingkungan yang paling dominan dalam

memengaruhi variasi struktur komunitas fitoplankton.

Dalam penelitian ini, PCA digunakan untuk menganalisis hubungan antara parameter kualitas air (fisika–kimia) dengan struktur komunitas fitoplankton (kelimpahan, komposisi genus, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi). Variabel-variabel kualitas air yang digunakan dalam PCA meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, serta konsentrasi nutrisi (nitrat dan fosfat). Dengan menggabungkan semua variabel tersebut ke dalam satu analisis, PCA dapat menunjukkan pola keterkaitan antar variabel dan membantu mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang paling berkontribusi terhadap variasi komunitas fitoplankton.

Secara teknis, PCA bekerja dengan cara menemukan komponen utama (principal components) yang merupakan kombinasi linear dari variabel input dengan kontribusi varians terbesar. Komponen pertama (PC1) menangkap varians terbesar dalam dataset, diikuti oleh komponen kedua (PC2), dan seterusnya. Plot dari principal components tersebut memungkinkan visualisasi kluster titik pengamatan yang menunjukkan kesamaan karakteristik lingkungan dan struktur komunitas fitoplankton di setiap lokasi. Interpretasi ini sangat berguna dalam menilai bagaimana faktor lingkungan saling berelasi dan memengaruhi kondisi perairan secara keseluruhan.

Analisis PCA dalam penelitian ini dilaksanakan menggunakan perangkat lunak statistik dengan tujuan untuk:

1. Mengurangi dimensi data sehingga memudahkan interpretasi,
2. Mengidentifikasi variabel lingkungan yang dominan, dan
3. Mengelompokkan stasiun pengamatan berdasarkan kesamaan karakteristik ekologis.

Hasil PCA akan dipresentasikan dalam bentuk diagram komponen utama (biplot) dan nilai eigenvector, yang kemudian dibahas untuk melihat keterkaitan antara parameter kualitas air dengan struktur komunitas fitoplankton di Sungai dan Muara Way Lunik..

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa.

1. Struktur komunitas fitoplankton di Perairan Way Belau, Gunung Kunyit, dan Way Lunik didominasi oleh kelas Bacillariophyceae. Perbedaan komposisi dan kelimpahan antar lokasi dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan, dengan kelimpahan fitoplankton cenderung meningkat dari wilayah sungai menuju pesisir seiring meningkatnya salinitas.
2. Nilai indeks keanekaragaman (H') pada seluruh stasiun tergolong sedang, indeks keseragaman (E) tinggi, dan indeks dominansi (C) rendah. Kondisi ini menunjukkan komunitas fitoplankton yang relatif stabil dengan penyebaran individu yang merata serta tanpa dominansi spesies yang berlebihan.
3. Berdasarkan indeks saprobitas, seluruh stasiun termasuk kategori β -mesosaprobik yang menunjukkan tingkat pencemaran organik ringan dengan kondisi perairan yang masih mendukung kehidupan organisme akuatik.
4. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa parameter fisika-kimia perairan berpengaruh terhadap struktur komunitas fitoplankton. Salinitas merupakan faktor yang paling berperan dalam menentukan distribusi fitoplankton, sedangkan nitrat dan fosfat mendukung peningkatan kelimpahan beberapa genus, terutama kelompok diatom.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemantauan kualitas perairan secara berkala menggunakan fitoplankton sebagai bioindikator agar perubahan kondisi kualitas air di Way Belau, Gunung Kunyit, dan Way Lunik dapat diketahui sejak dini.
2. Pemerintah daerah dan pihak terkait perlu mempertahankan serta meningkatkan upaya pengelolaan lingkungan perairan, terutama dalam mengendalikan masukan limbah dan bahan organik ke perairan guna menjaga kualitas ekosistem pesisir Teluk Lampung.
3. Penelitian selanjutnya disarankan dilakukan pada musim yang berbeda dengan menambahkan parameter lingkungan dan periode pengamatan yang lebih panjang sehingga diperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai hubungan kualitas perairan dengan struktur komunitas fitoplankton.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21st ed.). APHA.
- Aryawati, R., Ulqodry, T. Z., Surbakti, H., & Ningsih, E. N. (2018). Populasi fitoplankton *Skeletonema* di estuaria Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 269–275.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.18730>.
- Basmi, H. J. (2000). *Planktonologi: plankton sebagai indikator kualitas perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
- Bharathi, M. D., Kumar, P. S., & Devi, M. P. (2022). Phytoplankton diversity and its relationship with water quality parameters in estuarine ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 1–15.
<https://doi.org/10.1007/s10661-022-09987-3>.
- Bharathi, M. D., Ramanibai, R., & Kumar, P. S. (2018). Seasonal variation of phytoplankton communities in relation to physicochemical characteristics of coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 103–112.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.021>.
- Borics, G., Abonyi, A., Salmaso, N., Ptacnik, R., Bácsi, I., Várbió, G., Boros, G., & T-Krasznai, E. (2021). Freshwater phytoplankton diversity: Models, drivers and implications for ecosystem properties. *Hydrobiologia*, 848(1), 53–75.
<https://doi.org/10.1007/s10750-020-04332-9>.
- Breitburg, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., Garçon, V., Gilbert, D., Gutiérrez, D., Isensee, K., Jacinto, G. S., Limburg, K. E., Montes, I., Naqvi, S. W. A., Pitcher, G. C., Rabalais, N. N., Roman, M. R., Rose, K. A., Seibel, B. A., & Zhang, J. (2018). *Declining oxygen in the global ocean and coastal waters*. *Science*, 359(6371), eaam7240.
<https://doi.org/10.1126/science.aam7240>.
- Cahyani, L. E., Irma, K., & Haumahu, S. (2023). Pengaruh perubahan gradien suhu

- dan salinitas terhadap struktur komunitas fitoplankton di Perairan Teluk Ambon. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 543–553.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.19817>.
- Cloern, J. E., & Jassby, A. D. (2010). Patterns and scales of phytoplankton variability in estuarine–coastal ecosystems. *Estuaries and Coasts*, 33(2), 230–241.
<https://doi.org/10.1007/s12237-009-9195-3>.
- Cloern, J. E., Foster, S. Q., & Kleckner, A. E. (2021). Phytoplankton primary production in coastal ecosystems: Environmental controls and ecosystem responses. *Annual Review of Marine Science*, 13, 1–26.
- Delis, P. C., Insani, A., Yulianto, H., & Diantari, R. (2022). Struktur komunitas fitoplankton di Perairan Dam Raman, Metro, Lampung. *Journal of Aceh Aquatic Sciences*. <https://jurnal.utu.ac.id/JAAS/article/view/4412>.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Essa, M. A., Hassan, A. M., & Ibrahim, N. A. (2024). Harmful algal blooms and their impact on aquatic ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 198, 115789.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.115789>.
- Evita, M. N. M., Hariyati, R., & Hidayat, J. W. (2021). Kelimpahan dan keanekaragaman plankton sebagai bioindikator kualitas air di perairan Pantai Sayung Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 23(1), 25–32.
<https://doi.org/10.14710/bioma.23.1.25-32>.
- Frontiers in Marine Science. (2025). Phytoplankton bloom dynamics in tropical estuarine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1567823.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1567823>.
- Geo, L., Wang, Y., & Chen, X. (2024). Environmental factors affecting phytoplankton distribution in estuarine waters. *Marine Environmental Research*, 197, 106420. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106420>.
- Graham, L. E., Graham, J. M., & Wilcox, L. W. (2005). *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>.
- Hartanto, M. T., Febrianto, M. R. H., Susanti, S., Prartono, T., Rastina, Lestari, D. F.,

- & Zaki, N. H. M. (2024). Estimasi kesuburan perairan Teluk Lampung berdasarkan *Vertically Generalized Production Model* (VGPM). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 16(3), 385–402. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v16i3.60125>.
- Hidayati, I. (2020). Pemahaman masyarakat pesisir Lampung akan bahaya harmful algae bloom pada sumber pangan laut. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 2(5), 122–131.
- Hilaluddin, F., Yusoff, F. M., & Toda, T. (2020). Shifts in diatom dominance associated with seasonal changes in an estuarine-mangrove phytoplankton community. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(7), Article 528. <https://doi.org/10.3390/jmse8070528>.
- Irawan, A., Hasani, Q., & Yuliyanto, H. (2015). Fenomena harmful algal blooms (HABs) di Pantai Ringgung Teluk Lampung: Pengaruhnya dengan tingkat kematian ikan yang dibudidayakan pada karamba jaring apung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15(1), 48–53. <https://doi.org/10.25181/jppt.v15i1.111>.
- 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 heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. *Ocean Science Journal*, 45(2), 65–91. <https://doi.org/10.1007/s12601-010-0007-2>.
- Kabinawa, I. N. K. (2006). *Spirulina: ganggang penggempur aneka penyakit*. Agromedia Pustaka.
- Kennish, M. J. (2002). Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29(1), 78–107. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000061>.
- Kress, N., Gertman, I., & Herut, B. (2022). Salinity gradients as drivers of phytoplankton community structure in coastal ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 270, 107843. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107843>.
- Lever, J., Krzywinski, M., & Altman, N. (2017). Principal component analysis. *Nature Methods*, 14(7), 641–642. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4346>.
- Li, Y., Gao, Z., Yang, C., Liu, J., & He, Y. (2021). Effects of nitrogen and phosphorus on estuarine phytoplankton communities in aquatic microcosms. *Toxics*, 9(7), 145–156.
- Li, Y., Gao, Z., Yang, C., Liu, J., & He, Y. (2025). Effects of nitrogen and phosphorus on estuarine phytoplankton communities in aquatic microcosms. *Toxics*, 13(9), 798. <https://doi.org/10.3390/toxics13090798>.

- Liu, X., Huang, B., Li, T., et al. (2022). Relationships between phytoplankton community structure and environmental factors in estuarine ecosystems. *Ecological Indicators*, 134, 108491.
- Maretta, G., Nainggolan, D. Y. C., & Darmawan, A. (2023). Struktur komunitas plankton keramba jaring apung di Teluk Lampung. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*, 4(1). <https://doi.org/10.51673/jips.v4i1.1477>.
- Masithah, E. D. (2020). *Cyanophyta, antagonisme pembunuh dan pionir ke hidupan*. Universitas Airlangga News. <https://unair.ac.id/cyanophyta-antagonisme-pembunuh-dan-pionir-kehidupan>.
- Munru, A., Hidayat, T., & Sari, D. (2024). Community structure of phytoplankton in tropical estuarine waters. *Aquatic Ecology Journal*, 18(1), 77–89.
- Nazar, A., Mulyadi, M., & Safitri, R. (2024). Korelasi keanekaragaman plankton dengan parameter fisika-kimia di estuari Sungai Selan. *Journal of Marine Research*, 13(3), 485–492. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i3.39310>.
- Nisa, C., Widiastuti, E. L., Murwani, S., & Susanto, G. N. (2017). Keterkaitan diversitas plankton sebagai zooxanthella terhadap warna kima (*Tridacna* sp.) pada beberapa pulau di Teluk Lampung. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 4(1), 57–63. <https://doi.org/10.23960/jbekh.v4i1.126>.
- Nontji, A. (2006). *Tiada kehidupan di bumi tanpa keberadaan plankton*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-dasar ekologi*. Gadjah Mada University Press.
- Olofsson, M., Hagan, J. G., Karlson, B., & Gamfeldt, L. (2020). Large seasonal and spatial variation in nano- and microphytoplankton diversity along a Baltic Sea–North Sea salinity gradient. *Scientific Reports*, 10, Article 17666. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74428-8>.
- Orube, J. H., Orive, E., David, H., Laza-Martinez, A., & Seoane, S. (2016). Skeletonema species in a temperate estuary: A morphological, molecular and physiological approach. *Diatom Research*, 31(3), 185–197. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2016.1228548>.
- 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>.
- Pertiwi, T., Tugiyono, & Susanto, G. N. (2024). Analisis keanekaragaman dan kelimpahan plankton di Sungai Musi. *Environmental Science Journal of PGRI Palembang*, 3(1), 1–21. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/esjo/article/view/16628>.
- Pratiwi, E. D. (2015). Hubungan kelimpahan plankton terhadap kualitas air di Perairan Malang Rapat Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau (No. Publikasi 359016851)[Skripsi, Universitas Maritim Raja Ali Haji]. Repository UMRAH.
- Rahmah, N., Suryanti, E., & Hidayat, T. (2022). Hubungan parameter kualitas air dengan struktur komunitas fitoplankton di kawasan estuari. *Jurnal Perairan Tropis*, 14(2), 88–99.
- Ramadansur, R., & Dinata, M. (2024). Struktur komunitas fitoplankton di wilayah muara sungai tropis. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 65–75.
- Rasyid, H. A., Purnama, D., & Kusuma, A. B. (2018). Pemanfaatan fitoplankton sebagai bioindikator kualitas air di perairan Muara Sungai Hitam Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 3(1), 39–51. <https://doi.org/10.31186/jenggano.3.1.39-51>.
- Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542145>.
- Rosadi, D., Nugraha, A., & Suryanti, E. (2019). Struktur komunitas fitoplankton di kawasan estuari tropis. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 13(2), 88–97.
- Rozirwan, Melki, Apri, R., Nugroho, R. Y., Fauziyah, Agussalim, A., & Iskandar, I. (2021). *Assessment of phytoplankton community structure in Musi Estuary, South Sumatra, Indonesia*. *AACL Bioflux*, 14(3), 1451–1463. https://www.researchgate.net/publication/351993222_Assessment_of_phytoplankton_community_structure_in_Musi_Estuary_South_Sumatra_Indonesia.
- Sahoo, A. (2023). Bacillariophyta (Diatoms): *An overview*. <https://biologylearner.com/bacillariophyta-the-diatoms/>.
- Said, A., Putra, R., & Lestari, D. (2024). Dinamika komunitas fitoplankton di kawasan estuari dengan aktivitas antropogenik tinggi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 23(2), 120–131.

- Salmaso, N., Naselli-Flores, L., & Padisák, J. (2020). Functional classifications and their application in phytoplankton ecology. *Hydrobiologia*, 847(1), 249–270. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04103-4>.
- Santos, M., Amorim, A., Brotas, V., Cruz, J. P. C., Palma, C., Borges, C., Favareto, L. R., Veloso, V., Dâmaso-Rodrigues, M. L., Chainho, P., Félix, P. M., & Brito, A. C. (2022). Spatio-temporal dynamics of phytoplankton community in a well-mixed temperate estuary (Sado Estuary, Portugal). *Scientific Reports*, 12, Article 16423. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20792-6>.
- Sarker, M. J., Hasan, M. M., & Islam, M. S. (2023). Phytoplankton community responses to nutrient enrichment in estuarine ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4), 455. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11045-8>.
- Soegianto, A. (2004). *Ekologi kuantitatif: metode analisis populasi dan komunitas*. Usaha Nasional.
- Song, X., Li, Y., & Zhang, H. (2024). Nutrient enrichment and phytoplankton bloom dynamics in estuarine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1457821. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1457821>.
- Syahfitri, A. T., Kartini, N., & Yulianto, H. (2024). Phytoplankton community structure as a bioindicator of water quality in Lake Ranau, Lumbok Seminung District, West Lampung Regency, Lampung Province. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 12(2). <https://doi.org/10.29103/aa.v12i2.18966>.
- Trombetta, T., Vidussi, F., Mas, S., Parin, D., Simier, M., & Mostajir, B. (2019). Water temperature drives phytoplankton blooms in coastal waters. *PLoS ONE*, 14(4), e0214933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214933>.
- 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>.
- Wang, Y., Zhang, Y., Zhou, J., et al. (2021). Environmental drivers of phytoplankton community structure in coastal ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113037.
- Xia, L., Chen, Y., & Wang, Z. (2024). Environmental drivers shaping phytoplankton community structure in coastal waters. *Marine Environmental Research*, 198, 106512. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106512>.
- Yani, A., Rahman, A., & Putra, F. (2013). Analisis beban pencemaran pada daerah aliran Sungai (DAS) Way Lunik. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(2), 88–96.

Zainuri, M., Nugraha, A., & Putri, D. (2023). Struktur komunitas fitoplankton sebagai bioindikator pencemaran perairan estuari. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 17(3), 145–156.