

**HUBUNGAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON DENGAN RASIO
N:P DI PERAIRAN ESTUARIA TALLO, KOTA MAKASSAR**

SKRIPSI

WAHYUNI



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HUBUNGAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON DENGAN RASIO N:P DI PERAIRAN ESTUARIA TALLO, KOTA MAKASSAR

**WAHYUNI
L011 19 1103**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P di Perairan Estuaria
Tallo, Kota Makassar

Disusun dan diajukan oleh

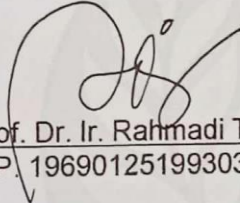
WAHYUNI
L011 19 1103


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan
dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 Desember 2023 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

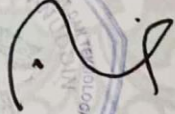

Pembimbing Anggota,


Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si
NIP. 196901251993031002


Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan,



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyuni
NIM : L011191103
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul: **"Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P di Perairan Estuaria Tallo, Kota Makassar"** Ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik maupun karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 24 Desember 2023



Wahyuni
L011191103

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyuni
NIM : L011191103
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester atau satu tahun sejak pengesahan skripsi saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

Makassar, 24 Desember 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis,

Wahyuni
L011191103

ABSTRAK

Wahyuni. L011191103. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P di Perairan Estuaria Tallo, Kota Makassar. Di bawah bimbingan **Rahmadi Tambaru** dan **Khairul Amri**.

Estuaria Tallo berada di wilayah Kota Makassar yang merupakan pertemuan air laut dan air tawar juga sebagai salah satu kota padat penduduk dengan berbagai kegiatan masyarakat setempat. Dari kegiatan tersebut memberikan dampak dari perubahan kualitas perairan memengaruhi rasio N:P dan kelangsungan hidup biota laut terutama fitoplankton yang memerlukan nutrisi nitrat (N) dan fosfat (P) sebagai faktor pembatas untuk pertumbuhan fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kelimpahan fitoplankton dan hubungan kelimpahan fitoplankton dengan rasio N:P di perairan estuaria Tallo, Kota Makassar. Pengambilan data dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton memperoleh nilai kisaran antara 1305.33 – 1157.67 sel/L dan menemukan 27 jenis fitoplankton yang digolongkan dalam tiga kelas yaitu Bacillariophyceae (19 jenis), Dinophyceae (7 jenis) dan terakhir Cyanophyceae (1 jenis). Nilai rasio N:P berada pada kisaran 34.36 – 57.40 yang belum optimal dari kisaran rasio dalam pertumbuhan fitoplankton. Hasil analisis kelimpahan fitoplankton dan rasio N:P menggunakan uji statistik *One Way ANOVA* menunjukkan adanya tidak signifikan antar stasiun. Kemudian dilanjutkan dengan analisis *Principal Component Analysis* (PCA) yang menunjukkan bahwa stasiun I memiliki ciri nitrat, fosfat, dan kelimpahan fitoplankton yang tinggi. Stasiun III dicirikan oleh pH, Salinitas, Kecerahan, rasio N:P yang tinggi. Stasiun II tidak memiliki parameter penciri berdasarkan hasil analisis PCA. Untuk kecepatan arus, tidak menjadi parameter penciri pada salah satu stasiun. Dan berdasarkan analisis nilai indeks similaritas (IS) bahwa jenis fitoplankton secara umum dianggap sama di setiap stasiun.

Kata Kunci : Kelimpahan fitoplankton, rasio N:P, perairan estuaria Tallo.

ABSTRACT

Wahyuni. L011191103. Relationship between Phytoplankton Abundance and N:P Ratio in Tallo Estuary Waters, Makassar City. Under the guidance of **Rahmadi Tambaru** and **Khairul Amri**.

The Tallo Estuary is located in the Makassar City area, which is where sea water and fresh water meet and is also a densely populated city with various local community activities. These activities have an impact on changes in water quality affecting the N:P ratio and the survival of marine biota, especially phytoplankton which requires the nutrients nitrate (N) and phosphate (P) as limiting factors for phytoplankton growth. This research aims to analyze differences in phytoplankton abundance and the relationship between phytoplankton abundance and the N:P ratio in the waters of the Tallo estuary, Makassar City. Data collection was carried out using the purposive sampling method. The results of this study showed that the abundance of phytoplankton obtained a value ranging between 1305.33 – 1157.67 cells/L and found 27 types of phytoplankton which were classified into three classes, namely Bacillariophyceae (19 types), Dinophyceae (7 types) and finally Cyanophyceae (1 type). The N:P ratio value is in the range of 34.36 – 57.40 which is not optimal for the ratio range in phytoplankton growth. The results of analysis of phytoplankton abundance and N:P ratio using the *One Way ANOVA* statistical test showed that there was no significance between stations. Then it was continued with *Principal Component Analysis* (PCA) analysis which showed that station I was characterized by high nitrate, phosphate and phytoplankton abundance. Station III is characterized by high pH, Salinity, Brightness, N:P ratio. Station II does not have any characteristic parameters based on the results of the PCA analysis. For current speed, it is not a characteristic parameter at one of the stations. And based on analysis of the similarity index (IS) values, the types of phytoplankton are generally considered the same at each station.

Keywords: Phytoplankton abundance, N:P ratio, Tallo estuary waters.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa diucapkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul "**Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P di Perairan Estuaria Tallo, Kota Makassar**" ini dapat terselesaikan. Proses penyusunan skripsi ini tidak luput dan lepas dari berbagai kendala dan rintangan yang terjadi. Namun dengan semangat dan dukungan juga motivasi dari berbagai pihak, akhirnya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Alimuddin dan Rini Maretiana, serta Saudara terkasih Susy Karlinawati, Tika Pratiwi dan Wahyudin yang telah memberikan doa dan dukungan dari segi manapun baik mental maupun materi yang tak pernah putus selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah dengan sabar meluangkan waktu, membagi ilmu, memberikan arahan, motivasi, serta kritik dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sangat baik.
3. Bapak Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud selaku pembimbing kedua sekaligus dosen pembimbing akademik dan selaku ketua Departemen Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah bersedia meluangkan waktu, membagi ilmu, serta motivasi mulai dari awal perkuliahan sampai berakhirnya perkuliahan dengan terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si dan Bapak Drs. Sulaiman Gosalam, M.Si selaku penguji yang telah memberikan masukan berupa saran dan kritik, serta mengarahkan penyusunan skripsi ini sampai selesai.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Departemen Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuannya selama masa studi.
6. Seluruh Staf Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang dengan tulus melayani serta mengarahkan segala hal dalam pengurusan administrasi selama penulis berkuliah.
7. Pemuja Pablo, Ismul, Nuthy dan Rio yang telah menemani dalam berbagai keadaan baik suka maupun duka dari awal perkuliahan sampai berakhirnya masa studi, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi juga saran dalam berbagai kondisi, yang selalu ada di saat dibutuhkan, terima kasih atas semua yang telah diberikan selama ini.

8. Seluruh tim penelitian Afifah, Yunita, Rafa, Akbar, Raimansyah, dan Rio yang turut membantu penulis dalam pengambilan sampel di lapangan hingga analisis data.
9. Teman-teman se-Ombak “Marianas” 2019 atas kekeluargaannya selama awal penulis berkuliah
10. Kepada seluruh Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMA JIK FIKP-UH) yang turut membantu penulis dari awal sampai berakhirnya perkuliahan penulis.
11. Kepada seluruh Keluarga UKM Menembak Unhas yang selalu senantiasa memberikan *support* kepada penulis.
12. Teman-teman KKNT G-108 Barru yang sudah dianggap sebagai keluarga, yang selalu memberikan dukungan dan saran.
13. Kepada teman-teman dekat Sri, Feby, dan Herlina yang selalu membantu dan memberikan saran serta *support* kepada penulis.
14. HYBE Labels jajarannya terkhusus-nya semua member BTS yang senantiasa memberikan semangat bagi penulis melalui karya-karya yang luar biasa.
15. Ucapkan terimakasih juga kepada berbagai pihak yang tidak disebutkan satu per satu yang telah terlibat karena telah membantu dalam penyusunan skripsi penulis, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan nikmat dan semua hal baik, aamiin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi penulisan, sistematika penyusunan dan lainnya. Oleh karena itu permohonan maaf serta harapan adanya kritik dan saran yang membangun untuk skripsi ini agar menjadi perbaikan lebih baik lagi. Besar harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, 24 Desember 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wahyuni', with a long horizontal stroke extending to the right.

Wahyuni

BIODATA PENULIS



Wahyuni, lahir di Makassar pada tanggal 06 Mei 2000. Penulis merupakan putri bungsu dari 4 bersaudara dari pasangan Alimuddin dan Rini Maretiana. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Inpres Tangkale I pada tahun 2013, melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 32 Makassar hingga lulus pada tahun 2016, kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 22 Makassar hingga lulus pada tahun 2019 dan kemudian di tahun yang sama diterima menjadi mahasiswa program studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin melalui jalur mandiri.

Selama menjadi mahasiswa di Universitas Hasanuddin, penulis resmi menjadi bagian dari Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin (KEMA JIK UH) pada tahun 2020. Penulis juga aktif dalam organisasi UKM Menembak Unhas masuk pada tahun 2021 – sekarang dan pernah menjabat kepengurusan sebagai Koordinator Bidang Menembak periode 2022 dan juga aktif dalam kepengurusan TRIDC (*Triangle Diving Club*) periode 2022. Selain itu, penulis pernah meraih medali perak juara 2 Porkot VIII Makassar cabor menembak 2023 kelas multirange 18-41 meter.

Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata Tematik G-108 *smart village* di Kelurahan Tanete, Kota Barru, Sulawesi Selatan pada tahun 2022. Untuk memperoleh gelar sarjana, penulis melakukan penelitian yang berjudul “**Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P di Perairan Estuaria Tallo, Kota Makassar**”, di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si dan Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN AUTHORSHIP	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
BIODATA PENULIS	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Estuaria.....	3
B. Fitoplankton.....	3
C. Rasio N:P.....	7
D. Faktor-faktor yang Memengaruhi Kelimpahan Fitoplankton.....	8
III. METODE PENELITIAN	12
A. Waktu dan Tempat.....	12
B. Alat dan Bahan.....	12
C. Prosedur Penelitian.....	13
1. Tahap Persiapan.....	13
2. Tahap Penentuan Stasiun.....	14
3. Tahap Pengambilan Data Lapangan.....	14
4. Tahap Uji Laboratorium dan Tahap Pengolahan Data.....	16
D. Analisis Data.....	17
IV. HASIL	18
A. Gambar Umum Lokasi.....	18
B. Parameter Fisika-kimia di Perairan Estuaria.....	18
C. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton.....	23
D. Rasio N:P.....	25
E. Hubungan Antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P.....	26

F. Tingkat Kesamaan Antar Stasiun Terhadap Jenis Fitoplankton.....	27
V. PEMBAHASAN.....	28
A. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton	28
B. Rasio N:P.....	31
C. Hubungan Antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio N:P.....	32
D. Tingkat Kesamaan Antar Stasiun Terhadap Jenis Fitoplankton.....	33
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
A. Kesimpulan	34
B. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Alat dan kegunaannya	12
2. Bahan dan kegunaannya.....	13
3. Kriteria nilai IS (Indeks Similaritas).....	17
4. Hasil rata-rata rasio N:P di perairan estuaria Tallo	25
5. Matrix Indeks Similaritas kesamaan jenis fitoplankton antar stasiun	27

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kelas fitoplankton yang sering ditemukan di perairan (sumber: Kandari <i>et al.</i> , 2009)	4
2. Peta lokasi penelitian	12
3. Rerata nilai pH di perairan estuaria Tallo	19
4. Rerata nilai salinitas di perairan estuaria Tallo	19
5. Rerata nilai suhu di perairan estuaria Tallo.....	20
6. Rerata nilai hasil nitrat di perairan estuaria Tallo.....	21
7. Rerata nilai hasil fosfat di perairan estuaria Tallo	22
8. Rerata nilai hasil kecerahan di perairan estuaria Tallo	22
9. Rerata nilai hasil kecepatan arus di perairan estuaria Tallo	23
10. Komposisi dan presentase jenis fitoplankton pada Stasiun I (a), Stasiun II (b), dan Stasiun III (c) di perairan estuaria Tallo	24
11. Rerata kelimpahan fitoplankton di perairan estuaria Tallo.....	25
12. Rerata nilai rasio N:P di perairan estuaria Tallo	26
13. Grafik PCA kelimpahan fitoplankton dengan rasio N:P dan parameter fisika-kimia.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Hasil identifikasi jenis fitoplankton.....	42
2. Komposisi dan persentase genus fitoplankton pada setiap stasiun.....	43
3. Data parameter fisika-kimia.....	47
4. Data N:P.....	47
5. Hasil analisis <i>One Way ANOVA</i> kelimpahan fitoplankton.....	47
6. Hasil analisis <i>One Way ANOVA</i> rasio N:P.....	49
7. Hasil analisis PCA keeratan hubungan fitoplankton dengan rasio N:P dan parameter fisika-kimia.....	50
8. Dokumentasi hasil identifikasi jenis fitoplankton di perairan estuaria Tallo.....	54
9. Dokumentasi pengambilan sampel air dan parameter di perairan estuaria Tallo...	57
10. Dokumentasi analisis & mengindetifikasi fitoplankton di Laboratorium Oseanografi Kimia.....	58

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah pesisir sebagai daerah pertemuan antara daratan dan lautan. Salah satu dari bagian wilayah pesisir yang memiliki tingkat kesuburan cukup tinggi adalah estuaria (muara sungai). Pada wilayah ini bermuara sungai-sungai besar yang banyak membawa material dari daratan (Supriadi, 2001). Estuaria sangat banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai kegiatan. Kegiatan tersebut dapat meningkatkan beban masuk limbah domestik yang pada akhirnya dapat memengaruhi kehidupan organisme. Salah satu organisme itu adalah fitoplankton, mikroorganisme ini dapat merespon terhadap perubahan kualitas perairan.

Estuaria merupakan wilayah yang memiliki produktivitas yang tinggi, produktivitas itu didukung oleh tersedianya kandungan nutrisi (unsur hara) yang cukup bagi organisme di perairan. Perubahan ketersediaan nutrisi pada perairan ini dapat dipengaruhi oleh aliran permukaan (*run off*) dari daratan atau buangan limbah melalui sungai, termasuk fluktuasi pasang surut (Supriadi, 2001). Perubahan itu berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton, hal ini dapat memberikan gambaran tentang keadaan perairan (Fajar *et al.*, 2016). Untuk itu, dalam banyak pembahasan para ahli, nutrisi merupakan faktor pembatas terhadap pertumbuhan fitoplankton.

Estuaria menerima masukan nutrisi dari daratan baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap kehidupan biota perairan terutama fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan perairan (Yogaswara, 2020). Pertumbuhan fitoplankton tergantung dari ketersediaan nutrisi yang ada di estuaria terutama nitrat dan fosfat. Nitrat (N) dan fosfat (P) biasanya digunakan sebagai unsur faktor pembatas bagi pertumbuhan fitoplankton.

Untuk mengetahui faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton di perairan termasuk estuaria dapat dicermati melalui rasio N:P. Rasio ini dikenal dengan sebutan rasio redfield (Lusiana *et al.*, 2021). Rasio yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah N:P = 16:1. Penghitungan rasio dilakukan dengan menggunakan data nitrat sebagai unsur N dan fosfat sebagai unsur P. Nitrat (N) dan fosfat (P) merupakan unsur yang dibutuhkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya (Tambaru *et al.*, 2022). Ketika rasio N:P tinggi (lebih banyak nitrogen daripada fosfor), pertumbuhan fitoplankton cenderung lebih dipengaruhi oleh ketersediaan fosfor. Sebaliknya, ketika rasio N:P rendah (lebih banyak fosfor daripada nitrogen), pertumbuhan fitoplankton lebih dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen. Namun, perbandingan ini bisa bervariasi tergantung pada jenis fitoplankton dan kondisi lingkungan yang berbeda.

Rasio N:P juga berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton jenis tertentu (Widyastuti *et al.*, 2015). Jika rasio N:P rendah, artinya terdapat lebih banyak fosfor daripada nitrogen dalam lingkungan air, jenis fitoplankton yang cenderung berkembang adalah diatom. Diatom adalah jenis fitoplankton uniseluler yang memiliki dinding sel yang kuat terbuat dari silika (*silicon dioxide*). Mereka merupakan salah satu kelompok fitoplankton yang paling umum dan melimpah di lingkungan air tawar dan laut. Sebaliknya, jika rasio N:P tinggi, artinya terdapat lebih banyak nitrogen daripada fosfor dalam lingkungan air, jenis fitoplankton yang cenderung berkembang adalah jenis-jenis dari Cyanobacteria, juga dikenal sebagai alga biru-hijau. Cyanobacteria adalah mikroorganisme fotosintetik yang dapat memperoleh nitrogen dari senyawa nitrogen di udara (seperti nitrogen gas) dan oleh karena itu, mereka memiliki keunggulan kompetitif dalam kondisi di mana nitrogen melimpah dibandingkan fosfor.

Salah satu wilayah estuaria yang mengalami proses penambahan nutrisi nitrat (N) dan fosfat (P) adalah perairan estuaria Tallo. Secara geografis, estuaria Tallo berada di wilayah Kota Makassar yang merupakan salah satu kota padat penduduk dengan berbagai kegiatan masyarakatnya yang sangat tinggi. Dalam aspek ekologis, perairan estuaria Tallo diduga telah mengalami perubahan kualitas airnya akibat mendapat buangan limbah dari industri (pelabuhan, berbagai perusahaan), perikanan (nelayan, lahan pertambakan), pariwisata (tempat rekreasi), dermaga dan pembuangan limbah rumah tangga. Dampak dari perubahan kualitas perairan memengaruhi N:P, pada akhirnya memengaruhi kelangsungan hidup biota laut terutama fitoplankton. Untuk itu, telah dilakukan kajian atau studi indikatif terhadap hubungan kelimpahan fitoplankton dengan rasio N:P di perairan estuaria Tallo, Kota Makassar.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk sebagai berikut:

1. Menganalisis perbedaan kelimpahan fitoplankton berdasarkan stasiun.
2. Menganalisis hubungan kelimpahan fitoplankton dengan rasio N:P di perairan estuaria Tallo.

Kegunaan dari penelitian ini diharapkan menjadi data informasi rujukan untuk penelitian lanjutan sebagai informasi dasar dan memberikan informasi mengenai kelimpahan fitoplankton dan rasio N:P di perairan estuaria Tallo, kota Makassar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Estuaria

Estuaria merupakan zona transisi antara sungai dan laut, dengan sifat fisika-kimia, biologi dan hidrologi yang spesifik karena pencampuran air tawar dan air laut (Yogaswara, 2020). Estuaria yang berasal dari bahasa Latin *aestus*, berarti pasang-surut (Odum 1971; Rositasari & Rahayu 1994). Wilayah estuaria merupakan pesisir semi tertutup (*semi-enclosed coastal*) dengan badan air. Pada wilayah esturia terjadi pencampuran antara masa air laut dengan air tawar dari daratan, sehingga air menjadi payau (*brackish*). Bercampurnya masa air laut dengan air tawar menjadikan wilayah estuaria memiliki keunikan tersendiri, yaitu dengan terbentuknya air payau dengan salinitas yang berfluktuasi (Leeder 1982; Supriadi, 2001).

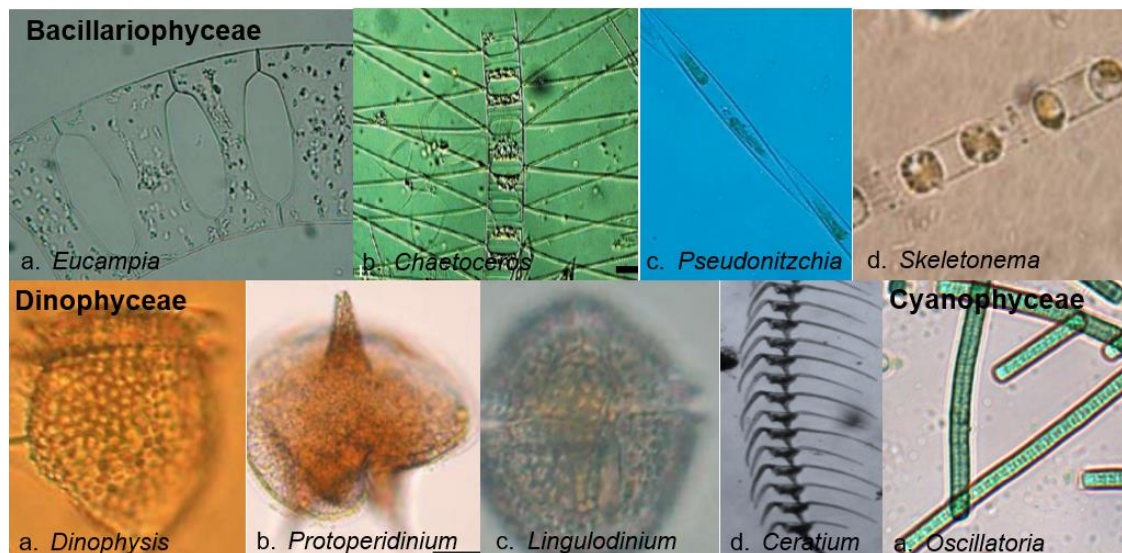
Zona estuaria memengaruhi sebaran nutrisi (unsur hara) di perairan dan konsentrasinya akan semakin menurun menuju laut lepas. Distribusi terbesar nutrisi bersumber dari sungai yang bermuara ke laut. Nutrisi yang berlimpah di perairan dapat menghasilkan nilai produktivitas primer yang tinggi sehingga dapat mendukung terciptanya jejaring rantai makanan yang berkelanjutan dan akan berdampak pada kondisi sosial khususnya pada manusia seperti berlimpahnya ikan konsumsi. Namun dalam kondisi yang sama, dapat terjadi yang sebaliknya (Yogaswara, 2020). Menurut Silvius (1986); Zulhaniarta (2015) menyatakan bahwa habitat mangrove juga terdapat di muara sungai yang serasahnya sebagai penyumbang nutrisi.

Estuaria sebagai ekosistem yang dinamis dengan aliran sungai sebagai salah satu faktor penting yang dapat mendistribusikan nutrisi (unsur hara), sehingga dapat membentuk suatu ekosistem dengan produktivitas yang tinggi. Bahwa sifat fisika dan kimia perairan estuaria sangat bervariasi karena merupakan tipe ekosistem yang spesifik (Wardhani, 2016). Pertemuan air tawar dan air laut yang membawa nutrisi dari daratan sehingga menyebabkan terjadinya pengayaan nutrisi dari dasar ke permukaan perairan (Hidayah *et al.*, 2016).

B. Fitoplankton

Berdasarkan dari Nontji (2006), fitoplankton disebut juga plankton nabati, adalah tumbuhan yang melayang di laut, ukurannya sangat kecil, tak dapat dilihat dengan mata telanjang. Baru dapat terlihat dengan bantuan mikroskop. Ukuran yang paling umum berkisar antara 2-200 ($1\mu\text{m}$ -0,001mm). Fitoplankton tergolong mikrop plankton umumnya berupa individu bersel tunggal, tetapi ada juga yang membentuk rantai. Meskipun ukurannya sangat halus, namun bila mereka tumbuh sangat lebat dan padat bisa

menyebabkan perubahan pada warna air laut yang mudah terlihat. Walaupun sangat kecil, fitoplankton mempunyai peranan penting di laut, karena bersifat autotrofik, yakni dapat menghasilkan sendiri makanannya.



Gambar 1. Kelas fitoplankton yang sering ditemukan di perairan (sumber: Kandari *et al.*, 2009)

Fitoplankton adalah tumbuhan renik yang hidup dalam air dan menempati posisi sebagai produsen tingkat pertama atau dasar dari mata rantai makanan di perairan (Odum, 1998; Yuliana & Tamrin, 2007). Fitoplankton mengandung klorofil yang mempunyai kemampuan berfotosintesis yakni menyadap energi matahari untuk mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik. Bahan organik inilah yang menjadi makanannya, dan sebagai sumber energi yang menghidupkan seluruh fungsi ekosistem di laut. Seluruh hewan laut seperti ikan, udang, cumi-cumi sampai paus yang berukuran raksasa, bergantung pada fitoplankton, baik secara langsung ataupun tak langsung, lewat jalur rantai pakan (*food chain*). Kelompok fitoplankton yang sangat umum dijumpai di perairan tropis adalah diatom (Bacillariophyceae), dan dinoflagelata (Dinophyceae) (Nontji 2006).

1. Jenis-jenis Fitoplankton berdasarkan Kelas

Masithah (2022) menyatakan bahwa beberapa kelas fitoplankton yang umum ditemukan di perairan antara lain:

a. Kelas Bacillariophyceae (Diatom)

Bacillariophyceae merupakan kelompok fitoplankton yang banyak ditemukan di berbagai perairan. Ukuran diatom umumnya berkisar dari 5 μm -2 mm. Ciri utamanya adalah memiliki dinding sel silikat, dan jika *bacillary phyceus* mati, cangkangnya tetap utuh dan mengendap di sedimen. Pada umumnya Bacillariophyceae merupakan sel soliter, namun ada beberapa yang saling menempel dan membentuk koloni seperti rantai. Bacillariophyceae dibagi menjadi dua ordo, Centrals (*centric* Bacillariophyceae)

dan Pennales (*pennate* Bacillariophyceae). Bacillariophyceae penat (*pennate*) dicirikan oleh bentuk sel simetris bilateral yang biasanya memanjang atau sigmoid berbentuk seperti huruf "S", sedangkan Bacillariophyceae sentripetal (*centric*) dicirikan oleh bentuk sel simetris radial dengan satu titik pusat.

b. Kelas Dinophyceae (Dinoflagellata)

Dinoflagellata adalah kelompok kelas fitoplankton yang sangat umum ditemukan di perairan setelah kelas Bacillariophyceae. Umumnya, ukuran dinoflagellata berkisar antara 5-200 μm . Spesies Dinoflagellata yang biasa ditemukan di perairan antara lain Ceratium, Peridinium, dan Dinophysis. Ciri-ciri kelas dinoflagellate ini adalah uniseluler, tidak memiliki cangkang luar berwarna coklat muda, dan memiliki sepasang flagela yang digunakan untuk bergerak di air.

c. Kelas Cyanophyceae (Alga Hijau Biru)

Kelompok dalam kelas Cyanophyceae memiliki ciri khusus yaitu adanya warna hijau kebiruan (cyanophycin) atau pigmen yang biasa disebut phycocyanin. Cyanophyceae tidak mempunyai flagella sehingga hanya bergerak dengan cara meluncur. Organisme ini juga mengandung pigmen lain yaitu phycoerythrin yang berwarna merah, klorofil, karoten dan xanthophyl. Ciri umum dari kelas ini adalah sel bulat atau silindris berukuran 0,2-2 μm . Kelas Cyanophyceae, atau biasa disebut kelompok ganggang hijau biru, banyak ditemukan di perairan pantai tropis yang dangkal, tetapi dengan kelimpahan yang rendah. Seluruh Cyanophyceae mencakup tujuh famili: Seytonemaceae, Nostocaceae, Rivulariaceae, Stegionemataceae, Notohopsidae, Crococaceae, dan Oscilatoriaceae.

d. Kelas Chlorophyceae

Chlorophyceae umumnya hidup di air tawar dan fitoplankton jenis ini paling banyak terdapat di air tawar Indonesia, namun ada juga yang hidup di air payau dan air asin. Chlorophyceae memiliki kloroplas hijau, yang mengandung pigmen klorofil a dan b serta karotenoid. Pigmen yang paling melimpah adalah pigmen klorofil-a, yang memberi alga ini warna hijau yang dominan. Chlorohyceae memiliki cadangan makanan berupa pirencid dan dinding selnya terbuat dari selulosa.

e. Kelas Euglenophyceae

Euglenophyceae merupakan organisme bersel tunggal, memiliki klorofil dan mampu melakukan fotosintesis, umumnya hidup di perairan tawar yang kaya akan bahan organik. Pada permukaan yang tenang, beberapa genera dalam kelompok ini mampu membentuk kista yang menutupi seluruh permukaan air dengan warna merah, hijau, kuning, atau ketiganya. Euglenophyceae memiliki bentuk sel lonjong memanjang

dan memiliki bintik mata yang sangat sensitif atau peka terhadap cahaya dan terletak di bagian atas tubuhnya.

f. Kelas Chrysophyceae

Kelas Chrysophyceae terdiri dari satu sel, memiliki satu atau dua flagela alat gerak, dan umumnya berdiameter kurang dari 30 um. Banyak dari spesies dalam kelas ini adalah tanaman fotosintetik dan beberapa heterotrof.

2. Peran dan Kelimpahan Fitoplankton

Fitoplankton umumnya ditemukan ke permukaan perairan pada siang hari dikarenakan organisme ini bersifat fototaksis positif. Pola persebaran fitoplankton dapat melakukan migrasi horizontal maupun vertikal dalam perairan (Xiong *et al.*, 2020; Samudera *et al.*, 2021). Oleh karena di perairan pelagis, fitoplankton adalah satu-satunya organisme yang berperan sebagai mesin kehidupan, yang mampu menghasilkan bahan organik (Wiadnyana, 2006). Fitoplankton sebagai organisme produsen dalam tingkatan rantai makanan, maka dari itu kelimpahan jumlah fitoplankton di suatu perairan dapat dijadikan sebagai indikator baik atau buruknya kualitas perairan tersebut (Thurman, 1994; Yusuf *et al.*, 2019). Berdasarkan nutrisi yang dibutuhkan, fitoplankton adalah berukuran mikroskopis dan sebagai organisme autotrof (Setiawan *et al.*, 2018).

Menurut Nastiti & Hartati (2016); Rahmah *et al.*, (2022) kelimpahan fitoplankton di perairan sangat berhubungan dengan konsentrasi nutrisi seperti nitrat, fosfat, dan silikat. Konsentrasi nutrisi dapat memengaruhi kelimpahan fitoplankton dan sebaliknya fitoplankton yang padat menurunkan konsentrasi nutrisi dalam air. Selain itu, kecerahan merupakan faktor utama dan terpenting dalam pertumbuhan fitoplankton. Sedangkan besar kecilnya intensitas cahaya yang masuk ke air dipengaruhi kecerahan maupun kekeruhan perairan itu sendiri. Untuk menduga status trofik berdasarkan kelimpahan fitoplankton dapat digolongkan berdasarkan 3 kategori, yaitu:

- a. Perairan oligotrofik termasuk kesuburan yang rendah dengan kelimpahan fitoplankton <2.000 sel/L.
- b. Perairan mesotrofik termasuk perairan dengan kesuburan sedang dengan kelimpahan fitoplankton antara 2.000-15.000 sel/L.
- c. Perairan eutrofik termasuk kedalam kesuburan tinggi dengan kelimpahan fitoplankton fitoplankton >15.000 sel/L.

Faktor penting lainnya yang memengaruhi produktivitas fitoplankton, yaitu curah hujan yang membawa unsur-unsur hara dari darat ke laut melalui aliran sungai, adanya pengadukan oleh angin, arus pasang surut dan gelombang, kemudian unsur hara akan terangkat dari dasar ke permukaan. Proses pengadukan tersebut menjadikan

pertumbuhan fitoplankton di muara sungai lebih baik (Sutomo 1999; Supriadi, 2001). Kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton terutama dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia, khususnya ketersediaan unsur hara (nutrien) serta kemampuan fitoplankton untuk memanfaatkannya (Mukharomah *et al.*, 2018).

Pamukas (2011), menyatakan bahwa salah satu penyebab kelimpahan fitoplankton menurun karena kurangnya nutrien di dalam perairan. Unsur hara yang larut dalam badan air langsung dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhannya sehingga populasi dan kelimpahannya meningkat. Peranan nutrien, terutama nitrogen dan fosfor sebagai faktor pembatas fitoplankton adalah aspek penting untuk mengurangi dan mengatur eutrofikasi. Tersedianya nutrien di estuaria sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dan pertukaran air laut, sumber air tawar berasal dari sungai, air tanah dan *run-off* dari darat yang mensuplai nutrien ke estuaria dan pertukaran air laut melalui pasang surut yang mengencerkan konsentrasi nutrien (Pello *et al.*, 2014).

C. Rasio N:P

Unsur hara yang dibutuhkan oleh organisme air adalah unsur nitrogen dan fosfor. Nitrogen dan fosfor merupakan dua parameter yang memengaruhi perairan. Unsur nitrogen digunakan oleh hewan air dalam bentuk nitrogen anorganik (amonia, nitrit, dan nitrat) yang dapat larut dalam air. Sedangkan, fosfor dalam bentuk senyawa fosfat. Fitoplankton membutuhkan unsur nitrat dan fosfat dalam pembuatan lemak dan protein. Kandungan nutrisi nitrat dan fosfat di perairan dapat dipengaruhi oleh pembuangan limbah rumah tangga dari pemukiman penduduk (Arofah *et al.*, 2021). Nutrien anorganik yang banyak diserap oleh fitoplankton diantaranya adalah nitrat dan fosfat dari kedua nutrien ini sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme (Tambaru *et al.*, 2023).

Organisme membutuhkan nutrien untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh, mengatur proses-proses dalam tubuh serta memberikan energi bagi tubuh. Ketersediaan nutrien pada dasarnya adalah ketersediaan N (nitrat) dan P (fosfat). Sumber antropogenik dari nutrien N dan P berasal dari pupuk, pertanian, pertambakan, limbah perkotaan dan industri. Penggunaan pupuk berbasis N (seperti Urea, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) dibidang pertanian dan pertambakan yang secara global telah meningkatkan seratus kali lipat sumber N di perairan dalam empat dekade terakhir (Glibert *et al.*, 2006; Nasir *et al.*, 2015). Di sisi lain, keberadaan unsur-unsur nutrient secara berlebihan di perairan justru akan mengakibatkan ledakan fitoplankton yaitu suatu keadaan dimana kelimpahan fitoplankton sangat tinggi. Hal ini akan berdampak pada kematian massal ikan-ikan dan organisme lain dalam air (Lusiana *et al.*, 2021).

Nitrat (N) dan fosfat (P) merupakan unsur yang dibutuhkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhan. Tingginya konsentrasi N dan P dapat menyebabkan *blooming* fitoplankton yang memberi dampak penting di muara. Fitoplankton berperan sebagai produsen primer yang mampu mensintesa zat anorganik menjadi zat organik dengan bantuan cahaya dan klorofil (Nurchayani *et al.*, 2016). Keutamaan nutrisi ini tercermin dari rasio nutrisi yang sering disebut dengan Rasio Redfield (Tambaru *et al.*, 2023).

Geider & Roche (2001); Widyastuti *et al.*, (2015) menyatakan adanya istilah Redfield ratio dalam biogeokimia perairan, yaitu suatu konsep yang merujuk hubungan antara komposisi organisme dan kimia air. Redfield ratio didasarkan pada pernyataan R.H. Fleming's 1940 yaitu bahwa kandungan C:N:P plankton adalah 106:16:1. Pada tahun 1934, peneliti melihat kesamaan yang mencolok antara komposisi unsur C/N/P dari material organik dengan nutrisi terlarut di lapisan air paling dalam. Hal ini menghasilkan dugaan bahwa plankton memiliki rasio C/N/P=106:16:1. Rasio C/N/P dikenal sebagai rasio Redfield yang diformulasikan oleh Alfred Redfield. Rasio ini telah bertahan dalam waktu yang lama dan telah berulang kali ditemukan di semua cekungan laut (Meirinawati, 2015).

Rasio N:P sebagai 16:1 seringkali digunakan sebagai suatu patokan untuk membandingkan faktor pembatas antara N dan atau P di suatu perairan (Widyastuti *et al.*, 2015). Rasio N:P yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton yaitu 16: 1, N akan menjadi faktor pembatas apabila nilai rasio N:P dibawah 16:1, sedangkan P menjadi faktor pembatas apabila rasio N:P di atas 16:1 (Widigdo & Wardiatno 2013). Widyastuti *et al.*, (2015) melanjutkan bahwa kriteria rasio redfield N:P ditentukan dengan N:P < 16 maka N menjadi faktor pembatas, N:P > 16 maka P menjadi faktor pembatas. Selanjutnya rasio N:P dikorelasi terhadap persentase kelimpahan fitoplankton. Tingginya konsentrasi nutrisi akan berpengaruh terhadap produktivitas perairan, sedangkan komposisi antara komponen nutrisi, yaitu rasio N terhadap P yang sering disebut dengan redfield ratio, akan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton jenis tertentu (Makmur *et al.*, 2012).

D. Faktor-faktor yang Memengaruhi Kelimpahan Fitoplankton

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) perairan yang baik untuk pertumbuhan organisme air berkisar antara 6,5 – 8,5. Secara keseluruhan nilai pH perairan rendah mendekati pesisir dan cenderung meningkat mendekati perairan laut. Rendahnya pH pada daerah pesisir diduga karena pengaruh masukan air tawar yang banyak membawa zat-zat organik, yang kemudian akan mengalami pembusukan yang dapat memengaruhi nilai pH

(Simanjuntak, 2009). Pada pengukuran pH, diperoleh kisaran yang relatif sama pada setiap waktu dan kedalaman. pH air laut cenderung stabil dan konstan. pH air laut dianggap sebagai salah satu faktor utama yang membatasi laju pertumbuhan plankton laut jika nilai salinitas kurang dari 7,0 atau lebih dari 8,5 (Tambaru *et al.*, 2014).

Perairan dikatakan basa apabila memiliki pH > 7, sedangkan < 7 dikatakan pH asam (Aminin *et al.*, 2019). Berdasarkan nilai pH untuk kehidupan fitoplankton adalah 7-8,5 (KEPMENLH 2004; Tambaru *et al.*, 2018). Menurut Odum; Isnaini *et al.*, (2012); Hutami *et al.*, (2017) perairan dengan pH antara 6 – 9 merupakan perairan dengan kesuburan tinggi dan tergolong produktif karena memiliki kisaran pH yang dapat mendorong proses pembongkaran bahan organik yang ada dalam perairan menjadi mineral-mineral yang dapat diasimilasikan oleh fitoplankton.

2. Salinitas

Salinitas sangat berpengaruh terhadap sebaran fitoplankton. Fitoplankton yang kurang mampu beradaptasi dengan tingkat salinitas tinggi persebarannya tidak merata di semua titik setiap stasiunnya. Bahwa setiap jenis fitoplankton mempunyai daya respon terhadap salinitas yang berbeda-beda. Oleh karena itu, sebaran komunitas fitoplankton sangat ditentukan oleh sebaran nilai salinitas di perairan (Hutami *et al.*, 2017). Fitoplankton dapat mentoleransi nilai salinitas berkisar antara 28-34 ppt (Supriharyono, 2000; Samawi *et al.*, 2020). Semakin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut akan rendah dan sebaliknya makin sedikitnya sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas akan tinggi. Di perairan pantai yang bersalinitas rendah komunitas fitoplankton lebih tinggi daripada perairan yang jauh dari pantai (Simanjuntak, 2009).

3. Suhu

Suhu air berkisar antara 27-32°C baik saat pasang maupun surut (Hutami *et al.*, 2017). Menurut Ruyitno (1980); (Tambaru *et al.*, 2014) Secara umum suhu optimal bagi perkembangan fitoplankton ialah 20°C - 30°C. Ditambahkan oleh Prianto *et al.*, (2013) menyatakan bahwa, suhu mengalami perubahan secara perlahan-lahan dari daerah pantai menuju laut lepas. Umumnya suhu di pantai lebih tinggi dari daerah laut karena daratan lebih mudah menyerap panas matahari dibandingkan dengan perairan laut.

4. Kecepatan arus

Arus perairan Indonesia sangatlah dipengaruhi oleh angin monsoon. Angin monsoon ini terbagi menjadi dua fase yaitu musim timur yang terjadi pada bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) dan musim barat yang terjadi pada bulan Desember-Januari-Februari

(DJF) (Pamungkas, 2018). Hidayah *et al.*, (2016), menambahkan oleh adanya arus yang merupakan salah satu parameter fisika-kimia menyebabkan nutrisi dan klorofil-a akan mengalami persebaran sesuai dengan pergerakan massa air yang memengaruhi. Kandungan nutrisi yang tinggi di perairan muara akan dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk proses fotosintesis.

Darmawan *et al.*, (2018) menggolongkan kisaran kecepatan arus yang diperoleh berkisar 0,68 – 0,89 tergolong cepat. Arus dibagi menjadi 5 yaitu arus yang sangat cepat (> 1 m/s), cepat (0,5 – 1 m/s), sedang (0,25 – 0,5 m/s), lambat (0,1 – 0,25 m/s) dan sangat lambat ($< 0,1$ m/s). Berdasarkan Mason (1981); Tambaru *et al.*, (2014) menyatakan bahwa kecepatan arus yang lebih kecil dari 0,5 m/s tergolong arus yang sangat lambat. Kecepatan arus seperti itu memungkinkan aktifitas plankton berjalan dengan baik.

5. Kecerahan

Kecerahan merupakan salah satu faktor penentu keberlanjutan kehidupan plankton. Tinggi rendahnya kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh besarnya cahaya matahari yang menembus lapisan perairan. Dari hasil pengukuran, kecerahan menembus sampai kedalaman 16 meter yang melewati kedalaman terdalam dari penelitian (15 m). Berdasarkan hal tersebut, plankton khususnya fitoplankton dapat beraktifitas dengan baik sampai kedalaman terdalam (Tambaru *et al.*, 2014).

Kecerahan perairan akan menurun bila mendekati pantai dan meningkat bila menjauhi pantai. Hal ini dipengaruhi oleh adanya hasil dari berbagai aktivitas di sepanjang sungai seperti adanya partikel-partikel daratan (lumpur, pasir, bahan-bahan organik) yang terbawa masuk ke perairan laut (Hidayah *et al.*, 2016). Kecerahan sangat berhubungan erat dengan produktivitas primer, dimana nilai kecerahan diidentikkan dengan kedalaman sebagai berlangsungnya proses fotosintesis. Hal ini sesuai bahwa nilai kecerahan air yang baik bagi kelangsungan hidup organisme perairan adalah > 45 cm. Tinggi rendahnya nilai kecerahan setiap stasiun penelitian dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengamatan dan kondisi perairan tersebut yang dipengaruhi oleh partikel-partikel terlarut (Suardiani *et al.*, 2018).

6. Nitrat (NO_3)

Nitrat merupakan salah satu bentuk persenyawaan nitrogen yang tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan yang diwujudkan dalam pertumbuhan fitoplankton sebagai sumber nutrisi alami bagi ikan. Nitrat dapat berasal dari ammonium yang masuk ke dalam badan sungai terutama melalui limbah domestik, konsentrasinya di dalam sungai akan semakin

berkurang bila semakin jauh dari titik pembuangan yang disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme di dalam air contohnya bakteri nitrosomonas. Mikroorganisme tersebut akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit dan akhirnya menjadi nitrat oleh bakteri (Kusumaningtyas, 2010).

Kisaran antara 0,9 - 3,5 mg/L merupakan kisaran konsentrasi nitrat yang paling sesuai dan optimal (Mackentum, 1969); Tambaru *et al.*, (2023). Kandungan nitrat dalam lingkungan perairan berfluktuasi menurut musim, kandungan nitrat yang lebih tinggi terjadi setelah hujan lebat. Rendahnya kandungan nitrat di perairan dapat disebabkan karena sifat nitrat yang tidak stabil dan adanya penyerapan nitrat fitoplankton sementara pasokan nitrat pada perairan tersebut terbatas (Lazuardi *et al.*, 2022).

7. Fosfat (PO_4)

Fosfat merupakan nutrisi yang esensial bagi pertumbuhan suatu organisme perairan, namun tingginya konsentrasi fosfat di perairan mengindikasikan adanya zat pencemar (Makmur *et al.*, 2012). Fosfat sebagai elemen penting yang dibutuhkan untuk menopang kehidupan di perairan. Fosfat berasal dari erosi tanah, limbah buangan industri, kosmetik, buangan kotoran hewan serta pelapukan batuan. Sebagian besar pencemaran yang disebabkan oleh fosfor berasal dari adanya senyawa deterjen di perairan (Rumanti *et al.*, 2014).

Kisaran antara 0,09 - 1,80 mg/L merupakan kisaran yang paling sesuai dan optimal (Mackentum, 1969); Tambaru *et al.*, (2023). Fosfat termasuk nutrisi yang merupakan zat hara penting bagi pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton yang merupakan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan. Sumber utama zat hara berasal dari perairan itu sendiri yaitu melalui proses-proses penguraian pelapukan atau pun dekomposisi tumbuh-tumbuhan dan sisa-sisa organisme mati. Konsentrasi nutrisi di perairan apabila meningkat, maka biomassa fitoplankton akan meningkat karena kebutuhan yang diperlukan oleh fitoplankton untuk melakukan proses metabolisme tercukupi (Rahmah *et al.*, 2022).