

## Community of Phytoplankton as Aquatic Quality Bioindicator in Teluk Melanau Waters Lemukutan Island West Kalimantan

(Komunitas Fitoplankton Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Teluk Melanau Pulau Lemukutan Kalimantan Barat)

Zainal, Arie Antasari Kushadiwijayanto, Ikha Safitri\*, Mega Sari Juane Sofiana

Program Studi Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Tanjungpura  
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat 78124, Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: [isafitri@marine.untan.ac.id](mailto:isafitri@marine.untan.ac.id)

Manuscript received: 2 May 2023. Revision accepted: 23 May 2023.

### Abstract

Lemukutan Island has the potential of natural resources with a high level of diversity, including phytoplankton. Lemukutan Island has been developed as a marine tourism destination and other activities. A way to monitor water conditions is by observing physical, chemical, and biological parameters. This study aimed to determine the community structure of phytoplankton as a bioindicator of water quality and analyze the correlation of environmental parameters to the abundance of phytoplankton in Teluk Melanau, Lemukutan Island. Determination of sampling stations using a purposive sampling method. Phytoplankton identification, abundance, biological index, and measurement of environmental parameters were carried out in this study. The results showed that the phytoplankton community consisted of 77 genera and *Bacillariophyceae* has the highest percentage contribution (90.44%). The most common genera were *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Synedra*, and *Chaetoceros*. The abundance of phytoplankton ranged from 2-1521 ind/L. The biological index showed that Teluk Melanau was in an unpolluted condition. Environmental parameters were still in the optimal range for the growth of phytoplankton. The abundance of phytoplankton is very strongly correlated with salinity, DO, nitrate, and phosphate, strongly correlated with pH and very weakly correlated with brightness, temperature, and current velocity.

Keywords: *Community structure, phytoplankton, bioindicator, Lemukutan Island.*

### Abstrak

Perairan pulau Lemukutan memiliki potensi sumberdaya alam, termasuk fitoplankton. Pada saat ini, pulau Lemukutan telah dikembangkan sebagai destinasi wisata bahari dan berbagai aktivitas lainnya. Aktivitas tersebut dapat memberikan dampak terhadap kualitas perairan. Salah satu cara melakukan monitoring kondisi perairan yaitu dengan cara pengamatan parameter fisika, kimia, dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas fitoplankton sebagai bioindikator kualitas perairan dan menganalisis korelasi parameter lingkungan terhadap kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Melanau, Pulau Lemukutan. Penentuan stasiun pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling untuk mewakili rona lingkungan yang ada. Identifikasi fitoplankton, kelimpahan, indeks biologis, dan pengukuran parameter lingkungan dilakukan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan struktur komunitas fitoplankton terdiri dari 77 genera, dimana *Bacillariophyceae* merupakan komponen dengan persen kontribusi tertinggi (90,44%). Jenis yang paling banyak ditemukan yaitu *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Synedra*, dan *Chaetoceros*. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 2-1521 ind/L. Indeks biologi menunjukkan bahwa perairan Teluk Melanau berada pada kondisi tidak tercemar. Parameter lingkungan masih dalam rentang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton berkorelasi sangat kuat dengan salinitas, DO, nitrat, dan fosfat, berkorelasi kuat dengan pH dan berkorelasi sangat lemah dengan kecerahan, suhu, dan kecepatan arus.

Kata kunci: struktur komunitas, fitoplankton, bioindikator, pulau Lemukutan.

### PENDAHULUAN

Secara administratif, pulau Lemukutan terletak di Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat.

Pulau tersebut memiliki luas wilayah ± 1,453 Ha (Bappeda Kabupaten Bengkayang, 2021). Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 90/KEPMEN-KP/2020, pulau Lemukutan masuk ke dalam salah satu

Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (KKP3K) di Kalimantan Barat. Perairan pulau Lemukutan memiliki potensi sumberdaya alam dengan tingkat keanekaragaman yang tinggi, seperti terumbu karang (Pranata *et al.*, 2018; Rudianto *et al.*, 2020; Nurcahyanto *et al.*, 2021), lamun (Herlina *et al.*, 2018; Gusmalawati dan Sanova, 2018), rumput laut (Sofiana *et al.*, 2022; Fatriyanti *et al.*, 2022), dan gastropoda (Magdalena *et al.*, 2019). Teluk Melanau merupakan pusat administrasi dan berbagai aktivitas di pulau Lemukutan, seperti pendidikan dan perekonomian. Pada saat ini, pulau Lemukutan telah dikelola dan dikembangkan sebagai salah satu destinasi wisata bahari di Kalimantan Barat. Potensi tersebut mendorong peningkatan jumlah wisatawan yang berkunjung, aktivitas navigasi, tempat penginapan, dan pengembangan berbagai macam industri. Aktivitas manusia merupakan faktor yang menyumbang pembuangan limbah, sampah, dan adanya unsur hara. Aktivitas tersebut dapat memberikan dampak terhadap kualitas perairan. Kegiatan antropogenik rentan mengakibatkan perubahan ekosistem dan dapat membahayakan habitat organisme akuatik (Gholizadeh *et al.*, 2016; Hamuna *et al.*, 2018; Patty *et al.*, 2019). Penurunan kualitas air akan menurunkan produktivitas dan daya dukung sumber daya perairan tersebut (Hamuna *et al.*, 2018).

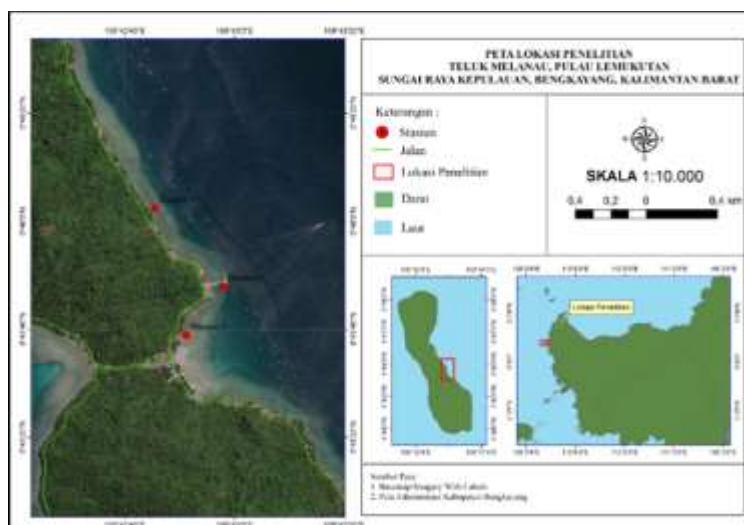
Monitoring kualitas perairan dianggap sangat penting (Warhate *et al.*, 2006). Kegiatan ini dapat dilakukan dengan menganalisis karakteristik fisika, kimia, dan biologi (Kazi *et al.*, 2009), termasuk menggunakan mikroalga. Mikroalga memiliki peran penting dalam ekosistem perairan sebagai produsen primer

dan juga penyumbang oksigen terlarut. Keberadaan mikroalga sering digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan (Yuliana, 2015). Hal ini dikarenakan mikroalga memiliki siklus hidup yang pendek dan adaptasi tinggi terhadap perubahan lingkungan (Nugroho, 2006). Penelitian sebelumnya mengenai mikroalga epifit berasosiasi pada daun *Thalassia hemprichii* di perairan pulau Lemukutan menemukan bahwa mikroalga kelas Bacillariophyceae memiliki persen kontribusi tertinggi (66,05%), dibandingkan dengan kelas lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur komunitas mikroalga sebagai bioindikator kualitas perairan dan menganalisis korelasi parameter lingkungan terhadap kelimpahan fitoplankton di Perairan Teluk Melanau, Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan bulan Maret 2022 di perairan Teluk Melanau, Pulau Lemukutan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Pengambilan sampel mikroalga dan pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan di tiga stasiun dengan tiga kali pengulangan. Penentuan stasiun pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling untuk mewakili rona lingkungan yang ada (Ayuningsih *et al.*, 2014). Stasiun I merupakan daerah pemukiman penduduk (N 00°45.696 dan E 108°42.889), stasiun II merupakan daerah dekat dengan dermaga kapal (N 00°45.805 dan E 108°42.957), dan stasiun III merupakan daerah jauh dari aktivitas penduduk (N 00°46.046 dan E 108°42.752) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di perairan Teluk Melanau, Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat

### Sampling Mikroalga

Sampling mikroalga dilakukan dengan cara menyaring air laut sebanyak 100 L menggunakan *plankton net* dengan diameter bukaan mulut 30 cm, *mesh size* 30  $\mu\text{m}$ , dan panjang jaring 100 cm (Aquino *et al.*, 2010; Mulyani *et al.*, 2012). Air yang telah tersaring dimasukkan ke dalam botol falkon dan ditambahkan akuades hingga mencapai volume final 20 mL. Kemudian, sampel ditambah dengan larutan formalin (4%) sebanyak 3 tetes (Edler and Elbrachter, 2010). Sampling dilakukan sebanyak tiga kali ulangan di setiap stasiun. Selanjutnya, semua sampel disimpan dalam *coolbox* dan dijaga dari sinar matahari langsung (Aryawati *et al.*, 2017) untuk menghindari kerusakan pada sampel. Identifikasi fitoplankton dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat.

### Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Perairan

Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan secara in situ bersamaan dengan sampling mikroalga. Parameter seperti suhu, salinitas, *Dissolved Oxygen* (DO), dan salinitas diukur menggunakan *Water Quality Checker* (WQC) AZ 8603. Kedalaman dan kecerahan perairan diukur menggunakan *sechii disk*, kecepatan arus diukur dengan layang-alayang arus. Pengambilan sampel air untuk uji kandungan nitrat dan fosfat menggunakan botol kaca sebanyak 100 mL berdasarkan (SNI-6964.8: 2015) tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Laut, kemudian disimpan ke dalam *coolbox* dan dijaga suhunya hingga 4 °C (Nasution *et al.*, 2019). Sedangkan konsentrasi nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Kualitas dan Kesehatan Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat berdasarkan SNI 6989.79:2011 dan SNI 06.6989.31-2005.

### Identifikasi Mikroalga

Identifikasi mikroalga dilakukan hingga tingkatan genus menggunakan buku identifikasi oleh Yamaji (1984), Omura *et al.* (2012), dan Witkowski *et al.* (2000). Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara meneteskan sampel mikroalga pada object glass (Ganai and Parveen, 2014) sebanyak 1 mL dan perhitungan jumlah sel dilakukan dengan bantuan mikroskop binokular dengan perbesaran 40x10.

### Analisis Data

Kelimpahan (K) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$K = \frac{Q_1}{Q_2} \times \frac{V_r}{V_o} \times \frac{1}{p} \times \frac{1}{V} \times n_i$$

dimana K adalah kelimpahan mikroalga (ind/L),  $Q_1$  adalah luas cover glass ( $\text{mm}^2$ ),  $Q_2$  adalah luas lapang pandang ( $\text{mm}^2$ ),  $V_r$  adalah volume sampel yang terkonsentrat (20 mL),  $V_o$  adalah volume sampel yang diamati (1 mL), p adalah jumlah lapang pandang yang diamati, V adalah volume air yang disaring (100 mL), dan  $n_i$  adalah jumlah individu yang ditemukan (ind).

Kelimpahan Relatif (KR), dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$KR (\%) = \frac{K \text{ suatu jenis}}{K \text{ total}} \times 100$$

Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener (1969), sebagai berikut :

$$H' = - \sum_{k=0}^n p_i \ln p_i$$

dimana  $H'$  adalah indeks keanekaragaman,  $p_i$  adalah kelimpahan proporsional masing-masing spesies ( $n_i/N$ ),  $n_i$  adalah jumlah individu jenis ke- $i$ , N adalah jumlah total individu dalam komunitas. Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) dapat diklasifikasikan menjadi tiga kriteria (Odum, 1993), yaitu  $H' < 1$  menunjukkan tingkat keanekaragaman rendah,  $1 < H' < 3$  menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang, dan  $H' > 3$  menunjukkan tingkat keanekaragaman tinggi. Selain itu, nilai indeks keanekaragaman juga dapat digunakan untuk menilai tingkat pencemaran suatu perairan. Nilai  $H' < 1$  mengindikasikan bahwa perairan tercemar,  $1 < H' < 3$  mengindikasikan bahwa perairan tercemar sedang, dan  $H' > 3$  mengindikasikan bahwa perairan dalam kondisi tidak tercemar.

Indeks keseragaman (E) digunakan untuk menentukan distribusi mikroalga dalam suatu komunitas. Indeks ini dihitung dengan menggunakan rumus (Odum, 1993) sebagai berikut :

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

dimana E adalah indeks keseragaman,  $H'$  adalah indeks keanekaragaman,  $H \text{ max} = \ln S$ , dimana S adalah jumlah genus yang ditemukan. Nilai indeks keseragaman berkisar

antara 0-1, dimana nilai E mendekati 0 menunjukkan keseragaman populasi semakin kecil, persebaran individu setiap genus tidak sama, dan terdapat kecenderungan suatu genus mendominasi populasi. Sebaliknya, jika nilai E mendekati 1, menunjukkan keseragaman yang tinggi, jumlah individu masing-masing genus tidak jauh berbeda, dan tidak ada kecenderungan suatu genus mendominasi dalam populasi (Krebs, 1985).

**Indeks dominansi Simpson (C) digunakan untuk menentukan tingkat dominasi jenis mikroalga di perairan, dan dapat dihitung dengan rumus (Odum, 1993) sebagai berikut:**

$$C = \sum (ni/N)^2$$

Dimana C adalah indeks dominansi Simpson, ni adalah jumlah individu jenis ke-i, dan N adalah jumlah total individu dalam komunitas. Nilai indeks dominansi diklasifikasikan menjadi tiga kriteria (Odum, 1993), yaitu nilai  $C < 0,50$  menunjukkan tingkat dominasi rendah, nilai  $0,50 < C < 0,75$  menunjukkan dominasi sedang, dan nilai  $C > 0,75$  menunjukkan dominasi tinggi (Krebs, 1989).

**Indeks Similaritas Sorensen (ISS) digunakan untuk melihat kemiripan jenis antar stasiun pengambilan data. Indeks tersebut dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Krebs, 1989) :**

$$ISS = 2c / (a + b) \times 100\%$$

Dimana a adalah jumlah genus pada stasiun a, b adalah jumlah genus pada stasiun b, dan c adalah jumlah genus yang sama pada stasiun a dan b.

Nilai ISS dapat diklasifikasikan menjadi empat kriteria menurut (Odum, 1993), yaitu nilai  $ISS < 25\%$  menandakan sangat tidak mirip,  $ISS$  antara  $25-50\%$  menandakan tidak mirip,  $ISS$  antara  $50-75\%$  menandakan mirip, dan  $ISS$  antara  $75-100\%$  menandakan sangat mirip. Analisis korelasi dilakukan untuk melihat pengaruh parameter lingkungan terhadap kelimpahan fitoplankton menggunakan Principle Component Analysis (PCA) dengan Software SPSS versi 25.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Jenis Fitoplankton di Perairan Teluk Melanau Pulau Lemukutan

Berdasarkan hasil identifikasi fitoplankton di semua stasiun pengambilan data, terdapat 77 genus fitoplankton yang tergolong dalam

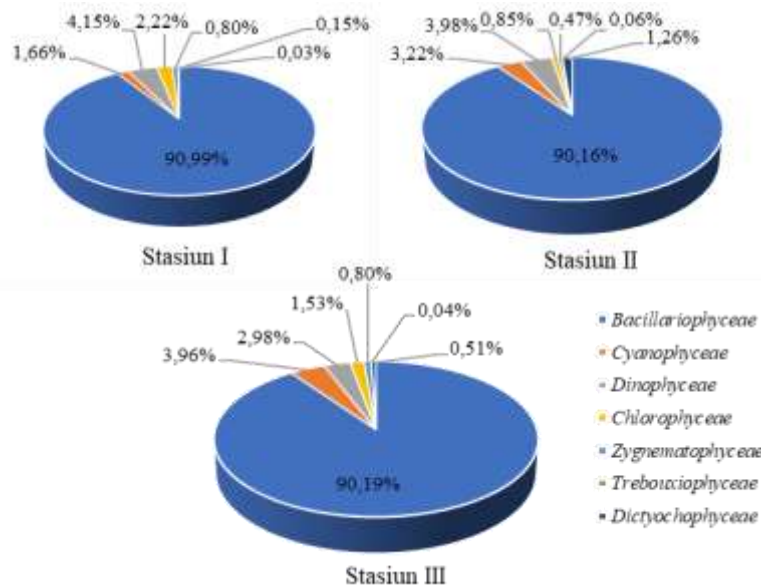
kelas Bacillariophyceae (58 genus), Cyanophyceae (5 genus), Dinophyceae (6 genus), Chlorophyceae (3 genus), Zygnematomphyceae (2 genus), Trebouxiophyceae (2 genus), dan Trebouxiophyceae (1 genus). Hasil penelitian ini hampir sama dengan penelitian oleh Hidayat et al. (2021) dilakukan di Perairan Pulau Kabung, yang juga menemukan 7 kelas yaitu Bacillariophyceae, Cyanophyceae, inophyceae, Chlorophyceae, Coleochaetophyceae, Trebouxiophyceae dan Ulvophyceae. Hal ini diduga kerana jarak antara pulau Lemukutan dengan pulau Kabung yang relatif berdekatan.

Struktur komunitas dan komposisi mikroalga yang berbeda di setiap lokasi pengambilan sampel terjadi karena pengaruh faktor lingkungan, seperti arus (Al-Harbi, 2017), suhu, salinitas, pH, kandungan oksigen terlarut, ketersediaan nutrisi, cahaya dan kualitas air (El-Din et al., 2015), serta predator (Borowitzka et al., 2006) dapat mempengaruhi kolonisasi dan pertumbuhan fitoplankton. Di perairan Teluk Melanau, diantara fitoplankton yang ditemukan, kelas Bacillariophyceae (diatom) memiliki persen kontribusi tertinggi (90,44%), dengan diatom pennate (74,39%) dan diatom sentris (25,61%). Diatom pennate memiliki persentase kontribusi lebih tinggi kerana diatom ini berkemampuan tumbuh secara cepat dan mampu menggunakan ketersediaan nutrisi secara efisien pada kondisi intensitas cahaya rendah (Lizotte, 2001). Kelas Bacillariophyceae ini merupakan kelompok utama fitoplankton yang sering ditemukan di perairan laut terbuka, perairan tawar, dan aliran sungai (Purnawan et al., 2016). Di Kalimantan Barat dan Kepulauan Riau, beberapa penelitian sebelumnya juga menemukan dominasi kelas Bacillariophyceae di perairan (Herlina et al., 2018; Tarigas et al., 2020; Lestari et al., 2020; Hidayat et al., 2021).

Pada umumnya, kelas ini juga digunakan sebagai indikator biologis kualitas perairan (Arifin et al., 2015). Diatom sering digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim dan pengayaan nutrisi (Ruhland et al., 2008; McQuatters-Gollop, 2012). Selain itu, Bacillariophyceae bersifat kosmopolit, memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim (Arifin et al., 2015), serta memiliki siklus hidup yang singkat dan tingkat reproduksi yang tinggi (Nirmalasari, 2018) yang disebabkan oleh ketersediaan nutrisi di perairan (Barokah et al., 2016). Aktivitas manusia berkontribusi terhadap kandungan nitrogen (N), nitrat (NO<sub>3</sub>), fosfat (PO<sub>3</sub>), silikat (SiO<sub>2</sub>), dan amoniak (NH<sub>3</sub>)



(Haninuna et al., 2015; Balqis et al., 2021). Nitrat dan fosfat berperan terhadap pertumbuhan diatom (Gurning et al., 2020).



**Gambar 2. Persentase fitoplankton berdasarkan kelas pada masing-masing stasiun**

Kelas Dinophyceae memiliki persentase tertinggi di stasiun I (4,15%) dibandingkan dengan stasiun lainnya. Stasiun I yang dekat dengan perumahan dan adanya buangan limbah rumah tangga dapat meningkatkan pasokan unsur hara. Kondisi tersebut mendukung keberadaan kelas Dinophyceae tersebut. Apabila perairan dalam kondisi terlewat subur (eutrofikasi) maka dapat menyebabkan terjadinya Harmful Algae Blooms (HABs) dan menghasilkan racun (Hernandez-Bacerril et al., 2018) yang berbahaya terhadap organisme akuatik lainnya. Beberapa genus yang dapat menghasilkan toksin yaitu *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Pyrodinium*, dan *Dinophysis* (Tungka et al., 2016). Kelas Cyanophyceae memiliki persentase tertinggi di stasiun III (3,96 %), dan tergolong cukup rendah. Hal ini diduga karena kelas ini memiliki preferensi hidup pada salinitas rendah dan suhu tinggi (Aziz et al., 2015), dan merupakan divisi utama di perairan tawar (Bellinger and Sigeo, 2010). Penelitian Saragih dan Erizka (2018) menemukan kelas Cyanophyceae dengan kelimpahan tertinggi dibandingkan kelas lainnya. Selain itu, tingginya persen kontribusi di stasiun III disebabkan karena kandungan unsur hara (nitrat dan fosfat) yang rendah. Menurut Nirmalasari (2018) dan Widigdo et al. (2013), kelas Cyanophyceae sering ditemukan di perairan yang mengandung unsur hara dengan konsentrasi rendah. Hasil

penelitian ini juga senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Lestari et al. (2020), yang menemukan kelas Cyanophyceae lebih banyak ditemukan pada kawasan yang jauh dari aktivitas penduduk dengan persentase 10,62 %. Kelas Chlorophyceae memiliki persentase tertinggi di stasiun I (2,22%). Kelas ini memiliki preferensi yang sama dengan kelas Cyanophyceae, yaitu hidup optimal pada salinitas yang rendah. Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan, nilai salinitas di stasiun tersebut tergolong cukup tinggi. Penelitian sebelumnya menemukan penyebaran kelas Chlorophyceae dominan dan bersifat kosmopolit (Ferial and Salam, 2016) di perairan tawar (Bellinger and Sigeo, 2010) dan estuari (Apriansyah et al., 2021) yang mempunyai nilai salinitas rendah (Abizar dan Rahmah, 2020), dan perairan yang tergenang seperti danau (Aziz et al., 2015). Kelimpahan dan dominasi kelas Chlorophyceae juga dapat memicu terjadinya fenomena eutrofikasi (Suryono and Sudarso, 2019).

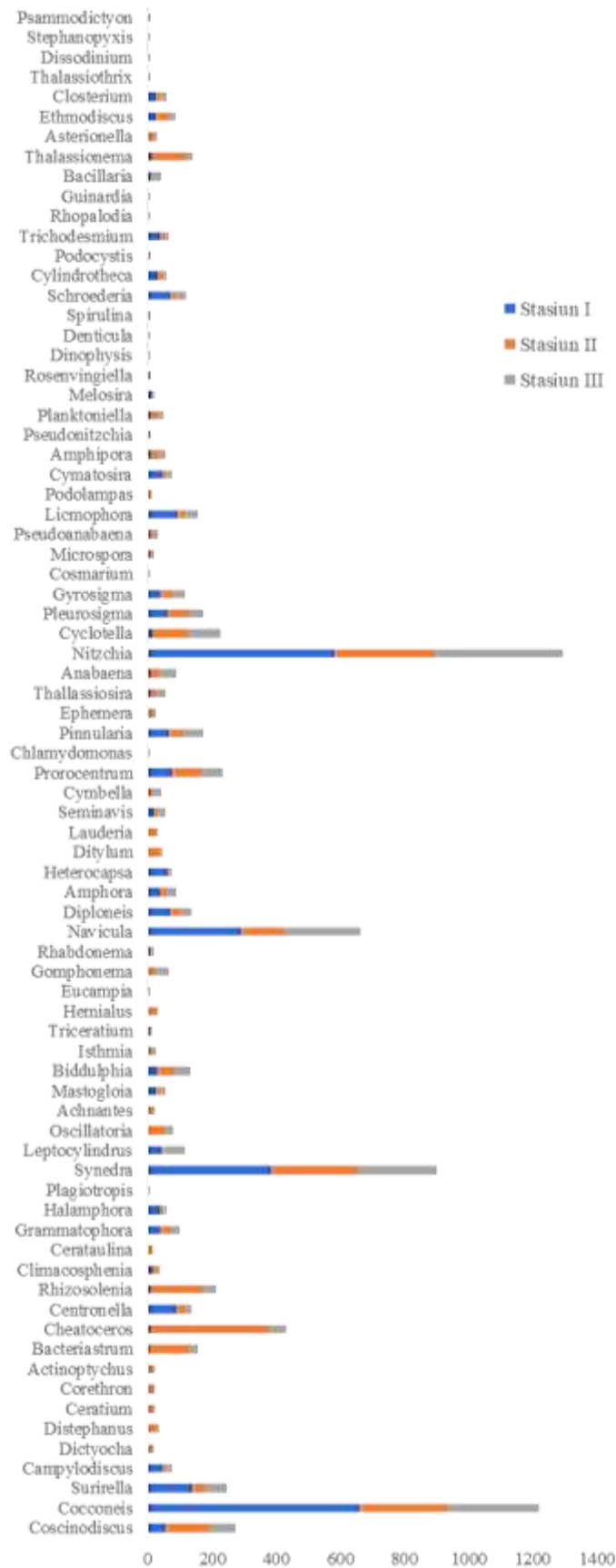
Kelimpahan fitoplankton yang ada di perairan teluk Melanau berkisar antara 2-1521 ind/L (Gambar 3). Dari semua jenis fitoplankton yang teridentifikasi, genus yang paling banyak ditemukan yaitu *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Synedra*, dan *Chaetoceros* yang memiliki distribusi luas dan tingkat adaptasi tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan. Hal ini dapat dilihat bahwa genus tersebut dapat ditemukan di semua titik

pengambilan sampel dengan kelimpahan tinggi, yaitu *Cocconeis* (1521 ind/L), *Nitzschia* (1340 ind/L), *Synedra* (892 ind/L), dan *Chaetoceros* (853 ind/L). Dominasi *Cocconeis* telah banyak dilaporkan oleh beberapa penelitian sebelumnya (Wetzel et al., 2019; Tarigas et al., 2020). Hal ini disebabkan karena jenis tersebut memiliki tingkat reproduksi tinggi, daya kolonisasi dan pelekatan kuat pada permukaan substrat (Gacia et al., 2009). Selain itu, Penelitian lain mengemukakan bahwa *Cocconeis* dapat mendominasi komunitas diatom bentik di lintang tinggi (Majewska et al., 2012).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, genus *Nitzschia* juga banyak dilaporkan mendominasi di perairan (Hamsher et al., 2016; et al., 2021). Jenis ini memiliki adaptasi tinggi di perairan (Israwati et al., 2018), distribusi luas di perairan maupun berbagai karakteristik substrat, kosmopolit, bersifat motil dan soliter (Kellogg and Kellogg, 2002). *Nitzschia* memiliki alat gerak berupa tangkai gelatin sehingga mudah menempel pada substrat (Al-Harbi, 2017). Selain itu, *Nitzschia* ditemukan melimpah pada kondisi perairan dengan tingkat salinitas tinggi, suhu yang bervariasi, serta perairan dengan pengaruh arus, gelombang, dan pasang surut (Turner and Rabalais, 1991;

Dorth and Fryxell, 1992). Pasang surut mempengaruhi distribusi *Nitzschia* secara horizontal (Arsad et al., 2021). Di perairan teluk Melanau, genus *Synedra* juga ditemukan melimpah di semua stasiun pengambilan sampel. Penelitian sebelumnya juga melaporkan kelimpahan *Synedra* di perairan (Heramza et al., 2021; Hidayat et al., 2021). *Synedra* memiliki kemampuan bertahan dan adaptasi tinggi terhadap perubahan kondisi perairan yang ekstrim (Isti'annah, 2015). Hasil penelitian Rangpan (2008), jenis *Synedra* mendominasi di perairan dengan kondisi tercemar dan oksigen terlarut dengan konsentrasi rendah.

Oleh karena itu, keberadaan *Synedra* dapat dijadikan sebagai bioindikator kondisi lingkungan dan kualitas perairan. Selain itu, tingginya kepadatan *Synedra* karena memiliki sel pembungkus yang berlapis dan sitoplasma yang mengandung mukopolisakarida, sehingga memiliki kemampuan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Conradie, 2008). Jenis ini juga mampu mengakumulasi nutrisi dan menyimpannya sebagai cadangan makanan dalam bentuk polimer yang tidak larut (Arsad et al., 2021).



Gambar 3. Kelimpahan fitoplankton di perairan Teluk Melanau, Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat

### Indeks Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi

Kestabilan komunitas fitoplankton di perairan dapat dilihat dari nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ), indeks keseragaman ( $E$ ), dan indeks dominansi ( $C$ ) (Tabel 1). Indeks keanekaragaman ditentukan oleh jumlah spesies, jumlah individu, dan pola sebarannya

(Krebs, 1985). Suatu komunitas dikatakan memiliki keanekaragaman yang tinggi apabila terdapat banyak jenis dengan jumlah individu setiap jenis relatif sama. Namun, jika suatu komunitas terdiri dari beberapa jenis dengan jumlah individu setiap jenis relatif tidak sama, maka komunitas tersebut memiliki keanekaragaman yang rendah (Barus, 2004).

**Tabel 1. Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ), Keseragaman ( $E$ ) dan Dominansi ©**

Indeks	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
Keanekaragaman ( $H'$ )	2,93	3,41	3,37
Keseragaman ( $E$ )	0,71	0,80	0,79
Dominansi ( $C$ )	0,09	0,05	0,06

Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) fitoplankton di perairan Teluk Melanau berada pada rentang 2,93-3,41. Nilai tertinggi terdapat pada stasiun II, sedangkan nilai terendah pada stasiun I. Perairan Teluk Melanau memiliki tingkat keanekaragaman tergolong dalam kategori tinggi (Odum, 1993). Hal ini diduga karena pengaruh faktor fisika-kimia perairan sehingga hanya mikroalga jenis tertentu saja yang mampu beradaptasi dengan kondisi tersebut. Indeks keanekaragaman yang tinggi menunjukkan kemampuan fitoplankton untuk memanfaatkan faktor lingkungan dengan baik, sehingga genus tertentu yang toleran terhadap kondisi lingkungan akan cenderung melimpah dibandingkan dengan genus lainnya (Shabrina et al., 2020 dan Yuliana, 2015). Tingginya indeks keanekaragaman pada stasiun II diduga dipengaruhi oleh kecepatan arus dan kecerahan, dimana kecepatan arus dan kecerahan menunjukkan korelasi positif terhadap indeks keanekaragaman. Selanjutnya, nilai keanekaragaman berdasarkan indeks Shannon-Wiener terkait dengan tingkat pencemaran (Begon et al., 1986), perairan Teluk Melanau dalam kondisi tidak tercemar. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai indeks keseragaman ( $E$ ) berada pada rentang 0,71-0,80. Nilai tertinggi terdapat pada stasiun II, sedangkan nilai terendah pada stasiun I. Kondisi ini menandakan bahwa perairan Teluk Melanau memiliki tingkat keseragaman tinggi.

Indeks keseragaman yang tinggi menunjukkan bahwa setiap genus dapat memanfaatkan nutrisi yang terdapat di perairan secara bersamaan (Shabrina et al., 2020). Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Novasaraseta et al. (2018) yang mendapatkan nilai indeks keseragaman berkisar 0,69-0,78. Tingginya indeks keseragaman pada stasiun II diduga dipengaruhi oleh kecepatan arus dan kecerahan, dimana kecepatan arus dan kecerahan menunjukkan korelasi positif terhadap indeks keseragaman. Sedangkan, nilai indeks dominansi ( $C$ ) dalam rentang antara 0,05-0,09 dimana perairan tersebut masuk ke dalam kategori rendah (Odum, 1993). Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada genus yang mendominasi pada setiap stasiun dan masih tergolong rendah. Menurut Yuliana (2014), nilai indeks dominansi yang rendah menunjukkan tidak adanya genus yang mendominasi terhadap genus lainnya. Kondisi ini mengindikasikan bahwa semua genus memiliki kesempatan dan kemampuan yang sama untuk tumbuh dalam keadaan kondisi lingkungan yang baik. Tingginya indeks dominansi pada stasiun I diduga dipengaruhi oleh suhu, DO, pH, salinitas, nitrat dan fosfat, dimana faktor lingkungan tersebut menunjukkan korelasi positif terhadap indeks dominansi.

**Tabel 2. Indeks Similaritas Sorensen (ISS)**

	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
Stasiun I	-	86,36%	85,71%
Stasiun II	-	-	95,10%
Stasiun III	-	-	-



Hasil perhitungan Indeks Similaritas Sorensen (ISS) digunakan untuk menunjukkan gambaran tingkat kesamaan komunitas fitoplankton pada setiap stasiun (Hidayat et al., 2020). Nilai ISS fitoplankton di perairan Teluk Melanau berkisar antara 85,71-95,10%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa antar stasiun pengambilan sampel memiliki kategori sangat mirip, dimana komposisi jenis yang menyusun komunitas pada setiap stasiun relatif sama. Hal ini diduga karena jarak stasiun yang masih saling berdekatan sehingga massa air dan nutrisi saling bercampur. Percampuran nutrisi yang terkandung di perairan diduga dapat mempengaruhi kesamaan spesies antar stasiun (Barus, 2004). Selain itu, kondisi lingkungan yang homogen menyebabkan kesamaan struktur komunitas fitoplankton yang ada (Tarigas et al., 2020).

### Kondisi Parameter Kualitas di Perairan Teluk Melanau

Kondisi kualitas lingkungan dapat dilihat dengan melakukan pengukuran parameter fisika-kimia perairan. Tingkat kecerahan

berkaitan erat dengan intensitas cahaya matahari yang masuk ke kolom perairan (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil penelitian, nilai kecerahan di lokasi penelitian berkisar antara 100-233 cm. Cahaya matahari yang mampu menembus hingga ke dasar perairan dapat menandakan bahwa lingkungan perairan dalam kondisi baik (Schaduw dan Ngangi, 2015). Cahaya berperan penting untuk proses fotosintesis (Effendi, 2003), dimana intensitas cahaya yang rendah akan menyebabkan aktivitas fotosintesis menurun (Rumanti et al., 2014). Fitoplankton menunjukkan respon yang bervariasi terhadap intensitas cahaya. Kelas Dinophyceae dan Cyanophyceae akan mengatur volume vakuola untuk aktivitas migrasi vertikal harian (DVM) (Effendi, 2003). Kecepatan arus mempengaruhi gas-gas terlarut dan nutrisi di dalam perairan (Barus, 2004; Kordi dan Tancung, 2010). Selain itu, kecepatan arus di perairan akan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton (Wijaya et al., 2022). Nilai kecepatan arus di Teluk Melanau berada pada rentang 0,017-0,12 m/s, dan masuk dalam kategori kecepatan arus sangat lemah.

Tabel 3. Parameter Kualitas Perairan di Teluk Melanau Pulau Lemukutan

Parameter	Stasiun			Literatur
	I	II	III	
Kecerahan (cm)	100	233	150	> 45 cm (Asmawi, 1985)
Kecepatan arus (m/s)	0,017	0,12	0,02	Arus sedang (0,25-0,5 m/s) dan arus kuat (0,5-1 m/s) (Mason 1981)
Suhu (°C)	31,5	30,3	31,3	20 - 32 °C (Schaduw <i>et al.</i> , 2013; Effendi, 2016)
Salinitas (ppt)	31,75	31,45	31,25	28 - 34 ppt (Supriharyono, 2000)
DO (mg/L)	7,05	5,5	5,3	> 5 mg/L (Kepmen-LH No. 51 Tahun 2004)
pH	8,60	8,35	8,36	6,5 – 8,5 (Odum, 1993; Effendi, 2003)
Nitrat (mg/L)	3,45	3,15	2,96	0,9 - 3,5 mg/L (Ardiansyah, 2017)
Fosfat (mg/L)	4,08	3,56	3,10	0,27 - 5,51 mg/L (Effendi, 2003)

Pada penelitian ini, nilai pengukuran suhu berkisar antara 30,3-31,5 °C, dimana nilai tersebut masih masuk dalam rentang optimal yang mendukung kehidupan fitoplankton. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, suhu di perairan pulau Lemukutan berada pada rentang 29,1-30,3 °C (Nurcahyanto et al., 2021). Suhu merupakan faktor pembatas bagi keberadaan, pertumbuhan, dan distribusi fitoplankton (Odum, 1993; Effendi, 2003; Nontji, 2005; Adenan et al., 2013; Brahmana, 2014). Selain itu, peningkatan suhu dapat mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi yang ada di perairan (Kusumaningtyas et al., 2014). Suhu akan mempengaruhi laju metabolisme, respirasi, reproduksi, migrasi biota (Brahmana, 2014; Kusmana et al., 2015;

Rangkuti et al., 2017), serta biomassa, klorofil-a, dan komposisi biokimia dalam tubuh fitoplankton (Militão et al., 2019; Sas et al., 2021). Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak melaporkan pengaruh suhu terhadap kehidupan fitoplankton (Ras et al., 2013; Safarov et al., 2015; Muñoz dan Bernard, 2021). Nilai suhu optimal untuk spesies psikrofilik (*Asterionella*) yaitu  $\pm 17$  °C, untuk spesies mesofilik pada rentang 20-25 °C, dan spesies termofilik seperti *Chaetoceros* dapat mencapai >40 °C. Suhu yang optimal membuat sel dapat melakukan proses fotosintesis tanpa mempengaruhi fisiologi maupun komposisi kimia dalam tubuh (Ras et al., 2013). Nilai suhu yang lebih tinggi meningkatkan aktivitas enzimatik sel dan mendukung pertumbuhan.

Namun, ketika mencapai batas kritis, beberapa protein dalam tubuh fitoplankton mulai terdenaturasi, terutama yang terlibat dalam fotosistem dan rantai transpor elektron, yang berdampak pada metabolisme sel (Ras et al., 2013) dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Serra-Maia et al., 2016).

Nilai salinitas pada penelitian ini berkisar 31,25-31,75 ppt dan masuk dalam rentang optimal yang mendukung pertumbuhan fitoplankton. Salinitas berperan terhadap distribusi dan reproduksi organisme (Kusmana et al., 2015), serta laju pertumbuhan mikroalga (Adenan et al., 2013) yang berpengaruh langsung pada mekanisme osmoregulasi sel (Vonshak et al., 2014). Penelitian sebelumnya telah melaporkan pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan fitoplankton (Hotos dan Avramidou, 2021). Selain itu, salinitas juga berperan penting terhadap komposisi biokimia yang terdapat dalam tubuh fotoplankton (García et al., 2012; Suyono et al., 2015; Kumar dan Saramma, 2018). Beberapa spesies mikroalga memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan salinitas. Peningkatan salinitas dapat meningkatkan laju pertumbuhan fitoplankton (Adenan et al., 2013), tetapi nilai salinitas yang terlalu tinggi akan mempengaruhi laju pembelahan sel dan produktivitas. Sebaliknya, salinitas yang terlalu rendah mempengaruhi proses fotosintesis dan pertumbuhan fitoplankton. Nilai oksigen terlarut pada penelitian ini adalah 5,3-7,05 mg/L dan masih tergolong ke dalam rentang optimal untuk pertumbuhan organisme, termasuk fitoplankton. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, nilai DO yang dapat mendukung pertumbuhan biota yaitu >5 mg/L. Sedangkan, nilai DO <2 mg/L dapat menyebabkan kematian (Effendi, 2003). Konsentrasi DO di perairan dipengaruhi oleh proses difusi udara, fotosintesis, respirasi, oksidasi bahan organik, suhu, dan salinitas (Effendi, 2003; Brahmana, 2014; Ma'arif, 2018). Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan pengaruh DO terhadap pertumbuhan mikroalga (Kazbar et al., 2019; Muñoz and Bernard, 2021). pH merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam monitoring stabilitas perairan (Simanjuntak, 2009). Nilai pH di perairan Teluk Melanau menunjukkan kondisi basa, dengan rentang 8,35-8,60. Kondisi pH perairan berpengaruh terhadap metabolisme sel melalui aktivitas fotosintesis, fiksasi karbon, dan alokasi karbon ke dalam berbagai jenis molekul (Juneja et al., 2013). Perubahan pH di lingkungan

mempengaruhi aktivitas fungsional mikroorganisme, terutama aktivasi enzim dan protein (Li et al., 2020; Filali et al., 2021). Kemampuan sel untuk bertahan dari variasi pH perairan tergantung pada kemampuan penyesuaian kondisi fisiologi sel (Clement-Larosière, 2012).

Effendi (2003) mengemukakan bahwa rentang pH optimal yaitu 7-8.5 dan sebagian besar biota sangat sensitif terhadap perubahan nilai pH. Nilai pH yang tinggi menentukan dominansi fitoplankton yang dapat mempengaruhi produktivitas primer perairan (Megawati et al., 2014). Penelitian sebelumnya melaporkan pengaruh pH terhadap pertumbuhan fitoplankton (Filali et al., 2021; Yu et al., 2022). Mikroorganisme memiliki rentang pH optimal yang bervariasi untuk pertumbuhan tergantung pada reaksi fisiologis spesifik mikroalga terhadap variasi pH lingkungan (Gerloff-Elias et al., 2005). Sebagian besar mikroalga menyukai pH netral, tetapi beberapa spesies telah ditemukan tumbuh di bawah kondisi yang sangat asam (pH <5) atau basa (pH > 9) (Gatamaneni et al., 2018). Selain itu, spesies lain fitoplankton akan menunjukkan respon negatif pada kondisi perairan yang asam (pH <6). Nilai pH yang rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroalga melalui beberapa cara, yaitu dengan denaturasi aktivitas enzim, terutama enzim proteolitik, membatasi motilitas sel, atau dengan membatasi fotosintesis dengan menurunkan total akumulasi karbon dan pelepasan oksigen (Gerloff-Elias et al., 2005).

Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan, sebagai sumber nutrisi penting bagi organisme autotrofik, termasuk fitoplankton dan sebagai faktor pembatas pertumbuhan (Rangkuti et al., 2017; Kumar et al., 2017). Tingginya konsentrasi nitrat di perairan dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan organisme (Effendi, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat berkisar antara 2,96-3,45 mg/L. Kandungan nitrat tertinggi terdapat pada stasiun I yaitu dekat dengan pemukiman penduduk. Kegiatan rumah tangga menyumbangkan limbah ke perairan yang banyak mengandung nitrogen anorganik (N), amonia (NH<sub>3</sub>), dan nitrat (NO<sub>3</sub>) (Haninuna et al., 2015). Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suardiani et al. (2018) yang menyatakan bahwa konsentrasi nitrat di perairan akan meningkat apabila adanya masukan limbah organik dan anorganik. Menurut Keputusan Menteri

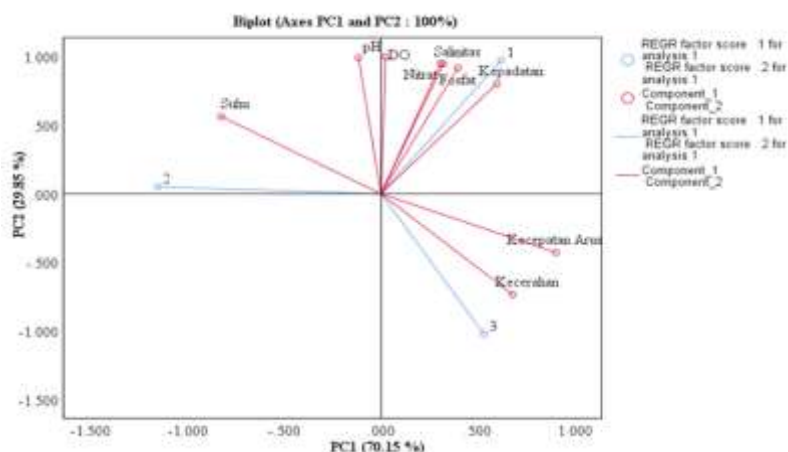
Lingkungan Hidup No. 51 (2004), baku mutu konsentrasi nitrat di perairan untuk biota laut adalah 0,008 mg/L. Konsentrasi >0.2 mg/L dapat menyebabkan eutrofikasi (pengayaan) perairan dan selanjutnya merangsang pertumbuhan fitoplankton dan blooming alga. Sedangkan, kadar nitrat >0.5 mg/L menggambarkan terjadinya pencemaran yang berasal dari aktivitas manusia dan kotoran hewan (Effendi, 2003). Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan pengaruh konsentrasi nitrat terhadap kehidupan fitoplankton, seperti proses metabolisme sel dan produksi biomassa (Millán-Oropeza et al., 2015; Pratama et al., 2017), serta laju pertumbuhan (Mishra et al., 2019). Nitrat merupakan komposisi signifikan nutrisi yang memicu perubahan penting dalam pertumbuhan dan komposisi biokimia spesies mikroalga (Safdar et al., 2017).

Konsentrasi fosfat di lokasi pengamatan berkisar antara 3,01-4,08 mg/L. Kandungan tertinggi diamati pada stasiun I yang dekat dengan pemukiman penduduk. Sumber fosfor lebih sedikit daripada sumber nitrogen di dalam air. Fosfor adalah elemen dasar penting dalam organisme yang juga umum ditemukan di badan air, terutama terjadi dalam bentuk terlarut (Azam et al., 2019). Kandungan ortofosfat di perairan dapat terjadi akibat adanya limbah rumah tangga dari pemukiman penduduk (Haninuna et al., 2015; Rangkuti et al., 2017), dimana 85% dari total fosfor dari limbah domestik tersebut yang masuk ke perairan mengandung kotoran manusia dan deterjen (Vassilev et al., 2016). Deterjen dapat meningkatkan konsentrasi ortofosfat karena ion ini merupakan salah satu komposisi

penyusunnya (Tungka et al., 2017). Selain itu, deterjen rumah tangga, pasta gigi, dan sampo sering mengandung senyawa fosfor untuk meningkatkan efisiensi pencuciannya. Senyawa yang mengandung fosfor paling populer dalam deterjen yaitu natrium tripolifosfat (Wind, 2007). Penelitian sebelumnya telah melaporkan pengaruh fosfat terhadap pertumbuhan fitoplankton (Yakoob et al., 2021). Fosfor adalah makronutrien esensial yang dibutuhkan untuk mendorong pertumbuhan alga dan mengatur aktivitas metabolisme dalam konsentrasi yang optimal (Xin et al., 2018). Konsentrasi fosfat yang berlebihan di perairan, dapat mempercepat pertumbuhan fitoplankton dan mikroorganisme lainnya. Selanjutnya, kondisi tersebut menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi di badan air dan mempercepat eutrofikasi (Azam et al., 2019). Nilai kisaran ortofosfat yang baik untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 0,09-1,8 mg/L (Putrianti et al., 2015). Secara umum konsentrasi fosfat yang dibutuhkan oleh diatom adalah <0,015 mg/L. Tingginya kadar fosfat dapat memicu peningkatan populasi mikroalga terutama diatom (Pello et al., 2014).

#### Hubungan Parameter Kualitas Perairan terhadap Kepadatan Fitoplankton

Analisis parameter lingkungan yang mempengaruhi kepadatan fitoplankton dilakukan dengan analisis komponen utama (Principle Component Analysis). Hubungan parameter lingkungan perairan yang mempengaruhi kepadatan fitoplankton disajikan dalam bentuk tabel nilai matriks korelasi dan bentuk biplot (Gambar 4).



Gambar 4. Analisis PCA untuk mengetahui hubungan parameter kualitas perairan terhadap kepadatan fitoplankton

Analisis PCA menghasilkan 2 komponen utama, yaitu PC1 (70,15%) dan PC2 (29,85%)

dari total variabel yang diobservasi. Kelimpahan fitoplankton berkorelasi sangat kuat dengan

DO, salinitas, nitrat, fosfat dan kelimpahan memiliki hubungan kuat dengan pH. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan parameter lingkungan tersebut akan diikuti dengan peningkatan kelimpahan fitoplankton. Sedangkan, kelimpahan fitoplankton berkorelasi sangat lemah dengan kecerahan, suhu, dan kecepatan arus. Korelasi negatif mengindikasikan bahwa adanya peningkatan nilai kecerahan dan suhu di perairan akan berakibat pada penurunan kelimpahan fitoplankton. Bertambahnya kedalaman akan mempengaruhi intensitas cahaya di kolom perairan yang pada akhirnya mengganggu proses fotosintesis (Siregar et al., 2014). Kenaikan suhu juga akan menurunkan kelimpahan fitoplankton. Suhu akan mempengaruhi laju metabolisme, respirasi, reproduksi, migrasi biota (Brahmana, 2014; Kusmana et al., 2015; Rangkuti et al., 2017), serta biomassa, klorofil-a, dan komposisi biokimia dalam tubuh fitoplankton (Militão et al., 2019; Sas et al., 2021).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini menemukan 77 genus dan kelas Bacillariophyceae memiliki persen kontribusi tertinggi (90,44%). Genus yang paling banyak ditemukan yaitu *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Synedra*, dan *Chaetoceros*. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 2-1521 ind/L. Indeks biologi menunjukkan bahwa perairan Teluk Melanau berada pada kondisi tidak tercemar. Parameter lingkungan masih dalam rentang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton berkorelasi sangat kuat dengan salinitas, DO, nitrat, dan fosfat, berkorelasi kuat dengan pH dan berkorelasi sangat lemah dengan kecerahan, suhu, dan kecepatan arus.

### Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai produktivitas primer dan kesuburan perairan yang berpotensi dalam bidang perikanan serta perlu dilakukannya monitoring dan evaluasi pembuangan limbah di perairan Teluk Melanau Pulau Lemukutan agar kualitas perairan tetap terjaga dan lestari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abizar & Rahmah, S.W. (2020). Alga Hijau (Chlorophyceae) yang Ditemukan di Sungai Sumatera Barat. *Bioconcetta: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 6(1), 21-26.
- Adenan, N.S., Yusoff, F. Md., & Shariff, M. (2013). Effect of salinity and temperature on the growth of diatoms and green algae. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(2), 397-404.
- Al-Harbi, S.M. & Affan, M.D.A. (2016). Seasonal Dynamics of Epiphytic Microalgae and Their Host Seaweeds Florideophyceae at Jeddah Coast, the Red Sea, Saudi Arabia, *Pak. Journal Bot.*, 48(3), 1289-1298.
- Al-Harbi, S.M. (2017). Epiphytic Microalgae Dynamics and Species Composition on Brown Seaweeds (Phaeophyceae) on the Northern Coast of Jeddah Saudi Arabia. *Journal Oceanography and Marine Research*, 5(1), 1-9.
- Apriansyah, Safitri, I., Risiko, Afdal, & Arsad, S. (2021). Microalgae Community as Aquatic Quality Bioindicator in Peniti Estuary West Kalimantan. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 17(1), 65-73.
- Arifin, S.M., Izmiarti, & Chairul. (2015). Komunitas Fitoplankton di Sekitar Sungai Utama di Zona Litoral Danau Singkarak Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Natural Science*, 4(3), 290-299.
- Aquino, J., Flores, B., & Naguit, M. (2010). Harmful Algal Bloom Occurrence in Murcielagos Bay Amidst Climate Change. *J. E-International Scientific Research*, 2(4), 358-365.
- Arsad, S., Sari, L.A., Herawati, E.Y., Musa, M., Hertika, A.M.S., Putra, R.B.D.S., Sumayyah, I., Prayugo, M.A., & Siswanto, D.P. (2021). Distribusi Mikroalga di Perairan Indonesia. Malang: UB Press. 188 hlm.
- Aryawati, R., Bengen, D.G., Prartono, T., & Zulkifli, H. (2017). Abundance of Phytoplankton in the Coastal Waters of South Sumatera. *Ilmu Kelautan*, 22(1), 31-39.
- Aziz, R., Nirmala K., Affandi, R. & Prihadi, T. (2015). Kelimpahan Fitoplankton Penyebab Bau Lumpur pada Bludidaya Ikan Bandeng Menggunakan Pupuk N:P Berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 14(1), 58-68.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). SNI 06.6989.31-2005. Air dan Air Limbah – Bagian 31: Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer secara Asam Askorbat.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 6989.79:2011. Air dan Air Limbah – Bagian 79: Cara Uji Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) dengan



- Spektrofotometer UV-visibel secara Reduksi Kadmium.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI-6964.8: 2015. Kualitas Air Laut – Bagian 8: Metode Pengambilan Contoh Uji Air Laut. ICS 13.060.45.
- Balqis, N., Rahimi, S.A.E., & Damora, A. (2021). Keanekaragaman dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Ekosistem Mangrove Desa Rantau Panjang, Kecamatan Rantau Selamat, Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 1(1), 35-43.
- Barokah, G.R., Putri A.K. & Gunawan. (2016). Kelimpahan Fitoplankton Penyebab HAB (Harmful Algal Bloom) di Perairan Teluk Lampung pada Musim Barat dan Timur. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 115-126.
- Barus, T.A. 2004. Pengantar Limnologi: Studi tentang Ekosistem Air Daratan. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Begon, M., John, L.H., & Colin, D.G. (1986). *Ecology*. London: Blackwell Scientific Publication.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as BioIndicators*. Wiley- Blackwell, Chichester, UK, 271 pp.
- Borowitzka, M.A., Lavery, P., & Keulen, M. (2006). Epiphytes of Seagrasses, in *Seagrasses: Biology, Ecology, and Conservation*. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (def.). Springer. Amsterdam. The Netherland.
- Brahmana, P. (2014). *Ekologi Laut*. Universitas Terbuka. Tangerang. 412 hlm.
- Clement-Larosière, B. (2012). Etude de la croissance de *Chlorella vulgaris* en photobioréacteur batch et continu, en présence de concentrations élevées de CO<sub>2</sub>. Autre. Ecole Centrale Paris. Français.
- Conradie, K.R., Du Plessis, S. & Venter, A. (2008). School of Environmental Sciences and Development: Botany. South Africa. *South African Journal of Botany*, 74(2008), 101-110.
- Dortch, Q., Milsted, D., Rabalals, N.N., Lohrenz, S.E., Redalje, D.G., Dagg, M.J., Turner, R.E., Whittedge, T.E. (1992). Role of silicate availability in phytoplankton species composition and the fate of carbon. Texas Sea Grant Tech Rep., 92-109, Galveston, p. 76-83
- Edler, L. & Elbrachter, M. (2010). The Utermohl Method for Quantitative Phytoplankton Analysis. In: Karlson, B., C. Cusack and E. Bresnan (Eds.) *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Analysis*. Intergovernmental Oceanographic Commission, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Spain. pp. 13-15.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 259 hlm.
- Effendi, H. (2016). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta. Kanisius.
- El-Din, N.S., Shaltout, N.A.N., Nassar, M.Z., & Soliman, A. (2015). Ecological Studies of Epiphytic Microalgae and Epiphytic Zooplankton on Seaweeds of the Eastern Harbor, Alexandria, Egypt. *American Journal of Environmental Sciences*, 11(6), 450-473.
- Fatriyanti, D., Warsidah, Sofiana, M.S.J., & Helena, S. (2022). Analisis Kandungan Proksimat dan Mineral Zink dari Makroalga *Eucheuma cottonii* di Perairan Lemukutan. *Oceanologia*, 1(1), 28-32.
- Ferial, E.W. & Salam, M.A. (2016). *Fikologi*. Jakarta: Erlangga.
- Filali, R., Tian, H., Micheils, E., & Taidi, B. (2021). Evaluation of the Growth Performance of Microalgae Based on Fine pH Changes. *Austin J. Biotechnol Bioeng*, 8(1), 1109.
- Gacia, E., Costalago, D., Prado, P., Piorno, D., & Tomas, F. (2009). Mesograzers in *Posidonia oceanica* meadows: an update of data on gastropod–epiphyte–seagrass interaction. *Bot. Mar.*, 52, 439–447
- Ganai, A.H. & Parveen, S. (2014). Effect of Physico-chemical Conditions on the Structure and Composition of the Phytoplankton Community in Wular Lake at Lankrishipora, Kashmir. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 6(1), 71-84.
- García, N., López-Elías, J.A., Miranda, A., Martínez-Porchas, M., Huerta, N., & García, A. (2012). Effect of salinity on growth and chemical composition of the diatom *Thalassiosira weissflogii* at three culture phases. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(2), 435-440.
- Gatamaneni, B.L., Orsat, V., & Lefsrud, M. (2018). Factors affecting growth of various microalgal species. *Environ. Eng. Sci.*, 35, 1037–1048.
- Gerloff-Elias, A., Spijkerman, E., & Pröschild, T. (2005). Effect of external pH on the growth, photosynthesis and photosynthetic



- electron transport of *Chlamydomonas acidophila* Negoro, isolated from an extremely acidic lake (pH 2.6). *Plant, Cell and Environment*, 28, 1218-1229.
- Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., & Reddi, L. (2016). A comprehensive Review on water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques. *Sensors*, 16(8), 1298.
- Gurning, L.F.P., Nuraini, R.A.T., & Suryono. (2020). Kelimpahan Fitoplankton Penyebab Harmful Algal Bloom di Perairan Desa Bedono Demak. *J. Marine Research.*, 9(3), 251-260.
- Gusmalawatia, D. & Sanova, A.S.S. (2018). Tutupan Lamun *Thalassia hemprichii* di Perairan Dusun Karang Utara, Pulau Lemukutan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 2(3), 186-191.
- Hamsher, S., Kopalová, K., Kociolová, J.P., Zidarova, R., & Vijver, B.V.D. (2016). The genus *Nitzschia* on the South Shetland Islands and James Ross Island. *Fottea, Olomouc*, 16(1), 79–102.
- Hamuna, B., Tanjung, H.R.R., Suwito, Maury, H.K., & Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35-43.
- Haninuna, E.D.N., Gimin, R., & Kaho, L.M.R. (2015). Pemanfaatan Fitoplankton sebagai Bioindikator Berbagai Jenis Polutan di Perairan Intertidal Kota Kupang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(2), 72-85.
- Heramza, K., Barour, C., Djabourabi, A., Khati, W., & Bouallag, C. (2021). Environmental parameters and diversity of diatoms in the Ain Dalia dam, Northeast of Algeria. *BIODIVERSITAS*, 22(9), 3633-3644.
- Herlina, N. Idiawati, & I. Safitri. (2018). Diversitas Mikroalga Epifit Berasosiasi pada Daun Lamun *Thalassia hemprichii* di Pulau Lemukutan Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 1(2), 37-44
- Hernández-Becerril, D.U., Lau, W.L.S., Hii, K.S., Leaw, C.P., Varona-Cordero, F., & Lim, P.T. (2018). Abundance and Distribution of the Potentially Toxic Thecate Dinoflagellate *Alexandrium tamiyavanichii* (Dinophyceae) in the Central Mexican Pacific, Using the Quantitative PCR Method. *Front. Mar. Sci.*, 5, 366.
- Hidayat, M., Warsidah, & Safitri I. (2021). Struktur Komunitas Mikroalga Epifit pada Padina dan *Caulerpa* di Perairan Pulau Kabung Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), 29-39.
- Hotos, G.N. & Avramidou, D. (2021). The Effect of Various Salinities and Light Intensities on the Growth Performance of Five Locally Isolated Microalgae *Amphidinium carterae*, *Nephroselmis* sp., *Tetraselmis* sp. (var. red pappas), *Asteromonas gracilis* and *Dunaliella* sp. in Laboratory Batch Cultures. *J. Mar. Sci. Eng.*, 9, 1275.
- Isti'annah, D., Huda, M.F., & Laily, A.N. (2015). *Synedra* sp. sebagai Mikroalga yang Ditemukan di Sungai Besuki Porong Sidoarjo, Jawa Timur. *BIOEDUKASI*, 8(1), 57-59.
- Israwati, I.J. Effendy, & A.B. Patadjai. (2018). Komposisi Jenis dan Kepadatan Bentik Diatom pada Kolektor dan Kaki atau Otot Abalon (*Halois asinina*) yang Dipelihara di Kawasan Sistem IMTA (Integrated Multi Trophic Aquaculture) Out Door. *Jurnal Media Akuatika*, 3(1), 544-555.
- Juneja, A., Ceballos, R.M., & Murthy, G.S. (2013). Effects of Environmental Factors and Nutrient Availability on the Biochemical Composition of Algae for Biofuels Production: A Review. *Energies*, 6, 4607-4638
- Kazbar, A. Cogne, G., Urbain, B., Mareca, H., Le-Gouica, B., Talleca, J., Takache, H., Ismail, A., & Pruvost, J. (2019). Effect of dissolved oxygen concentration on microalgal culture in photobioreactors. *Algal Research*, 101.
- Kazi, T.G., Arain, M.B., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., Sarfraz, R.A., Baig, J.A., & Shah, A.Q. (2009). Assessment of Water Quality of Polluted Lake Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study. *Ecotox. Environ. Safe.*, 72(20), 301-309.
- KelloGG, t.b. & K elloGG, d.e. (2002). Non-marine and littoral diatoms from Antarctic and Subantarctic regions. Distribution and updated taxonomy. *Diatom Monogr.* 1, 1–795.
- Kep MENLH. 2004. Keputusan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup No.Kep 51/MENLH/I/2004. Tentang Baku Mutu Air Laut. 11 hlm.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 90/KEPMEN-KP/2020 tentang Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Pulau Randayan dan Perairan sekitarnya di Provinsi Kalimantan Barat.
- Kersen, P., K. Jonne, B. Martynas, K. Natalja, & D. Zane. (2011). Epiphytes and Associated

- Fauna on the Brown alga *Fucus vesiculosus* in the Baltic and the North Seas in Relation to Different Abiotic and Biotic Variables. *Marine. Ecology*, 32(1), 87-95.
- Kordi, M.G.H. & Tancung, A.B. (2010). *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Krebs, C.J. (1985). *Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 3rd Ed. New York: Haper and Row Publisher.
- Kumar, D.A., Gopal, T., Harinath, K., & Sibi, G. (2017). Responses in Growth and Lipid Productivity of *Chlorella Vulgaris* to Different Nitrogen Sources. *SOJ. Microbiol. Infect. Dis.*, 5(2), 1-6.
- Kumar, S.S. & Saramma, A.V. (2018). Effect of Salinity and pH Ranges on the Growth and Biochemical Composition of Marine Microalga- *Nannochloropsis salina*. *JAEBS*, 11(4), 651-660.
- Kusmana, C., Setyobudiandi, I., Hariyadi, S., & Sembiring, A. (2015). *Sampling dan Analisis Bioekologi Sumber Daya Hayati Pesisir dan Laut*. Bogor: IPB Press. 352 hlm.
- Kusumaningtyas, M.A., Bramawanto, R. Daulat, A. & Pranowo, W.S. (2014). *Kualitas Perairan Natuna pada Musim Transisi*. *Depik*, 3(1), 10-20
- Lestari, R.D.A., Apriansyah, & Safitri, I. (2020). Struktur Komunitas Mikroalga Epifit Berasosiasi Pada *Padina* sp. Di Perairan Desa Sepempang Kabupaten Natuna. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 40-47
- Li, K.Q., Li, M., He, Y.F., Gu, X.Y., Pang, K., Ma, Y.P., & Lu, D.L. (2020). Effects of pH and nitrogen form on *Nitzschia closterium* growth by linking dynamic with enzyme activity. *Chemosphere*, 249, 126154.
- Lizotte, M.P. (2001). The contributions of Sea Ice Algae to Antarctic marine primary production. *Amer Zool*, 41, 57-73.
- Ma'arif, M.C. (2018). *Perbandingan Keanekaragaman dan Kelimpahan Plankton pada Ekosistem Terumbu Karang Alami dengan Terumbu Buatan di Perairan Pasir Putih Situbondo*, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya. [Skripsi].
- Magdalena, W., Kushadiwijayanto, A.A., & Putra, Y.P. (2019). Struktur Komunitas Siput Laut (Kelas: Gastropoda) di Pesisir Dusun Karang Utara, Pulau Lemukutan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(2), 72-78,
- Majewska, R., Gambi, M.C., Totti, C.M., Pennesi, C., & De Stefano, M. (2012). Growth form analysis of epiphytic diatom communities of Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Polar Biol*.
- Mason, C.F. (1981). *Biology Freshwater Pollution*. 2nd ed. Longman Scientific and Technical, New York.
- McQuatters-Gollop, A. (2012). Challenges for implementing the Marine Strategy Framework Directive in a climate of macroecological change. *Philos Trans R Soc Math Phys Eng Sci*, 370, 5636-5655
- Megawati, C., Yusuf, M., & Maslukah, L. (2014). Sebaran Kualitas Perairan Ditinjau dari Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Selatan Bali Bagian Selatan. *Jurnal Oseanografi*, 3(2), 142-150.
- Militão, F.P., Fernandes, V.O., Bastos, K.V., Martins, A.P., Colepicolo, P., & Machado, L.P. (2019). Nutritional value changes in response to temperature, microalgae mono and mixed cultures. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31(17), 1-12
- Millán-Oropeza, A., Torres-Bustillos, L.G., & Fernández-Linares, L. (2015). Simultaneous effect of nitrate (NO<sub>3</sub>-) concentration, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) supply and nitrogen limitation on biomass, lipids, carbohydrates and proteins accumulation in *Nannochloropsis oculata*. *Biofuel Research Journal*, 5, 215-221
- Mishra, N., Prasad, S.M., & Mishra, N. (2019). Influence of High Light Intensity and Nitrate Deprivation on Growth and Biochemical Composition of the Marine Microalgae *Isochrysis galbana*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62, 19180398.
- Mulyani, R. Widiarti, & Wardhana, W. (2012). Sebaran Spesies Penyebab Harmful Algal Bloom (HAB) di Lokasi Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) Kamal Muara Jakarta Utara pada Bulan Mei 2011. *J. Akuatika*, 3(1), 28-39.
- Muñoz, I.L. & Bernard, O. (2021). Modeling the Influence of Temperature, Light Intensity and Oxygen Concentration on Microalgal Growth Rate. *Processes*, 9: 496.
- Nasution, A., Widyorini, N., & Purwanti, F. (2019). Analisis Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak. *J. Maquares.*, 8(2), 78-86.
- Nirmalasari, R. (2018). Analisis Kualitas Air Sungai Sebangau Pelabuhan Kereng Bengkiray Berdasarkan Keanekaragaman

- dan Komposisi Fitoplankton. *J. Ilmu Alam dan Lingkungan*, 9(17), 48-58.
- Novasaraseta, N., Abidin, Z., & Junaedi, E. (2018). Keanekaragaman Phytoplankton di Situ Balong Kambang Desa Pasawahan Kecamatan Pasawahan Kabupaten Kuningan. *J. Pendidikan dan Biologi*, 10(1).
- Nugroho, A. (2006). *Bioindikator Kualitas Air*. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Nurchayanto, T., Muliadi, & Nurrahman, Y.A. (2021). Struktur Komunikasi Terumbu Karang di Perairan Teluk Melanau Timur, Pulau Lemukutan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(2), 22-28.
- Odum, E.P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi*. Gajah Mada Univ Press. Yogyakarta.
- Omura, T., Iwataki, M., Borja, V.M., Takayama, H., & Fukuyo, Y. (2012). *Marine Phytoplankton of the Western Pacific*. Kouseisha Kouseikaku Co. Ltd. Japan. 160 hlm.
- Patty, S.I., Rizki, M.P., Rifai, H., & Akbar, N. (2019). Kajian Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Perairan Laut di Teluk Manado Ditinjau dari Parameter Fisika-Kimia Air Laut. *J. Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(2), 1-13.
- Pello, F.S., Adiwilaga, E.M., Huliselan, N.V., & Damar, A. (2014). Pengaruh Musim Terhadap Beban Masukan Nutrien di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Bumi Lestari*, 14(1), 63-73.
- Pranata, N.B., Muliadi, & Sanova, A.S.S. (2018). Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Teluk Cina, Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 1(2), 9-16.
- Pratama, P.S., Wiyanto, D.B., Faiqoh, E. (2017). Struktur komunitas perifiton pada lamun jenis *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata* di Kawasan Pantai Sanur. *J. Mar. Aquat. Sci.*, 3(1), 123-133.
- Purnawan, S., Dewiyanti, I., & Marman, T.M. (2016). Bioekologi Fitoplankton di Laguna Gampong Pulot (LGP) Kabupaten Aceh Besar. *Omni Akuatika*, 12(2), 104-112.
- Putrianti, D.P., Setyawati, T.R., Yanti, A.H. (2015). Keragaman limno fitoplankton di danau Lait Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Protobiont*, 4(2), 18-29.
- Rangkuti, A.M., Muhammad, R.C., Ani, R., Yulma, & Hasan, E.A. (2017). *Ekosistem Pesisir dan Laut Indonesia*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Rangpan, V. (2008). *Effects of Water Quality on Periphyton in The Pattani River, Yala Municipality, Thailand*. Thesis Submitted in Fulfillment of The Requirements for The Degree of Doctor of Philosophy, Universitas Sains Malaysia. Malaysia.
- Ras, M., Steyer, J-P., & Bernard, O. (2013). Temperature effect on microalgae: a crucial factor for outdoor production. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 12(2), 153-164.
- Rudianto, A., Dewi, Y.S.K., & Burhanuddin. (2020). Ecotourism Development of Snorkeling and Diving Activity Toward Coral Reef Habitats in the Lemukutan Island of Bengkayang Regency. *AQUASAINS: Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 8(2), 795-808.
- Ruhland, K., Paterson, A.M, & Smol, J.P. (2008). Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. *Glob. Chang. Biol.*, 14(11), 2740-2754.
- Safarov, I.V., Abdullaev, A.K., Khujamshukurov, N.A., & Shakirov, Z.S. (2015). Influence of Temperature and CO<sub>2</sub> on the Growth and Accumulation Oil of Microalgae. *British Journal of Applied Science & Technology*, 10(3), 1-9.
- Safdar, W., Shamoan, M., Zan, X., Haider, J., Sharif, H.R., Shoaib, M., & Song, Y. (2017). Growth kinetics, fatty acid composition and metabolic activity changes of *Cryptocodium cohnii* under different nitrogen source and concentration. *AMB Express.*, 7(1), 85.
- Saragih, G.M. & Erizka, W. (2018). Keanekaragaman Fitoplankton sebagai Indikator Kualitas Air Danau Sipin di Kota Jambi. *J. Daur Lingkungan*, 1(1), 22-28.
- Sas, A.A., Turki, A.J., Affan, A., Al-Taisan, W.A., Das, S.K., Su, S.N., & Cob, Z.C. (2021). The influence of temperature and nutrient concentrations on growth rate, biomass, Chlorophyll-a, and biochemical compositions of *Tetraselmis suecica* (Chlorophyta). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 880, 012014
- Schaduw, J.N.W. & Ngangi, E. (2015). Karakterisasi Lingkungan Perairan Teluk Talengen Kabupaten Kepulauan Sangihe sebagai Kawasan Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii*. *J. Budidaya Perairan*, 3(2), 29-44.
- Serra-Maia, R., Bernard, O., Goncalves, A., Bensalem, S., & Lopes, F. (2016). Influence of temperature on *Chlorella*

- vulgaris growth and toxicity rates in a photobioreactor. *Algal Res.*, 18, 352–359
- Shabrina, F.N., Saptarini, D., & Setiawan, E. (2020). Struktur Komunitas Plankton di Pesisir Utara Kabupaten Tuban. *J. Sains dan Seni Its.*, 9(2).
- Simanjuntak, M. (2009). Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Journal of Fisheries Sciences*, 11(1), 31-45.
- Siregar, L.L., Hutabarat, S., & Muskananfolo, M.R. (2014). Distribusi Fitoplankton Berdasarkan Waktu dan Kedalaman yang Berbeda di Perairan Pulau Menjangan Kecil Karimunjawa. *J. of Maquares.*, 3(4), 9-14.
- Sofiana, M.S.J., Nurrahman, Y.A., Warsidah, Minsas, S., Yuliono, A., Safitri, I., Helena, S., & Risiko. (2022). Community Structure of Macroalgae in Lemukutan Island Waters, West Kalimantan. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 8(1), 1-8
- Suardiani, N.K., Arthana, I.W., & Kartika, G.R.A. (2018). Produktivitas Primer Fitoplankton pada Daerah Penangkapan Ikan di Taman Wisata Alam Danau Buyan, Buleleng, Bali. *J. Curr.Trends Aq. Sc.*, 1(1), 8-15.
- Suryono, T & Sudarso, J. (2019). Hubungan Komposisi dan Kelimpahan Perifiton dengan Kualitas Air di Sungai dan Danau Oxbow di Palangka Raya pada Kondisi Air Dangkal. *LIMNOTEK*, 26(1), 23-38.
- Suyono, E.A., Haryadi, W., Zusron, M., Nuhamunada, M., Rahayu, S., & Nugroho, A.P. (2015). The Effect of Salinity on Growth, Dry Weight and Lipid Content of the Mixed Microalgae Culture Isolated from Glagah as Biodiesel Substrate. *Journal of Life Sciences*, 9, 229-233.
- Tarigas, M.T., Apriansyah, & Safitri, I. (2020). Struktur Komunitas Mikroalga Epifit Berasosiasi Pada *Sargassum* sp. Di Perairan Desa Sepempang Kabupaten Natuna. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 61-68.
- Tungka, A.W., Haeruddin, & Ain, C. (2016). Konsentrasi Nitrat dan Ortofosfat di Muara Sungai Banjir Kanal Barat dan Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton Harmful Alga Blooms (HABs). *J. Fisheries Science and Technology*, 12(1), 40-46.
- Turner, R.E. & Rabalais, N.N. (1991). Changes in Mississippi River water quality this century. *BioSci.*, 41, 140
- Vassilev, S.V., Vassileva, C.G. (2016). Composition, properties and challenges of algae biomass for biofuel application: An overview. *Fuel*, 181, 1–33.
- Vonshak, A., & Torzillo, G. (2004). Environmental Stress Physiology. In *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*; Richmond, A., Ed.; Blackwell Science Ltd.: Hoboken, NJ, USA. pp. 73–7.
- Warhate, S.R., Yenkie, M.K.N., Chaudhari, M.D., & Pokale, W.K. (2006). Impacts of Mining Activities on Water and Soil. *J. Environ. Sci. Eng.*, 48(2), 81-88.
- Wetzel, C.E., Beauger, A., & Ector, L. (2019). *Cocconeis rouxii* Héribaud & Brun a forgotten, but common benthic diatom species from the Massif Central, France. *BOTANY LETTERS*, 1-13.
- Widigdo, B. & Wardiatno, Y. (2013). Dinamika Komunitas Fitoplankton dan Kualitas Perairan di Lingkungan Perairan Tambak Udang Intensif: Sebuah Analisis Korelasi. *Jurnal Biologi Tropis*, 13(2).
- Wijaya, N.I., Sari, A.K.A., & Mahmiah (2022). Pengaruh Konsentrasi Fosfat dan Nitrat terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya. *J. Pertanian Terpadu*, 10(1), 64-77.
- Wind, T. (2007). The Role of Detergents in the Phosphate-Balance of European Surface Waters; *European Water Management*. Online: Hennes, Germany, 2007; pp. 1–19
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H., & Metzeltin, D. (2000). *Diatom Flora of Marine Coasts I*. Koeltz Scientific Books. Germany.
- Xin, L., Hong-ying, H., Ke, G., & Ying-xue, S. (2010). Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. *Bioresour. Technol.*, 101, 5494–5500.
- Yaakob, M.A., Mohamed, R.M.S.R., Al-Gheethi, A., Ravishankar, G.A., & Ambati, R.R. (2021). Influence of Nitrogen and Phosphorus on Microalgal Growth, Biomass, Lipid, and Fatty Acid Production: An Overview. *Cells*: 10, 393.
- Yamaji. (1984). *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Hoikusho, Osaka, Japan. 369p.
- Yu, H., Kim, J., Rhee, C., Shin, J., Shin, S.G., & Lee, C. (2022). Effects of Different pH Control Strategies on Microalgae Cultivation and Nutrient Removal from Anaerobic Digestion Effluent. *Microorganisms*, 10, 357.

Yuliana. (2014). Keterkaitan antara Kelimpahan Zooplankton dengan Fitoplankton dan Parameter Fisika - Kimia di Perairan Jailolo, Halmahera Barat. *J. Maspari*, 6(1), 25-31.

Yuliana. (2015). Distribusi dan Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Jailolo, Halmahera Barat. *J. Akuatika*, 6(1), 41-48.