

Kepadatan Plankton di Perairan Pantai Meras, Manado, Sulawesi Utara

Puspita Sari*, Lupiyanti, Nur' Aisyah, Reskiya Nengsih, Deselina Sondegau, Adelfia Papu

Program Studi Biologi, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: puspitasari102@student.unsrat.ac.id

Abstrak. Plankton merupakan komponen penting dalam ekosistem perairan karena berperan sebagai produsen primer (fitoplankton) dan sebagai bagian awal rantai makanan (zooplankton). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kepadatan fitoplankton dan zooplankton di Perairan Pantai Meras, Kota Manado, Sulawesi Utara. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada tiga titik yang dipilih berdasarkan kondisi perairan yang dianggap mewakili karakteristik umum lokasi tersebut. Sampel zooplankton dikumpulkan menggunakan plankton net yang ditarik secara horizontal sejauh ± 10 meter, kemudian difiksasi dengan larutan Lugol dan diidentifikasi secara mikroskopis mengacu pada literatur standar. Fitoplankton diidentifikasi menggunakan metode sensus pada mikroskop cahaya. Karakter morfologi mengacu pada panduan Identifying Marine Phytoplankton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total kepadatan fitoplankton mencapai 786,65 ind/mL, dengan dominasi *Schroederia setigera* (413,33 ind/mL), diikuti *Thalassionema nitzschioides* (153,33 ind/mL) dan beberapa spesies lainnya. Kepadatan zooplankton tercatat sebesar 400 ind/mL, didominasi oleh *Cyclops sp.* dan nauplii Copepoda masing-masing 113,33 ind/mL. Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener menunjukkan keanekaragaman sedang, yaitu $H' = 1,367$ untuk fitoplankton dan $H' = 1,578$ untuk zooplankton. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa perairan Pantai Meras berada dalam kondisi ekologis yang relatif stabil dengan produktivitas primer yang mendukung keseimbangan rantai makanan akuatik.

Kata Kunci: Plankton; Kepadatan; Keragaman; Perairan Pesisir

PENDAHULUAN

Plankton sangat penting dalam ekosistem perairan karena ia merupakan dasar dari jaring makanan dan merupakan pemain kunci dalam keseluruhan rantai makanan. Peluang plankton untuk berkembang dan berkembang sangat bergantung pada seberapa bersih air tersebut, terutama jika menyangkut ketersediaan nutrisi yang cukup seperti nitrat dan fosfat. Aktivitas antropogenik seperti limbah rumah tangga dan limpasan pertanian dapat meningkatkan kadar nutrisi sehingga mengubah kelimpahan dan komposisi plankton (Dewanti *et al.*, 2018). Studi terbaru di seluruh dunia menunjukkan bahwa nitrogen dan fosfor merupakan nutrisi utama yang membatasi pertumbuhan fitoplankton, dan peningkatan unsur-unsur ini dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam susunan komunitas plankton (Browning *et al.*, 2023; Domingues *et al.*, 2023).

Dalam komunitas plankton, plankton dibagi menjadi dua, fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton adalah produsen primer yang menyuplai energi untuk organisme tingkat trofik yang lebih tinggi. Zooplankton juga sangat bergantung pada fitoplankton sebagai sumber makanan (Lubis *et al.*, 2023). Selama terjadi lingkungan yang stabil, hubungan antara fitoplankton dan zooplankton sering menunjukkan hubungan positif, yaitu meningkatnya populasi dari keduanya (Mulyawati *et al.*, 2019; Ritchie, 2021).

Studi global juga menegaskan bahwa komposisi nutrisi, termasuk rasio Si:N, dapat mengubah respons komunitas plankton (Goldenberg *et al.*, 2022). Kualitas perairan sangat menentukan pertumbuhan dan penyebaran plankton. Parameter fisika-kimia seperti suhu, kecerahan, salinitas, pH, oksigen terlarut, arus, dan ketersediaan nutrisi menentukan kemampuan fotosintesis fitoplankton. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa variasi musim, perubahan nutrisi, serta kondisi fisik perairan dapat memengaruhi konsentrasi klorofil-a dan struktur komunitas plankton (He *et al.*, 2023; Devlin *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan Munru *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa fluktuasi faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi distribusi dan kelimpahan fitoplankton di perairan tropis.

Zooplankton memiliki nilai ekologis penting sebagai bioindikator tingkat kesuburan perairan. Perubahan struktur komunitas zooplankton mencerminkan kondisi ekosistem dan

ketersediaan nutrisi di suatu wilayah (Rinaldi *et al.*, 2024). Oleh karena itu, studi plankton dapat memberikan gambaran awal mengenai kondisi ekologis dan tingkat kesuburan perairan pesisir.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi plankton di perairan Pantai Meras. Analisis dilakukan untuk menentukan kepadatan fitoplankton dan zooplankton pada setiap stasiun pengamatan, mengidentifikasi komposisi jenis plankton yang ditemukan, serta menilai struktur komunitasnya melalui indeks keanekaragaman, dominansi, dan kepadatan relatif. Pentingnya kajian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa plankton merupakan indikator sensitif bagi kondisi ekologis perairan pesisir, seperti yang ditemukan di perairan Bunaken (Tampi *et al.*, 2021), Teluk Manado (Langi *et al.*, 2018), dan pesisir Bitung (Rumengan *et al.*, 2017). Selain itu, beberapa studi juga menegaskan adanya hubungan yang kuat antara parameter lingkungan dengan kelimpahan dan distribusi plankton (Sari *et al.*, 2019; Yuliana & Arifin, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dasar mengenai kualitas ekologis perairan Pantai Meras sebagai bagian dari kawasan pesisir Kota Manado.

METODE

Waktu dan Tempat

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada bulan September 2025, bertempat di perairan pantai Meras, Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Identifikasi sampel dilakukan hingga bulan November 2025 di Laboratorium Biologi Lanjut, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi.

Prosedur Kerja

Metode Penentuan Sistem

Pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, yaitu metode penentuan lokasi berdasarkan pertimbangan kondisi perairan yang dianggap dapat mewakili karakteristik umum Pantai Meras. Metode ini umum digunakan dalam penelitian ekologi perairan ketika peneliti membutuhkan titik yang benar-benar sesuai dengan tujuan pengamatan dan kondisi lingkungan tertentu (Surbakti, 2009; Sofiyani *et al.*, 2021). Pengambilan sampel dilakukan pada beberapa titik di sepanjang Pantai Meras, di mana ketiga titik tersebut berada dalam satu hamparan perairan yang relatif berdekatan sehingga tetap mencerminkan variasi mikrohabitat di lokasi tersebut. Pendekatan purposive seperti ini juga banyak digunakan dalam penelitian sumber daya akuatik untuk memastikan representativitas lokasi tanpa menggunakan pemilihan acak penuh (Maquarres, 2013).

Pengambilan Sampel Plankton

Sampel zooplankton dikumpulkan menggunakan plankton net yang ditarik secara horizontal sejauh ± 10 meter pada setiap titik. Air hasil penyaringan kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel, ditambahkan larutan lugol untuk proses fiksasi, serta diberi label sesuai titik dan waktu pengambilan. Setiap sampel diamati menggunakan mikroskop cahaya. Identifikasi organisme zooplankton mengacu pada literatur standar identifikasi (Boltovskoy, 1999; Boxshall, 2004; Dianthani, 2003; Young, 2002). Seluruh proses identifikasi dan analisis dilakukan di Laboratorium Biologi Lanjut dengan menggunakan buku panduan identifikasi zooplankton yang relevan, yaitu SAHFOS Zooplankton Identification Guide dan Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates (Tomas, 1996).

Identifikasi Plankton

Menurut Balqis *et al.* (2021) identifikasi fitoplankton dilakukan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 10x menggunakan metode sensus. Identifikasi jenis fitoplankton ini dilakukan dengan mengamati dari ciri-ciri dan bentuk kemudian diklasifikasikan dari kelas sampai ke genus dan spesies yang selanjutnya diidentifikasi menggunakan buku identifikasi fitoplankton *Identifying Marine Phytoplankton*.

Kepadatan Plankton

Fitoplankton dan zooplankton dihitung berdasarkan metode sapuan diatas gelas objek dengan satuan individu per liter (ind/L) (Wickstread, 1965).

$$N = \frac{q}{fXV}$$

Keterangan:

N : kepadatan plankton per liter

q : kelimpahan plankton

f : fraksi yang diambil (volume sub sampel per volume sampel)

v : volume air yang tersaring

Kepadatan Relatif

Kepadatan relatif (%) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Gustiarisane, 2011; Liwutang *et al.*, 2013):

$$(\%) = \frac{\text{Kepadatan spesies ke-}i}{\text{Kepadatan total}} \times 100$$

Indeks Keanekaragaman

Menurut Shannon–Wiener yang dikutip oleh Odum (1996), indeks keanekaragaman (H') dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Gustiarisane, 2011; Liwutang *et al.*, 2013):

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

H' = keanekaragaman spesies n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu seluruh spesies Indeks keanekaragaman jenis (H') maksimum:

$H'_{\max} = \ln S$

S = jumlah spesies fitoplankton.

Indeks Keseberagaman

Keseragaman dapat dikatakan sebagai keseimbangan, yaitu komposisi individu tiap spesies yang terdapat dalam suatu komunitas (Balqis *et al.*, 2021). Rumus indeks keseragaman yaitu:

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

Keterangan:

E : Indeks keseragaman

H' : Indeks keanekaragaman

$H_{\max}$: $\log_2 S$; $= (3,3219 \log S)$

S : Jumlah spesies

Indeks keseragaman berkisar 0-1, dengan ketentuan:

$E > 0,6$: Keseragaman jenis tinggi

$0,6 \geq E \geq 0,4$: Keseragaman jenis sedang

$E < 0,4$: Keseragaman jenis rendah

Indeks Dominasi

Indeks dominansi berkisar antara 0 sampai 1, dimana semakin kecil nilai indeks dominansi maka menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi maka menunjukkan ada spesies tertentu (Balqis *et al.*, 2021), yang dihitung menggunakan rumus:

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Keterangan:

C : indeks dominan spesies

n_i : jumlah individu spesies ke-i

N : total individu seluruh spesies

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis Fitoplankton dan Zooplankton

Hasil penelitian di perairan pantai Meras, Kecamatan Bunaken menunjukkan dominasi fitoplankton atas zooplankton, yang mencerminkan produktivitas primer perairan. Hasil penelitian menunjukkan keanekaragaman plankton di kawasan ekosistem mangrove. Fitoplankton yang ditemukan berasal dari beberapa kingdom, yaitu Kingdom Protista yang terdiri dari satu kelas, *Bacillariophyceae*, meliputi *Schroederia segitera*, *Bacillaria paradoxa*, dan *Thalassionema nitzschioides*. Kingdom Chromista terdiri dari satu kelas, *Fragilariophyceae*, meliputi *Cyclotella*, dan Kingdom Monera yang terdiri dari satu kelas, *Cyanophyceae*, yaitu *Selenastrum gracile*. Fitoplankton yang ditemukan terdiri dari enam spesies dengan total 105 individu, dan spesies yang paling banyak ditemukan adalah *Schroederia segitera* dengan 62 individu.

Selain fitoplankton, juga ditemukan 13 individu dari filum Nematoda, yaitu *Diplopeltula bulbosa*. Sementara itu, zooplankton yang ditemukan di kawasan ini terdiri dari tujuh spesies dengan total 57 individu. Spesies zooplankton tersebut antara lain *Cyclops sp.* (Copepoda, Cyclopoid) 17 individu, larva *Cyphonautes* (larva siponophora) 4 individu, *Calanus sinicus* (Copepoda, Calanoid) 1 individu, *Copepoda nauplius* 17 individu, *Acartia clausii* (Copepoda, Calanoid) 2 individu, larva *Brachyura zoea* sebanyak 16 individu, dan *Microsetella rosca* (Copepoda, Harpacticoid) dengan jumlah individu yang tidak tercatat. Jenis-jenis zooplankton yang paling dominan di kawasan penelitian ini adalah *Cyclops sp.* dan *Copepoda nauplius*.

Kepadatan Fitoplankton dan Zooplankton

Kepadatan fitoplankton (ind/L) pada tiga stasiun di kedalaman ± 10 meter menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan kedalaman 15 m dan 30 m (**Tabel 1**). Variasi ini terutama dipengaruhi oleh intensitas cahaya sebagai faktor utama dalam proses fotosintesis. Fitoplankton memiliki sifat fototaksis positif, yaitu bergerak menuju sumber cahaya untuk mengoptimalkan penyerapan energi (Sachlan, 1972). Pada kedalaman yang lebih besar, penetrasi cahaya matahari berkurang secara signifikan sehingga membatasi laju fotosintesis dan menghambat pertumbuhan fitoplankton. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Reynolds (2006) dan Wetzel (2001) yang menyatakan bahwa distribusi vertikal fitoplankton sangat bergantung pada ketersediaan cahaya dalam kolom air. Selain itu, Falkowski dan Raven (2007) menegaskan bahwa intensitas cahaya menentukan efisiensi fotosintesis, sehingga kelimpahan fitoplankton umumnya lebih tinggi pada lapisan permukaan hingga zona fotik. Dengan demikian, penurunan intensitas cahaya pada kedalaman yang lebih dalam berpengaruh langsung terhadap rendahnya kepadatan fitoplankton.

Tabel 1. Kepadatan fitoplankton di perairan pantai Meras

Jenis Fitoplankton	Total Kelimpahan (ind/0,15 mL)	Kepadatan (ind/mL)
<i>Schroederia setigera</i>	62	413,33
<i>Cyclotella</i>	1	6,67
<i>Bacillaria paradoxa</i>	13	86,67
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	23	153,33
<i>Selenastrum gracile</i>	2	13,33
<i>Diplopetula bulbosa</i>	13	86,66
<i>Cyphonautes larvae</i>	4	26,66

Tabel 2. Kepadatan zooplankton di perairan pantai Meras

Jenis Zooplankton	Kelimpahan (ind/0,15 mL)	Kepadatan (ind/mL)
<i>Cyclops sp. (Copepoda, Cyclopoida)</i>	17	113,33
<i>Cyphonautes larvae</i>	4	26,67
<i>Calanus sinicus</i>	1	6,67
<i>Copepoda nauplii</i>	17	113,33
<i>Acartia clausii</i>	2	13,33
<i>Brachyura zoea</i>	16	106,67
<i>Microsetella rosca</i>	3	20,00

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman fitoplankton di perairan pantai Meras

Spesies	n_i	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \cdot \ln(p_i)$
<i>Schroederia setigera</i>	62	0.5254	-0.644	-0.338
<i>Cyclotella</i>	1	0.00847	-4.771	-0.040
<i>Bacillaria paradoxa</i>	13	0.1102	-2.206	-0.243
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	23	0.1949	-1.637	-0.319
<i>Selenastrum gracile</i>	2	0.0169	-4.082	-0.069
<i>Diplopetula bulbosa</i>	13	0.1102	-2.206	-0.243
<i>Cyphonautes larvae</i>	4	0.0339	-3.382	-0.115

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman zooplankton di perairan pantai Meras

Spesies	n_i	p_i	$\ln(p_i)$	$p_i \cdot \ln(p_i)$
<i>Cyclops sp.</i>	17	0.283	-1.261	-0.356
<i>Cyphonautes larvae</i>	4	0.067	-2.706	-0.181
<i>Calanus sinicus</i>	1	0.017	-4.077	-0.069
<i>Copepoda nauplii</i>	17	0.283	-1.261	-0.356
<i>Acartia clausii</i>	2	0.033	-3.412	-0.113
<i>Brachyura zoea</i>	16	0.267	-1.321	-0.353
<i>Microsetella rosca</i>	3	0.050	-2.996	-0.150

Nilai indeks keanekaragaman fitoplankton (H') sebesar 1,37 menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton berada pada kategori keanekaragaman sedang. Nilai ini menggambarkan bahwa struktur komunitas fitoplankton relatif stabil, meskipun terdapat kecenderungan dominansi oleh beberapa spesies tertentu. Nilai H' yang tidak terlalu tinggi menunjukkan bahwa kondisi lingkungan masih mendukung pertumbuhan beberapa jenis fitoplankton, tetapi

produktivitasnya belum mencapai tingkat yang sangat tinggi atau merata pada semua jenis.

Nilai indeks keseragaman (E) sebesar 0,70 mengindikasikan bahwa persebaran individu antar spesies cukup merata, walaupun terdapat spesies yang mendominasi. Keseragaman yang tidak mendekati 1 menunjukkan bahwa beberapa spesies memiliki jumlah individu yang jauh lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya. Hal tersebut sejalan dengan nilai indeks dominansi (C) sebesar 0,34, yang menunjukkan adanya dominansi moderat, namun tidak dalam kategori dominansi tinggi. Spesies yang paling dominan adalah *Schroederia setigera* dengan kelimpahan relatif sebesar 52,54%, sehingga mempengaruhi nilai H' , E, dan C. Dominansi *Schroederia setigera* mengindikasikan bahwa perairan memiliki kondisi yang cukup subur (nutrien tersedia) dan stabil, sehingga menguntungkan pertumbuhan spesies tersebut. Dominansi moderat ini masih wajar ditemukan pada perairan pantai dengan tingkat produktivitas sedang.

Indeks keanekaragaman zooplankton (H') sebesar 1,58 termasuk dalam kategori keanekaragaman sedang hingga tinggi. Nilai ini menunjukkan bahwa komunitas zooplankton lebih beragam dibanding fitoplankton, yang mengindikasikan bahwa kondisi perairan mendukung perkembangan berbagai jenis zooplankton. Nilai indeks keseragaman (E) sebesar 0,81 menunjukkan bahwa penyebaran individu zooplankton antar spesies relatif merata. Keseragaman yang tinggi ini menandakan tidak adanya tekanan lingkungan yang menyebabkan dominansi satu spesies tertentu. Komunitas yang merata biasanya menunjukkan kondisi perairan yang stabil dan tidak berada dalam kondisi tercemar berat.

Hal ini diperkuat dengan nilai indeks dominansi (C) sebesar 0,24, yang menunjukkan tidak adanya spesies zooplankton yang mendominasi secara kuat. Meskipun beberapa spesies memiliki kelimpahan relatif yang cukup tinggi, seperti *Cyclops sp.*, *Copepoda nauplii*, dan *Brachyura zoea*, ketiganya memiliki nilai yang hampir seimbang, yaitu antara 26–28%, sehingga tidak menimbulkan dominansi spesies tunggal.

Secara umum, nilai keanekaragaman zooplankton sedikit lebih tinggi dibanding fitoplankton. Hal ini dapat terjadi karena zooplankton memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi serta bergantung pada ketersediaan fitoplankton sebagai sumber pakan. Fitoplankton yang cenderung didominasi oleh satu spesies (meskipun moderat) menyebabkan zooplankton yang memanfaatkan fitoplankton tersebut lebih mudah memperoleh makanan, sehingga keberadaan berbagai jenis zooplankton dapat tetap stabil dan merata.

Dominansi fitoplankton yang tidak terlalu tinggi juga berkontribusi pada stabilitas komunitas zooplankton. Jika fitoplankton mengalami dominansi ekstrem, biasanya komunitas zooplankton akan menunjukkan penurunan keragaman, yang tidak terlihat dalam hasil penelitian ini. Nilai H' , E, dan C menunjukkan bahwa Perairan Pantai Meras berada dalam kondisi ekologi yang relatif stabil. Keberadaan fitoplankton dan zooplankton yang memiliki keanekaragaman sedang serta keseragaman yang cukup tinggi menunjukkan tidak adanya tekanan lingkungan yang terlalu kuat seperti pencemaran berat atau eutrofikasi ekstrem. Nilai H' 1–2 → kondisi perairan masih cukup baik dan produktif. $E > 0,7$ → komunitas stabil dan tidak terganggu. $C < 0,5$ → tidak ada dominansi ekstrem, struktur komunitas sehat.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis plankton di perairan Pantai Meras, diperoleh bahwa total kepadatan fitoplankton mencapai 786,65 ind/mL, dengan kontribusi terbesar berasal dari *Schroederia setigera* sebanyak 413,33 ind/mL, diikuti *Thalassionema nitzschioides* (153,33 ind/mL), *Bacillaria paradoxa* (86,67 ind/mL), *Diplopetula bulbosa* (86,66 ind/mL), *Cyphonautes larvae* (26,66 ind/mL), *Selenastrum gracile* (13,33 ind/mL), dan *Cyclotella* (6,67 ind/mL). Pada kelompok zooplankton, total kepadatan mencapai 400 ind/mL, dengan dominasi *Cyclops sp.* dan nauplii Copepoda masing-masing 113,33 ind/mL, diikuti oleh *Brachyura zoea* (106,67 ind/mL), *Cyphonautes larvae* (26,67 ind/mL), *Microsetella rosca* (20,00 ind/mL), *Acartia clausii* (13,33 ind/mL), dan *Calanus sinicus* (6,67 ind/mL). Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener pada fitoplankton adalah $H' = 1,367$, yang diperoleh dari distribusi proporsi spesies mulai dari *Schroederia setigera* ($p_i = 0,5254$) hingga *Cyphonautes larvae* ($p_i = 0,0339$). Sementara itu, nilai indeks keanekaragaman zooplankton mencapai $H' =$

1,578, dengan proporsi tertinggi pada *Cyclops sp.* dan nauplii Copepoda ($\pi = 0,283$) serta proporsi terendah pada *Calanus sinicus* ($\pi = 0,017$). Secara keseluruhan, kombinasi tingginya kepadatan plankton, dominasi spesies tertentu yang masih dalam batas wajar, serta nilai keanekaragaman yang berada pada kategori sedang, menunjukkan bahwa perairan Pantai Meras memiliki kondisi ekologis yang cukup stabil dan mendukung produktivitas primer maupun keberlanjutan rantai makanan akuatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Balqis, Nuraina, Sayyid Afdhal El Rahimi., & Adrian Damora. (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.
- Browning, Thomas. J., & Moore, C. Mark. (2023). Global analysis of ocean phytoplankton nutrient limitation. *Nature Communications*, 14, 4121. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39757-8>
- Devlin, Michelle J., Prins Theo C., Enserink, Lisette., Leujaks, Wera., Heyden, Birgit., Axe Philip G., Ruiter Hans., Blauw Anouk., Bresnan, Eileen., Collingridge Kate., Devreker, David., Fernand, Liam., J. Gómez, J. Francisco., Graves, Carolyn., Lefebvre, Alain., Lenharts, Hermann., Markager, Stiig., Nogueira, Marta., O'Donnell, Garvan., Parner, Hjalte., Wilkes, E. Skarbøvik., Skogen, Morten D., Sonesten, Lars., Leeuwen, S. M. Van., Wilkes, Robert., Denning, Eleanor., & Campos, I. Alejandro. (2023). A first ecological coherent assessment of eutrophication for global marine waters. *Frontiers in Ocean Sustainability*, 2, Article 1176618. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1176618>
- Dewanti, L.P.P., Putra, I.D.N.N., & Faiqoh, Elok. (2018). Hubungan Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton dengan Kelimpahan dan Keanekaragaman Zooplankton di Perairan Pulau Serangan, Bali; *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 4(2), 324-335.
- Domingues, R. B., Nogueira, P., & Barbosa, A. B. (2023). Co-limitation of phytoplankton by nitrogen and phosphorus in a shallow coastal lagoon. *Estuaries and Coasts*, 46, 1423–1437. <https://doi.org/10.1007/s12237-023-01167-4>
- Goldenberg, S. U., Taucher, Jan., Mendez-Fernandez, Mar., Ludwig, Andrea., Aristegui, Javier., Baumann, Moritz., Ortiz, Joaquin., Stühr, Annegret., & Riebesell, Ulf. (2022). Nutrient composition (Si:N) shapes phytoplankton responses under artificial upwelling. *Frontiers in Marine Science*, 9, 907720. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.907720>
- He, Y., Zhang, P., Xu, Fang., Zhao, Lirong., & Zhang, Jibiao. (2023). Seasonal nutrient variation, eutrophication pattern, and chlorophyll-a response in coastal waters of Guangdong. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1118465. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1118465>
- Langi, R., Rondonuwu, F., & Kaunang, A. (2018). Kelimpahan dan keanekaragaman plankton di perairan Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1(1), 1–10. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jplt/article/view/21770>
- Lubis, F., Lidayanti, E., & Najmi, N. (2023). Kelimpahan dan Indeks Ekologi Jenis Plankton di Perairan Pulau Seurudong, Aceh Selatan; *Journal of Aquatic Resources and Fisheries Management* 4(1):23–33. <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.1.23>
- Maquares. (2013). Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Rawa Pening Jawa Tengah. *Jurnal Maquares*, 2(4), 1–10. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/download/4186/4054>
- Mulyawati, D., Ario, R., & Riniatsih, I. (2019). Pengaruh perbedaan kedalaman terhadap fitoplankton dan zooplankton di perairan Pulau Panjang, Jepara. *Journal of Marine Research*, 8(2), 181–188. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/25101>
- Munru, M., Wilopo, M. D., Johan, Y., Purmana, D., & Renta, P. P. (2023). Struktur komunitas fitoplankton di perairan Kabupaten Kaur. *Jurnal Kelautan*, 16(2), 147–155. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.10212>

- Rinaldi, R., Yanto, N., Nugrahawati, A., Sari, C. R., Muktitama, A. M., & Muliari, M. (2024). Keanekaragaman Zooplankton sebagai Bioindikator pada Perairan Sungai Krueng Pasee, Aceh Utara. *JAGO TOLIS: Jurnal Agrokompleks Tolis*, 4(1), 77–82. <https://doi.org/10.56630/jago.v4i1.539>
- Ritchie, M. E. (2021). Effects of nutrient concentrations on phytoplankton growth rates. *Limnology & Oceanography*, 66 (Suppl. 1), S1–S14. <https://doi.org/10.1002/lno.1161>
- Rumengan, I., Rarung, L., & Rondonuwu, F. (2017). Komposisi dan kelimpahan zooplankton di perairan pesisir Kota Bitung. *Jurnal Ilmiah Platax*, 5(1), 1–10. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax/article/view/16035>
- Sari, A. P., Rahmawati, R., & Cholik, F. (2019). Hubungan kualitas air dengan kelimpahan plankton di perairan pesisir. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2), 82–92. <https://journal.unpad.ac.id/jpk/article/view/23390>
- Sofiyani, D., Suryono, T., & Ain, C. (2021). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pesisir Kelurahan Mangunharjo, Kota Semarang. *MAQUARES*, 10(1), 49–56. <https://es.scribd.com/document/875015458/Sofiyanietal-2021-StrukturKomunitasMakrozoobentosdiPerairanPesisirKelurahanMangunharjo>
- Surbakti, N. (2009). Metode Penelitian: Pengambilan Sampel dan Analisis Data Kelimpahan Plankton. Universitas Sumatera Utara. <https://text-id.123dok.com/document/9yng4mkjz-metode-penelitian-pengambilan-sampel-pengamatan-di-laboratorium-analisis-data-kelimpahan-plankton.html>
- Tampi, F., Lumingas, L. J., & Rompas, R. (2021). Struktur komunitas fitoplankton di perairan Bunaken, Sulawesi Utara. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 26(3), 147–156. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/view/32719>
- Yuliana, E., & Arifin, Z. (2020). Pengaruh parameter oseanografi terhadap struktur komunitas plankton di perairan pesisir. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 85–96. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jitkt/article/view/29965>