

Pengaruh Perubahan Temperatur dan Nutrisi Terhadap Kelimpahan Fitoplankton

Marcy V. Anggraini¹, Ima Nurmalia Permatasari², Engki A. Kisnarti³

¹²³Prodi Oseanografi, Universitas Hang Tuah

Korespondensi: ima.nurmalia@hangtuah.ac.id

Abstrak

Fitoplankton secara ekologis mempunyai fungsi penting sebagai produsen primer yang sering dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan dan secara global merupakan salah satu organisme yang menyumbang hampir 50 % fotosintesis di seluruh dunia. Selain penting dalam ekosistem global, keberadaan fitoplankton bergantung pada ketersediaan nutrisi yang cukup. Perubahan temperatur seperti pemanasan iklim global dan curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan aliran masuk dan keluar, kenaikan muka air, dan mengubah lapisan campuran yang berdampak pada ketersediaan cahaya dan nutrisi sehingga berdampak pada gugus fungsi dan kelimpahan fitoplankton. Berdasarkan review beberapa penelitian, diperoleh bukti bahwa temperatur dan ketersediaan nutrisi memiliki peran signifikan dalam menentukan kelimpahan fitoplankton diberbagai ekosistem. Sebagai contoh, penelitian di Samudra Atlantik menunjukkan bahwa peningkatan nutrisi berkontribusi signifikan pada biomassa fitoplankton, sementara analisis di Danau Babagoya, Ethiopia, dan Sungai Kanal Utara, China memperlihatkan pentingnya pendekatan indeks ekologis seperti Shannon-Weaver dan Functional Group untuk mengidentifikasi dampak lingkungan. Metode ini menunjukkan efektifitas dalam menganalisis dampak perubahan lingkungan pada komunitas fitoplankton. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk pendekatan *Phytoplankton Functional Group* (PFG) sebagai indikator dampak lingkungan dan perubahan antropogenik. Pengembangan metode standar berbasis analisis indeks ini diperlukan untuk mendukung pengelolaan ekosistem akuatik secara berkelanjutan.

Kata kunci: Fitoplankton, Ketersediaan nutrisi, Perubahan Lingkungan, *Phytoplankton Functional Group* (PFG), Pengelolaan ekosistem akuatik.

Abstract

Phytoplankton are crucial primary producers that contribute significantly to global photosynthesis and serve as indicators of water fertility. The availability of nutrients is essential for their existence, and changes in temperature and rainfall can affect nutrient availability, impacting phytoplankton abundance and functional groups. Various studies have found that temperature and nutrient availability play a significant role in determining phytoplankton abundance in different ecosystems. Increased nutrients were found to contribute to phytoplankton biomass in the Atlantic Ocean, while ecological index approaches like Shannon-Weaver and Functional Group analysis proved effective in identifying environmental impacts in Lake Babagoya and the North Canal River. Based on these findings, the study recommends the use of the Phytoplankton Functional Group (PFG) approach as an indicator of environmental impacts and anthropogenic changes. Standardized methods based on this index analysis are necessary to support the sustainable management of aquatic ecosystems.

Key words: *Phytoplankton, Nutrient availability, Environmental change, Phytoplankton Functional Group (PFG), Aquatic ecosystem management.*

PENDAHULUAN

Fitoplankton terdiri dari filum *Chryophyta* (diatom), *Clorophyta* dan *Cyanophyta*. Biasanya *Chlorophyta* dan *Cyanophyta* mudah ditemukan pada komunitas plankton perairan air tawar, sedangkan *Chryhsophyta* dapat ditemukan di perairan tawar dan asin (Yayuk dkk., 2015). Secara ekologis fitoplankton mempunyai fungsi penting sebagai produsen primer yang sering dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan dan secara global merupakan salah satu organisme yang menyumbang hampir 50 % fotosintesis di seluruh dunia (Falkowski dkk., 2008; Dewanti dkk., 2018; Zaiss dkk., 2021).

Selain penting dalam ekosistem global, keberadaan fitoplankton cukup bergantung pada kesediaan nutrisi yang cukup, perubahan temperatur seperti pemanasan iklim global dan curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan aliran masuk dan keluar, kenaikan muka air, dan mengubah lapisan campuran yang berakibat pada ketersediaan cahaya dan nutrisi sehingga berdampak pada gugus fungsi dan kelimpahan fitoplankton (Paerl & Huisman, 2009; Figueredi & Giani, 2001; Zeng dkk., 2006; Zhang dkk., 2024).

Kelimpahan fitoplankton dapat dilakukan dengan metode mikroskosmos, analisis statistik dengan ANOVA, dan analisis indeks menggunakan persamaan *Sedwick-Rafter* dan *Shannon-Weaver*. Metode tersebut dilakukan oleh Fernández-González dkk., (2022) yang berlokasi di antara Southampton (Inggris) dan Punta Arenas (Chili), Hiruy dkk., (2024) yang melakukan penelitian di Danau Babogaya, Ethiopia, dan Zhu dkk., (2021) yang melakukan penelitian di Sungai Kanal Utara perkotaan Jing-Jin-Ji, pusat politik dan budaya Cina. Peneliti menggunakan metode tersebut bertujuan untuk mengetahui respon fitoplankton terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti variasi nutrisi dan temperatur, sehingga sangat penting untuk dilakukan dalam penelitian selanjutnya (González dkk., 2022; Hiruy dkk., 2024; Zhu dkk., 2021).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan temperatur dan ketersediaan nutrisi terhadap kelimpahan fitoplankton. Data yang dikumpulkan mengacu dari 10. Jurnal yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jurnal yang digunakan sebagai acuan.

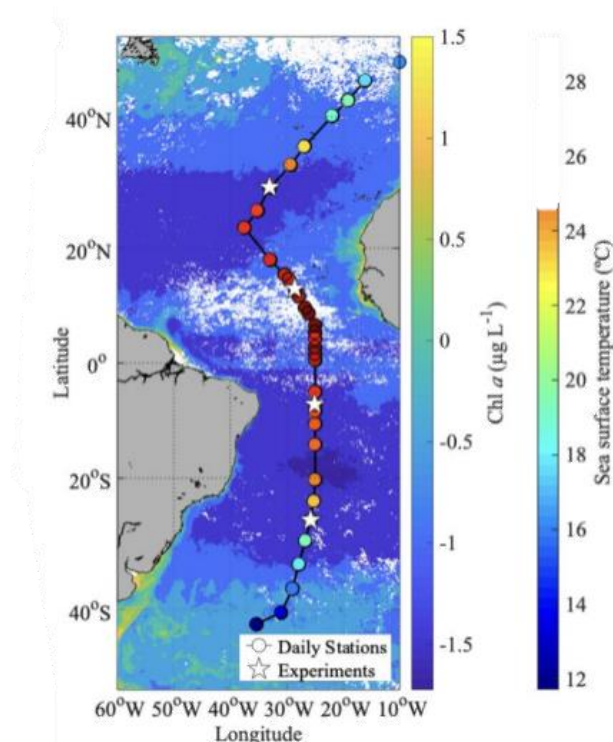
Sumber	Metode
González dkk., (2022)	1) Menggunakan metode eksperimen mikrokosmos 2) Analisis menggunakan <i>Visual Spreadsheets</i> , <i>CellQuest</i> , dan Matlab 3) Model empiris Geider ⁶¹ 4) Analisis statistik menggunakan ANOVA 5) Analisis intensitas cahaya relatif dan fluoresensi klorofil-a dengan menghitung Indeks <i>Relative sunlight intensity</i> (RSI) (Pers. 1) 6) Fv/Fm ditentukan dengan menghitung klorofil minimum dan maksimum (Pers. 2)
Hiruy dkk., (2024)	1) Kit portabel (model Hanna no. HI98195) 2) Standar analisis air dan limbah, metode asam askorbat, metode titrimetri, dan metode reduksi kadmium. 3) <i>Spektrometer</i> serapan atom tungku grafit 4) Analisis fitoplankton dengan menghitung : a) Indeks kelimpahan spesies (<i>Sedwick-Rafter</i>) (Pers. 3) b) Indeks keanekaragaman (<i>Shannon-Weaver</i>) (Pers. 4) c) Indeks pemerataan (Pers. 5) 5) Analisis klorofil-a, <i>Redundancy Analysis</i> (RDA), <i>Cluster Analysis</i> (CA), <i>Detrended Correspondence Analysis</i> (DCA) (Pers. 6-9)
Zhu dkk., (2021)	1) Analisis taksonomi 2) Identifikasi spesies fitoplankton dengan kombinasi teknik mikroskopi dan analisis morfologi 3) Analisis statistik dengan ANOVA satu arah 4) Analisis fitoplankton dengan menghitung : a) Indeks dominasi (Pers. 10) b) Indeks keanekaragaman (<i>Shannon Wiener</i>) (Pers. 11) c) Indeks kekayaan (<i>Margalef</i>) (Pers. 12) d) Indeks kerataan (<i>Pielou</i>) (Pers. 13) e) Indeks Qr (Kualitas relatif) (Pers.14)

Sumber	Metode
5)	Analisis statik dengan IBM SPSS Window v. 25.0 dan CANOCO v. 50
6)	Data diplot menggunakan OriginPro 9.0 dan R ggplot (R versi 3.5.2).

Metode penelitian di Samudra Atlantik

Penelitian yang dilakukan oleh González dkk., (2022) berada di Samudra Atlantik bagian tengah (29° LU-27° LS) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. González dkk., (2022) menggunakan empat percobaan mikro, yang mengumpulkan sampel plankton permukaan kombinasi tiga temperatur (in situ, pendinginan 3° C, dan pemanasan 3° C) serta dua perlakuan nutrisi.

Sampel yang dikumpulkan selama pelayaran penelitian *Atlantic Meridional Transect* (AMT) ke-29 (DY110) di atas kapal RRS Discovery, yang berlangsung antara Southampton (Inggris) dan Punta Arenas (Chili) dari 13 Oktober-25 November 2019.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Samudra Atalntik antara Southampton (Inggris) dan Punta Arenas (Chili)

(Sumber: González dkk., 2022)

Pengambilan sampel dilakukan di beberapa lokasi (8,7° LU pada 26 Oktober, 12,7° LU pada 1 November, 7,3° LS pada 7 November, dan 26,7° LS pada 12 November) sebelum fajar dari perairan permukaan (2-5 m). Air laut dipindahkan secara langsung dari botol niskin ke dalam carboy gelap berukuran 20 l. Analisis nutrisi organik terlarut, dikumpulkan sampel nutrisi sebanyak 60 ml dan dibekukan pada temperatur -20° C segera setelah pengambilan sampel hingga analisis di darat. Penelitian ini menggunakan indeks *Relative Sunlight Intensity* (RSI) atau intensitas cahaya relatif mengikuti Marañón dkk., (1988) untuk mengukur perbedaan ketersediaan cahaya dan nutrisi di antara lokasi.

$$RSI = \frac{[NO_3^- + NO_2^-]_{1\%PAR_z}}{\Delta\sigma_t} \times \frac{1\%PAR_z}{UML_z} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

$[NO_3^- + NO_2^-]_{1\%PAR_z}$ = konsentrasi nitrat ditambah dengan nitrit pada kedalaman 1%

$\Delta\sigma_t$ = Perbedaan densitas antara permukaan dan dasar zona eutrofik

1 % PAR_z = kedalaman pada saat penyinaran sama dengan 1 % PAR yang terjadi

UML_z = kedalaman lapisan campuran bagian atas, yang diperkirakan sebagai kedalaman saat σ_t lebih tinggi 0.125 unit dibandingkan dengan permukaan.

Temperatur dikontrol menggunakan inkubator yang dirancang khusus dan dipantau terus menerus oleh sistem pengontrol temperatur internal *planktotherm* serta pencatat TinyTag yang terendam (*TinyTag Aquatic 2*) yang mencatat temperatur setiap 2 menit. Pengukuran fluoresensi klorofil-a pergantian tunggal dilakukan setiap hari dengan menggunakan fluorometer laku pengulangan cepat. Sampel dipertahankan dalam kondisi gelap yang diatur dan ChlF minimum (F_o) dan maksimum (F_m) diukur untuk menentukan F_v/F_m :

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{(F_m - F_o)}{F_m} \dots\dots\dots (2)$$

Diketahui F_v/F_m merupakan perkiraan hasil kuantum maksimum fotokimia dalam fotosistem. F_o adalah korelasi kuat dengan chl a yang diekstraksi. Setiap 24 jam sebanyak 6 ml dari 18 botol inkubasi diambil untuk menentukan

sianobakteri *Prochlorococcus* dan *Synechococcus* serta ganggang pikoeukariotik (sel berdiameter $<3\ \mu\text{m}$). Data sebaran cahaya dan flueoreansi diproses menggunakan perangkat lunak *CellQuest* dengan amplifikasi log pada skala empat dekade dengan resolusi 102 saluran. Sampel kemudian dianalisis menggunakan *Flow Cytometry Analitik*. Kelimpahan dan volume sel dari fitoplankton nano dan mikro ditentukan dengan pencitraan digital otomatis lalu gambar diproses dan dikategorikan berdasarkan kelompok taksonomi dengan perangkat lunak analisis partikel berpasangan *Visual Spreadsheet*.

Penelitian ini juga menggunakan suatu model empiris Geider⁶¹ yang digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan fitoplankton. Uji *Two-tailed Student's* digunakan dalam penelitian ini untuk menilai perbedaan konsentrasi total Chl a dan biomassa fitoplankton antara perlakuan dengan nutrisi tambahan (+Nut) dan perlakuan tanpa penambahan nutrisi dengan menggunakan data dari empat percobaan. Analisis *One Way ANOVA* digunakan untuk menguji perbedaan di antara berbagai perlakuan temperatur dan nutrisi dalam biomassa pikofitoplankton spesifik kelompok dan fluoresensi merah seluler, menggunakan data asli yang belum diubah dari setiap percobaan.

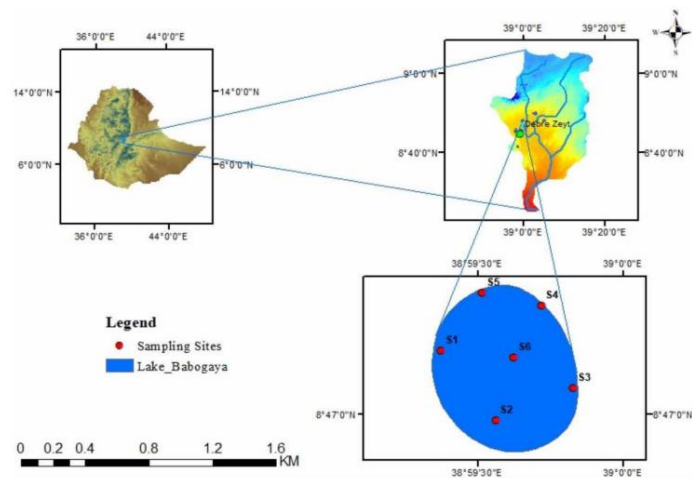
Penelitian ini memiliki tujuan utama, yaitu: (1) untuk memastikan peran relatif temperatur dan pasokan nutrisi sebagai pendorong biomassa dan pertumbuhan fitoplankton; (2) untuk menguji hipotesis bahwa kumpulam dari daerah yang lebih hangat adalah yang paling rentan terhadap peningkatan temperatur; (3) untuk menguji perbedaan spesifik kelompok dalam respon fitoplankton terhadap perubahan temperatur dan ketersediaan nutrisi.

Metode Penelitian di Danau Babagoya, Ethiopia

Metode yang digunakan oleh Hiruy dkk., (2024) berbeda dengan milik González dkk., (2022). Lokasi penelitian dilakukan di Danau Babogoya yang ditunjukkan pada Gambar 2. Danau Babagoya merupakan salah satu danau lembah retakan utama di Ethiopia, danau ini terletak di kota Debrezeit, yang berjarak 47 km di tenggara Addis Ababa.

Pengumpulan sampel dilakukan di enam stasiun berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan: (1) bebas dari lokasi intervensi; (2) area rekreasi atau resort; (3) tengah danau; dan (4) intervensi manusia dan hewan yang tinggi. Kelompok pertama sampel dikumpulkan dari April-Mei, sedangkan kelompok kedua dikumpulkan pada musim hujan (Agustus-September). Parameter fisika-kimia

seperti konduktivitas listrik, total padatan terlarut, potensial hidrogen (pH), temperatur, dan oksigen terlarut (DO).



Gambar 2. Lokasi penelitian di Danau Babagoya, Ethiopia

(Sumber: Hiruy dkk., 2024)

Parameter kimia lain dan bakteri dianalisis menurut metode standar analisis air dan limbah. Amonia-N (NH_3 p NH_4^+ N), fosfat-P reaktif (SRP), dan nitrat-N (NO_3 -N) diukur menggunakan metode asam askorba, metode titrimetri, dan metode reduksi kadmium. Logam berat ditentukan menggunakan *spektrometer* serapan atom tungku grafit. Fitoplankton diidentifikasi menggunakan literatur taksonomi yang sesuai tentang fitoplankton tropis. Kelimpahan setiap spesies juga ditentukan menggunakan sel *Sedwick-Rafter*. Indeks keragaman spesies digunakan untuk mengukur keanekaragaman dan kemerataan dihitung dengan menggunakan indeks keanekaragaman *Shannon-Weaver*. Kelimpahan spesies diperoleh dengan menghitung spesies mikroalga dan indeks.

Pada penelitian ini menggunakan *Redundancy Analysis* (RDA) dan *Cluster Analysis* (CA) untuk menguji hubungan antara kelimpahan taksa fitoplankton yang dominan dan parameter fisika-kimia. *Detrended Correspondence Analysis* (DCA) digunakan untuk indikasi bahwa data spesies menunjukkan respon linier terhadap variabel lingkungan. Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \dots \dots \dots (3)$$

$$D = \sum P_i^2 \dots \dots \dots (4)$$

Dengan

Σ = Penjumlahan

H' = Estimasi keanekaragaman

P_i = ¼ Porpori individu

$\ln$ = ¼ logaritma natural

Indeks kemerataan yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan rumus berikut:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan

J = Kemerataan

H' = Estimasi keanekaragaman

S = ¼ total spesies pada sampel

$\ln$ = Logaritma natural

Sampel komposit dibuat dengan mencampurkan sampel yang sudah dikumpulkan dari kedalaman berbeda dengan proporsi yang sama dari lokasi pengambilan sampel. Masing-masing sampel seperti klorofil-a akan diukur menggunakan *Spektrofotometri UV-Vis*. Klorofil-a dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Chl} - a \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{11.4 \times K ((665b - 750b) - (665a - 750a) \times V_e)}{V_f \times Z} \dots\dots\dots (6)$$

Estimasi konsentrasi TP dan klorofil-a digunakan indeks status trofik dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan diperairan tropis:

$$\text{TSI (Chl} - a) = 10 \times \left(6 - \frac{[0.92 - 0.34 \times \ln(\text{Chl} - a)]}{\ln 2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{TSI (TP)} = 10 \times \left(6 - \frac{[1.77 - 0.42 \times \ln(\text{TP})]}{\ln 2} \right) \dots\dots\dots (8)$$

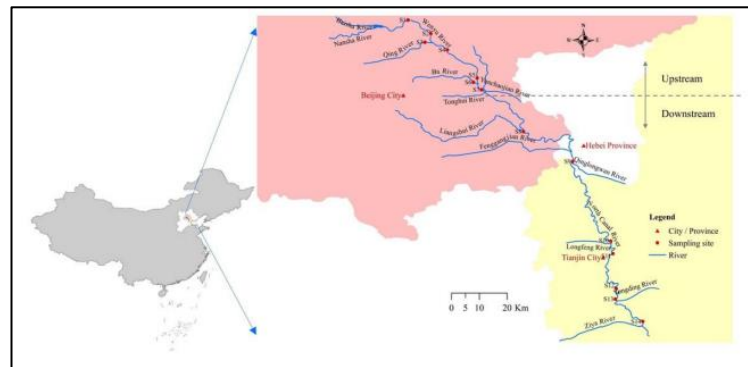
$$\text{TSI} = \frac{\text{TSI (Chl} - a) + \text{TSI (TP)}}{2} \dots\dots\dots (9)$$

Metode Penelitian di Sungai Kanal Utara, China

Zhu dkk., (2021) melakukan metode yang hampir serupa dengan Hiruy dkk., (2024) dan González dkk., (2022) yaitu sama-sama menggunakan analisis statik dengan ANOVA dan analisis indeks fitoplankton. Pada Gambar 3 ditunjukkan

lokasi penelitian yang dilakukan berada di Sungai Kanal Utara yang mengalir melalui Kota Jing-Jin-Ji, pusat politik dan budaya Tiongkok, China.

Penelitian ini mengambil 14 stasiun di saluran utama Sungai Kanal Utara. Sampel dikumpulkan setiap dua bulan sekali dari Juli 2018-Mei 2019, kecuali Januari 2019 dikarenakan sungai-sungai membeku di musim dingin. Sampel yang telah disimpah di laboratorium selama 3-5 hari kemudian dianalisis taksonomi dan penghitungan fitoplankton. Endapan sedimen fitoplankton dipindahkan kedalam botol yang lebih kecil hingga diperoleh 30 ml sampel.



Gambar 3. Lokasi penelitian di Sungai Kanal Utara, Thiongkok, China

(Sumber: Zhu dkk., 2021)

Identifikasi spesies fitoplankton mengikuti metode yang dijelaskan oleh Hu dan Wei, (2006) serta Guiry, (2021) yaitu identifikasi spesies fitoplankton dengan kombinasi teknik mikroskopi dan analisis morfologi. Indeks dominansi (Y), indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener* (H'), indeks kekayaan Margalef (M), indeks pemerataan Pielou (J) digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung metrik komunitas fitoplankton, dan indeks Q_r yang digunakan sebagai metrik kualitas air untuk *Phytoplankton Functional Group* (PFG) yang dominan. indeks-indeks ini dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Indeks dominan

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i \dots \dots \dots (10)$$

Indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*

$$H' = -\sum_{i=1}^s \ln P_i \dots \dots \dots (11)$$

indeks kekayaan Margalef

$$M = \frac{s-1}{\ln N} \dots \dots \dots (12)$$

indeks pemerataan Pielou

$$J = \frac{H'}{\ln S} \dots \dots \dots (13)$$

indeks Qr (indeks kualitas relatif)

$$Qr = \sum_{i=1}^S P_i \times F_i \text{ dimana } P_i = \frac{n_{bi}}{NB} \dots \dots \dots (14)$$

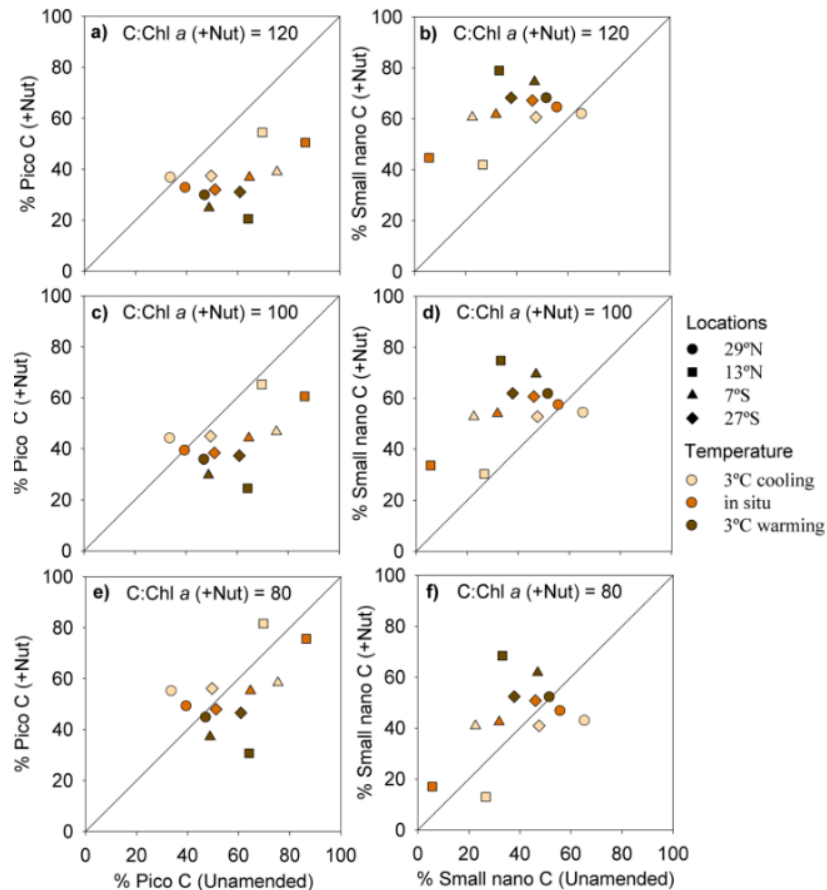
Perbedaan distribusi spasial dan temporal variabel lingkungan di Sungai Kanal Utara dianalisis dengan menggabungkan data diseluruh bulan pengambilan sampel (Maret, Mei, Juli, September, dan November) dengan menggunakan uji-t dan analisis varians (ANOVA) satu arah. Semua analisis statistik dilakukan di IBM SPSS Windows v. 25. 0 dan CANOCO v. 5. 0, setelah di analisis angka-angka akan diplot menggunakan OriginPro 9.0 dan R ggplot (R versi 3.5.2).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan oleh González dkk., (2022) menunjukkan di stasiun 28,7° LU dan 26,7° LS menunjukkan bahwa perubahan temperatur dan ketersediaan nutrisi mempunyai peran yang signifikan terhadap pertumbuhan dan struktur komunitas fitoplankton di Samudra Atlantik tropis maupun Subtropis. Mengingat dampak nyata dari pengayaan nutrisi biomassa fitoplankton, penelitian ini juga menyelidiki pengaruhnya terhadap kontribusi relatif *picophytoplankton* dan *nanophytoplankton* kecil terhadap total biomassa fitoplankton pada t= 96 jam, yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Dalam semua percobaan, kontribusi biomassa sebesar nanofitoplankton kecil meningkat setelah penambahan nutrisi. Peningkatan kontribusi sel 3-10 µm (mencapai 80 %) pada Gambar 4(b), (d), dan (f) terutama ditandai dengan percobaan itu menunjukkan respon terbesar terhadap nutrisi tambahan di stasiun 12,7° LU dan 7,3° S. Pada Gambar 4 (a), (c), dan (e) pikofitoplankton dengan ukuran sel berdiameter < 3 µm.

Hiruy dkk., (2024) mengungkapkan jika Danau Babogaya, Ethiopia memiliki lima kelompok taksonomi utama, yaitu *Chlorophyta* (alga hijau), *Cyanobacteria* (alga hijau-biru), *Acillariophyta* (diatom), *Dinoflagellata*, dan *Cryptophyta*. Karakteristik fisik sampel air yang dikumpulkan baik musim kemarau maupun hujan disajikan pada Gambar 5. Transparansi berkisar antara 2,05 hingga 2,5 m diberbagai lokasi.



Gambar 4. Pengaruh penambahan nutrisi pada perkiraan kontribusi biomassa nanofitoplankton pico dan kecil (Sumber: González dkk., 2022)

Dry Season							Wet Season						
Site no	pH	EC	TDS	SiO ₂	TA	Turb.	DO	Turb.	pH	EC	TDS	SiO ₂	TA
S ₁	9.48 ± 0.12	818 ± 2	412 ± 3	0.143	390	9.86	6.68	5.41	9.52 ± 0.02	284 ± 7	134 ± 4	0.628	335
S ₂	9.49 ± 0.02	838 ± 1	418 ± 7	0.186	395	5.15	6.08	0.96	9.52 ± 0.04	281 ± 9	129 ± 11	0.665	330
S ₃	8.99 ± 0.23	835 ± 3	417 ± 5	0.099	370	8.25	5.50	13.86	8.78 ± 0.31	283 ± 7	132 ± 21	0.619	335
S ₄	9.12 ± 0.03	834 ± 1	419 ± 3	0.136	420	4.79	7.25	1.51	8.86 ± 0.23	286 ± 8	138 ± 17	0.676	325
S ₅	8.89 ± 0.12	835 ± 2	416 ± 3	0.158	340	17.29	-	-	-	-	-	-	-
S ₆	8.94 ± 0.14	836 ± 4	418 ± 5	0.135	395	4.25	7.22	1.33	8.86 ± 0.16	284 ± 6	134 ± 24	0.650	330

Gambar 5. Karakteristik fisik sampel air yang dikumpulkan dari Danau Babagoya

(Sumber: Hiruy dkk., 2024)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teridentifikasi 31 spesies dalam kelompok filogenik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil peneitian yang dilakukan oleh Zhu dkk., (2021) menunjukkan tidak terdapat variasi spasial yang signifikan ($p < 0.05$, uji-t) antara wilayah hulu dan hilir. Nilai variabel fisika-kimia yang diukur di Sungai Kanal Utara, yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesies fitoplankton yang teridentifikasi di Danau Babagoya

Phylum	Species	Day	Wet
Chlorophyta/Green algae	<i>Botryococcus braunii</i>	2550	15,700
	<i>Closterium sp.</i>	0	400
	<i>Cosmarium sp.</i>	2000	7900
	<i>Pediastrum duplex</i>	2900	1100
	<i>Pediastrum simplex</i>	6300	950
	<i>Scenedesmus arcuatus</i>	50	300
	<i>Tetraedron minimum</i>	6100	8200
	<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	3300	3150
Cyanobacteria/Blue-green algae	<i>Anabaena circinalis</i>	28,450	15,300
	<i>Chroococcus limneticus</i>	4350	17,000
	<i>Cylindrospermopsis africana</i>	23,800	33,600
	<i>Merismopedia glauca</i>	1750	4100
	<i>Merismopedia punctata</i>	0	2350
	<i>Microcystis aeruginosa</i>	65,150	47,800
	<i>Microcystis flos-aquae</i>	34,800	42,00
	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	0	2100
	<i>Microcystis panniformis</i>	0	6550
	<i>Planktolyngbya tallingi</i>	0	1150
	<i>Raphidiopsis curvata</i>	0	4200
Bacillariophyta/Diatoms	<i>Aulacoseira granulata</i>	1650	600
	<i>Cyclotella planctonica</i>	300	600
	<i>Cymbella cistula</i>	300	1350
	<i>Epithemia sp.</i>	700	750
	<i>Fragilaria capucina</i>	100	300
	<i>Pleurosigma sp.</i>	50	350
Dinoflagellata/Dinoflagellates	<i>Gymnodinium sp.</i>	50	1100
	<i>Peridinium bipes</i>	350	1550
Cryptophyta/Cryptomonads	<i>Cryptomonas marssonii</i>	4200	7350
	<i>Cryptomonas ovata</i>	0	600
	<i>Rhodomonas lacustris</i>	50	2000

(Sumber: Hiruy dkk., 2024)

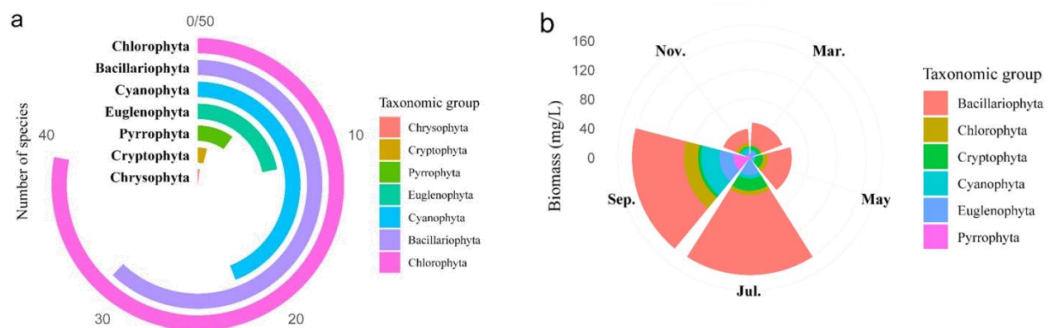
Spesies dominan dan nilai indeks dominannya (Y) ditunjukkan pada Gambar 6, Selama musim hujan (Juli dan September) ditemukan spesies yang dominan yaitu *Oscillatoria tenuis* (Cyanophyta), *Arthrospira platensis*, dan *Merismopedia elegans* (Cyanophyta), sedangkan pada September *Bacillariophyta* dan

Cyanophyta merupakan spesies dominan di Sungai Kanal Utara. Perubahan musim mempengaruhi kualitas air, pada musim hujan kualitas air tergolong lebih buruk dibandingkan musim kemarau. Hal ini terjadi dikarenakan adanya peningkatan aliran air yang membawa nutrisi berlebih.

Tabel 3. Faktor lingkungan dan indeks keanekaragaman fitoplankton di Sungai Kanal Utara beserta musimnya.

Variables	unit	Upstream	Downstream	Wet season	Dry season
WT	$^{\circ}\text{C}$	20.23 ± 6.97	19.77 ± 7.52	26.32 ± 3.57	15.95 ± 5.59
DO	mg l^{-1}	11.11 ± 2.28	9.88 ± 2.62	10.62 ± 3.31	10.43 ± 1.30
EC	$\mu\text{s cm}^{-1}$	901.66 ± 188.26	1162.85 ± 411.60	949.26 ± 285.42	1082.50 ± 366.84
pH		8.51 ± 0.65	8.42 ± 0.42	8.66 ± 0.50	8.34 ± 0.48
Chl.a	$\mu\text{g l}^{-1}$	62.34 ± 51.88	54.44 ± 43.78	61.66 ± 43.86	56.38 ± 45.14
COD _{Cr}	mg l^{-1}	45.83 ± 27.95	41.76 ± 23.55	44.56 ± 28.55	43.36 ± 20.47
NH ₄ ⁺ -N	mg l^{-1}	1.35 ± 1.09	1.49 ± 1.34	1.11 ± 1.06	1.61 ± 1.08
TN	mg l^{-1}	7.31 ± 1.87	4.35 ± 2.21	5.75 ± 2.57	5.91 ± 2.35
TP	mg l^{-1}	0.24 ± 0.13	0.29 ± 0.28	0.30 ± 0.21	0.24 ± 0.17
N/P ratio (m/m)		40.50 ± 29.01	32.88 ± 24.30	25.79 ± 22.61	36.84 ± 29.43
H'		1.78 ± 0.67	2.02 ± 0.51	2.02 ± 0.47	1.82 ± 0.61
M		2.93 ± 0.96	2.18 ± 0.97	2.44 ± 0.82	2.63 ± 1.49
J		0.57 ± 0.20	0.71 ± 0.16	0.66 ± 0.15	0.62 ± 0.21

(Sumber: Zhu dkk., 2021)

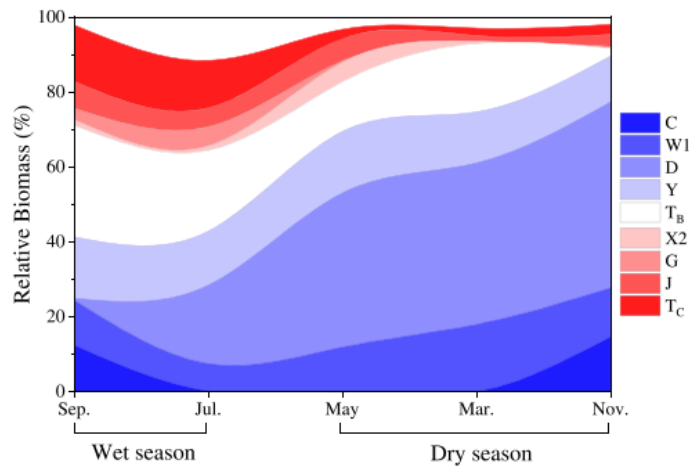


Gambar 6. Grafik (a) komposisi dan biomassa (b) komunitas fitoplankton di Sungai Kanal Utara.

(Sumber: Zhu dkk., 2021)

Pengamatan yang dilakukan selama musim kemarau dengan menggunakan pendekatan *Phytoplankton Functional Group* (PFG) menunjukkan jika terdapat perbedaan antara hulu dan hilir. Lokasi hulu dicirikan oleh karakteristik PFG yang ditunjukkan pada Gambar 6(D) yang terkait dengan perairan dangkal dan pertengahan campuran, sedangkan hilir yang ditunjukkan pada Gambar 6(C), (G), (Y), dan (W1) mewakili perairan eutrofik. pendekatan

Phytoplankton Functional Group (PFG) yang dilakukan selama musim hujan di lokasi hulu mengindikasikan perairan yang sangat eutrofik, sedangkan lokasi hilir menunjukkan perairan campuran, keruh organik, dan eutrofik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Variasi biomassa relatif (%) dari gugus fungsi fitoplankton di Sungai Kanal Utara.

(Sumber: Zhu dkk., 2021)

Dari ketiga jurnal diatas dapat dilihat metode pendekatan *Phytoplankton Functional Group* (PFG) yang dilakukan oleh Zhu dkk., (2021) mampu menunjukkan tingkatan kualitas ekologi dan lingkungan akuatik, selain itu para peneliti membuktikan jika pendekatan *Phytoplankton Functional Group* (PFG) dapat digunakan sebagai indikator dampak manusia. Jurnal yang dilakukan oleh Hiruy dkk., (2024) juga memberikan informasi penting tentang polusi antropogenik di ekosistem tertutup seperti danau, khususnya untuk kasus dengan masalah logam berat dan kontaminasi mikroba.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini didapatkan bahwa menggunakan metode yang berbeda membuktikan temperatur dan ketersediaan nutrisi berperan penting dalam menentukan kelimpahan dan komposisi komunitas fitoplankton. Metode yang paling unggul berlokasi di Sungai Kanal Utara, Thiongkok, China dikarenakan menggunakan pendekatan *Phytoplankton Functional Group* (PFG) yang menunjukkan spesies dominan pada musim hujan (Juli dan September) adalah *Oscillatoria tenuis* (Cyanophyta), *Arthrospira platensis*, dan *Merismopedia elegans*

(*Cyanophyta*), sedangkan pada september *Bacillariophyta* dan *Cyanophyta*. Metode ini unggul karena mempertimbangkan respon fitoplankton terhadap gangguan lingkungan secara sistematis.

Bebeda dengan lokasi lainnya yang berada di Samudra Atlantik bagian tengah antara Southampton (Inggris) dan Punta Arenas (Chili), yang menggunakan metode mikroskosmos dengan nilai Peningkatan kontribusi sel 3-10 μm (mencapai 80 %) pada Gambar 4(b), (d), dan (f) terutama ditandai dengan percobaan itu menunjukkan respon terbesar terhadap nutrisi tambahan di stasiun 12,7° LU dan 7,3° S. Pada Gambar 4 (a), (c), dan (e) pikofitoplankton dengan ukuran sel berdiameter < 3 μm .

Lokasi yang berbeda juga berada di Danau Babagoya, Ethiopia yang hanya menggunakan metode Analisis klorofil-a dan *Redundancy Analysis* (RDA) yang mendapatkan lima kelompok taksonomi utama dan spesies yang berbeda, yaitu *Chlorophyta*, *Cyanobacteria*, *Acillariophyta*, *Dinoflagellata*, dan *Cryptophyta*.

REFERENSI

- Dewanti, L. P. P., Putra, I. D. N. N., & Faiqoh, E. (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.
- Fernández-González, C., Tarran, G. A., Schuback, N., Woodward, E. M. S., Arístegui, J., & Marañón, E. (2022). Phytoplankton responses to changing temperature and nutrient availability are consistent across the tropical and subtropical Atlantic. *Communications Biology*, 5(1), 1035.
- Hiruy, A. M., Yibel Zeleke, B., Alehegne, K. A., & Endalew, Y. E. (2024). Pollution load and dynamics of phytoplankton communities in relation to environment variables in Lake Babogay, Ethiopia. *Water Practice & Technology*, 19(10), 4148-4162.
- Zaiss, J., Boyd, P. W., Doney, S. C., Havenhand, J. N., & Levine, N. M. (2021). Impact of Lagrangian sea surface temperature variability on Southern Ocean phytoplankton community growth rates. *Global Biogeochemical Cycles*, 35(8), e2020GB006880.
- Zhang, Y., Ma, W., Zhao, J., Yin, Q., & Liu, W. (2024). Correlation between phytoplankton dynamics and hydrometeorological factors in the Three Gorges reservoir area tributary. *Journal of Water and Climate Change*, 15(10), 4989-5001.
- Zhu, L., Chen, Y., Wang, Y., Wang, C., & Wei, Y. (2021). Ecological assessment of water quality in an urban river replenished with reclaimed water: the phytoplankton functional groups approach. *Environmental Research Communications*, 3(11), 115006.