

Status Kesuburan Berdasarkan Fitoplankton Di Perairan Danau Waren, Tual

Endang Sri Utami^{1*}, Henny Fitrinawati²

¹Program Studi Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung

²Program Studi Teknologi Perikanan, Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual

¹email : sriutammie@gmail.com

²email : henny.fitrinawati@polikant.ac.id

Submit : 06-02-2025

Revisi : 26-05-2025

Diterima : 01-06-2025

ABSTRACT

Lake Waren is an important lentic in Tual City, playing a crucial role in maintaining ecological balance, a habitat for flora-fauna aquatic, a hydrological cycle, and an area for fish spawning and growth. However, human activities (domestic wastel, tourism activities) increase nutrient levels (N and P) which triggers eutrophication and impacts water quality degradation, changes in phytoplankton composition, and disruption of food chain. Phytoplankton composition and abundance can describe the trophic status (oligotrophic, mesotrophic, eutrophic). Therefore, monitoring water through phytoplankton analysis and organic pollution levels is important to maintain ecosystem balance and ecological sustainability, especially for fisheries. Plankton sampling was conducted at five stations for three observations over two weeks. Plankton samples obtained from plankton net were given 2-3 drops of Lugol as preservation, then observed under a microscope using Sedwick-Rafter Counting Cell (SRC). The results of the plankton analysis explained that Lake Waren has a eutrophic status (IN = 7.7) and indicated organic matter contamination (IP = 15). The aquatic ecosystem is in a stable condition and has good resilience ability, with no dominance of certain plankton species described from medium diversity (phytoplankton 1.7096 - 2.3044; zooplankton 0.8587 - 1.6406), high uniformity (phytoplankton 0.9006 - 0.9610; zooplankton 0.7156 - 1.0194), and low dominance (phytoplankton 0.1070 - 0.2039; zooplankton 0.2093 - 0.4793). This condition is supported by water quality parameters according to quality standards for the life of freshwater biota, namely temperature (30 - 32°C), pH (8.2 - 8.6), DO (4 - 6.5 mg/L), and brightness (80 - 130 cm).

Keywords: Abundance, Nygaard Index, Palmer Index, Plankton, Trophic status

ABSTRAK

Danau Waren merupakan perairan lentik di Kota Tual, memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekologi, habitat flora-fauna akuatik, siklus hidrologi dan sebagai area pemijahan serta pertumbuhan ikan. Namun, aktivitas manusia seperti pembuangan limbah domestik dan kegiatan wisata meningkatkan unsur N dan P yang memicu eutrofikasi juga memberikan pengaruh pada memburuknya kualitas air, perubahan komposisi fitoplankton, dan terganggunya rantai makanan. Komposisi dan kelimpahan fitoplankton dapat menggambarkan status trofik perairan (oligotrofik, mesotrofik, dan eutrofik). Oleh karena itu, pemantauan kesuburan perairan melalui analisis fitoplankton dan tingkat pencemaran organik menjadi penting dilakukan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan ekologi, khususnya bagi sektor perikanan. Pengambilan sampel plankton dilakukan di lima stasiun berbeda sebanyak tiga kali pengamatan dengan periode dua minggu sekali. Sampel plankton yang diperoleh dari *plankton net* diberikan lugol 2-3 tetes sebagai preservasi, kemudian diamati dibawah mikroskop dengan menggunakan *Sedwick-Rafter Counting Cell* (SRC). Hasil analisis plankton menjelaskan bahwa Danau Waren memiliki status kesuburan eutrofik (IN = 7,7) dan terindikasi cemaran bahan organik (IP = 15). Ekosistem perairan berada dalam kondisi stabil dan memiliki kemampuan resiliensi baik, dengan tidak adanya dominansi jenis plankton tertentu, yang terdeskripsikan dari indeks

keanekaragaman sedang (fitoplankton 1,7096 – 2,3044; zooplankton 0,8587 – 1,6406), indeks keseragaman tinggi (fitoplankton 0,9006 – 0,9610; zooplankton 0,7156 – 1,0194), dan indeks dominansi yang rendah (fitoplankton 0,1070 – 0,2039; zooplankton 0,2093 – 0,4793). Kondisi ini didukung dengan parameter fisika kimia air sesuai baku mutu untuk kehidupan biota air tawar, yaitu suhu (30 – 32°C), pH (8,2 – 8,6), DO (4 – 6,5 mg/L), dan kecerahan (80 – 130 cm).

Kata kunci: Indeks Nygaard, Indeks Palmer, Kelimpahan, Plankton, Status trofik

1 Pendahuluan

Danau Waren adalah ekosistem perairan lentik yang vital di wilayah kota Tual, karena berfungsi sebagai penopang keseimbangan ekologi dan sumber daya perikanan bagi kehidupan masyarakat sekitar. Secara ekologis, danau dengan luas 47,958 m² ini menjadi habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna akuatik yang mendukung keanekaragaman hayati daerah tersebut. Selain itu, keberadaannya juga penting untuk menjaga siklus hidrologi serta menyediakan ruang pemijahan dan pertumbuhan ikan, yang secara langsung mendukung aktivitas perikanan lokal.

Kegiatan masyarakat sekitar perairan umum seperti pembuangan limbah domestik, pemanfaatan pupuk pertanian berlebih dan erosi tanah dapat menjadi pemicu peningkatan unsur N dan P di badan perairan (Utami & Ivan's, 2022). Keberadaan kedua unsur ini dapat menyebabkan pertumbuhan berlebih organisme akuatik, yaitu fitoplankton dan alga (Smith et al., 1999). Kondisi inilah yang dikenal dengan istilah eutrofikasi atau kesuburan perairan. Peningkatan kesuburan perairan yang terjadi terus menerus dapat memicu terjadinya ledakan pertumbuhan fitoplankton yang berakibat menurunnya kualitas air. Kondisi ini diirikan dengan terjadinya hipoksia atau bahkan anoksia, perubahan komposisi fitoplanton yang berakibat pada terganggunya keseimbangan rantai makanan, dan memungkinkan terjadinya dominansi spesies tertentu.

Fitoplankton adalah komunitas organisme fotoautotrofik yang berfungsi sebagai produsen primer dalam jaringan trofik ekosistem akuatik, melakukan fiksasi karbon melalui proses fotosintesis dan menyediakan basis energetik bagi konsumen tingkat pertama dan subsekuen dalam aliran energi habitat perairan. Keberadaan organisme ini menjadi bioindikator kualitas perairan dikarenakan kepekaannya terhadap kenaikan nutrien atau pencemaran (Wetzel, 2001). Beberapa spesies yang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan perairan terkait dengan masuknya bahan pencemar organik diantaranya adalah *Synedra*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Melosira*, *Scenedesmus* dan lainnya (Palmer, 1969). Fitoplankton merespon cepat terhadap perubahan lingkungan sehingga komposisi dan kelimpahannya dapat menggambarkan status trofik suatu perairan dengan kategori oligotrofik, mesotrofik, eutrofik, atau hipertrofik (Lampert & Sommer, 2007).

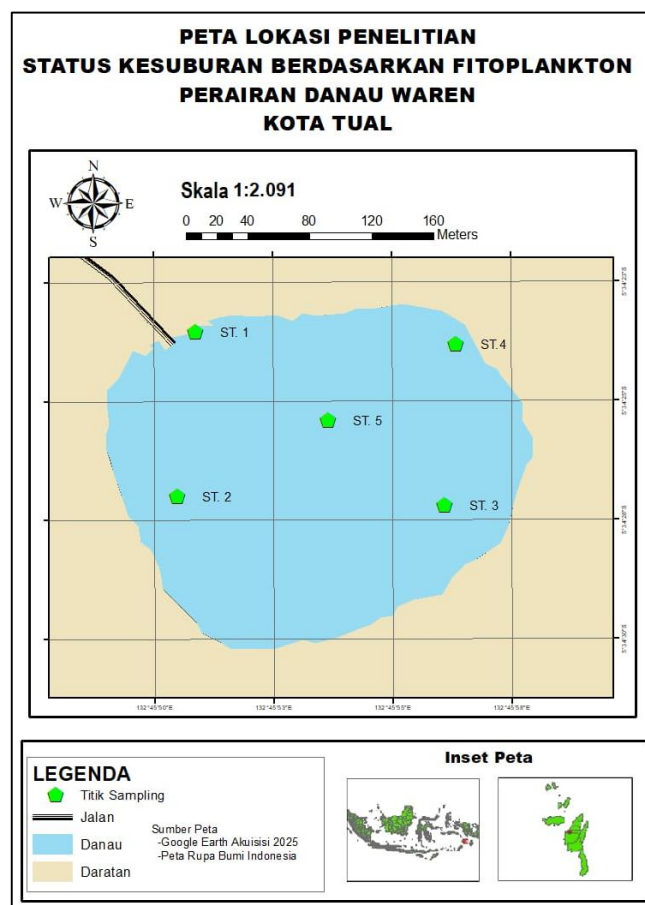
Memantau status kesuburan perairan adalah langkah krusial untuk menjaga keseimbangan ekosistem danau, melindungi kualitas air, serta mendukung keberlanjutan

ekologi terutama untuk keperluan kegiatan perikanan. Hal inilah yang melatarbelakangi perlu dilakukannya penelitian terkait dugaan tingkat kesuburan perairan Danau Waren dengan mempertimbangkan kelimpahan fitoplankton dan tingkat pencemaran bahan organik yang terkandung di dalam badan perairan tersebut.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Lokasi Penelitian

Rangkaian penelitian dilaksanakan dalam periode waktu Februari hingga Maret 2025 di perairan Danau Waren, Tual. Danau Waren merupakan destinasi wisata unggulan yang terletak di Desa Ngadi, Kecamatan Dullah, Kota Tual, Kepulauan Kei, Maluku. Pengambilan contoh air dan pengamatan parameter dilakukan dengan interval waktu dua minggu sekali sebanyak tiga kali pengamatan, di lima stasiun berbeda yang masing-masing berada di titik koordinat 5°34'26.0"S 132°45'52.0"E (St.1), 5°34'26.1"S 132°45'53.0"E (St.2), 5°34'27.8"S 132°45'50.6"E (St. 3), 5°34'27.9"S 132°45'55.4"E (St.4), dan 5°34'26.1"S 132°45'53.0"E (St.5) (Gambar 1). Pengamatan parameter suhu, DO, pH, dan kecerahan perairan dilakukan secara langsung dilokasi (*in situ*). Sedangkan untuk parameter fitoplankton dan zooplankton dilakukan pengamatan di Laboratorium Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

Perlengkapan alat yang digunakan selama penelitian diantaranya adalah *secchi disk*, pH meter (pH-2011), termometer raksa, DO meter (Lutron DO-5510), mikroskop binokuler (CX21 Olympus), *object glass*, *cover glass*, ember, *plankton net* (mesh size 30 µm), pipet tetes, kertas label, dan botol sampel 250 mL. Bahan utama dalam penelitian ini adalah sampel air dan lugol.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Sampel plankton diambil dengan menyaring air danau sebanyak 2 L ke dalam *plankton net* dan dikumpulkan dalam botol sampel (250 mL). Sampel yang telah diperoleh kemudian ditetesi lugol sebanyak 2 – 3 tetes. Senyawa lugol digunakan untuk mengawetkan dan menghindari kerusakan sel plankton bahkan secara efektif dapat mempertahankan integritas DNA dan informasi morfologi sehingga memudahkan untuk proses pengamatan lebih lanjut (Sano et al., 2022; Zarauz & Irigoien, 2008).

Analisis Data

Kelimpahan plankton menggambarkan jumlah individu atau sel fitoplankton dan zooplankton dalam tiap satuan volume media hidup (L). Pengamatan plankton dilakukan dengan perbesaran 10x10 pada mikroskop majemuk (CX21 Olympus). Jumlah individu plankton dihitung secara manual dibawah mikroskop menggunakan *Sedwick-Rafter Counting Cell* (SRC) dengan ukuran 50x20x1 mm² dan pengulangan pengamatan sebanyak tiga kali. Penentuan identifikasi jenis plankton dilakukan berdasarkan pada Hutabarat & Evans (1986) dan Prescott (1970) dengan proses pencacahan menggunakan formula perhitungan sebagai berikut (APHA, 2012).

$$N = nx \frac{V_t}{V_{SRC}} \times \frac{A_{SRC}}{A_a} \times \frac{1}{V_d}$$

Keterangan : N = Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton (sel/L)

n = Total sel fitoplankton dan zooplankton teramati (sel)

V_t = Total air yang tersaring (mL)

V_d = Total air yang disaring (L)

V_{SRC} = Total cairan amatan 1 SRC (1 mL)

A_{SRC} = Lapang penampang SRC (mm²)

A_a = Lapang amatan (mm²)

Komunitas fitoplankton dan zooplankton dianalisis menggunakan komponen ekologis yang terdiri atas indeks keanekaragaman hayati (H), indeks keseragaman distribusi (E), dan indeks dominansi spesies (C) (Krebs, 1999). Indeks keanekaragaman plankton merupakan ukuran yang penting untuk menggambarkan kesehatan suatu ekosistem perairan. Penentuan nilai indeks keanekaragaman didasarkan pada kekayaan

jenis plankton yang menunjukkan kepekaan terhadap perubahan ekologis. Formula perhitungan nilai indeks menggunakan teori Shannon-Wiener (H'), yaitu sebagai berikut.

$$H' = \sum_{i=1}^a (p_i \times \ln p_i)$$

Keterangan : H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

P_i = Jumlah individu dari jenis ke- i dari keseluruhan populasi

Kategori penentuan nilai indeks ini didasarkan pada kelompok kriteria sebagai berikut.

$H' < 1$ = Keanekaragaman spesies rendah

$1 > H' > 3$ = Keanekaragaman spesies sedang

$H' > 3$ = Keanekaragaman spesies tinggi

Nilai indeks keanekaragaman juga dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat pemerataan (*evenness*) jenis plankton yang tersebar di lingkungan perairan. Indeks keseragaman (E) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Krebs, 1999).

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

Keterangan : H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

s = Jumlah jenis plankton

Kategori penentuan nilai indeks ini didasarkan pada kelompok kriteria sebagai berikut.

$E < 0,4$ = Keseragaman spesies rendah

$0,6 > E > 0,4$ = Keseragaman spesies sedang

$E > 0,6$ = Keseragaman spesies tinggi

Adanya kemungkinan dominansi jenis plankton tertentu pada suatu komunitas dapat menggambarkan tingkat kestabilan dan keseimbangan ekosistem (Odum, 1993). Indeks dominansi juga dikenal dengan Indeks Simpson yang disimbolkan dengan huruf C . Penentuan nilai indeks dominansi (C) adalah sebagai berikut (Krebs, 1999).

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

Keterangan : C = Indeks dominansi Simpson

n_i = Jumlah plankton jenis ke- i

N = Jumlah total individu

Kategori penentuan nilai indeks ini didasarkan pada kelompok kriteria sebagai berikut.

$0 < C \leq 0,5$ = Dominansi spesies rendah

$0,5 < C \leq 0,75$ = Dominansi spesies sedang

$0,75 < C \leq 1,00$ = Dominansi spesies tinggi

Landner (1978) menjelaskan status kesuburan suatu perairan dapat ditentukan dari jumlah kelimpahan fitoplankton yang terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu perairan oligotrofik (0-2000 sel/L), mesotrofik (2000-15.000 sel/L), dan eutrofik (> 15.000 sel/L). Sedangkan penentuan status trofik berdasarkan kelimpahan zooplankton dikelompokkan menjadi oligotrofik dengan kelimpahan < 1 sel/L, mesotrofik 1-500 sel/L, dan eutrofik > 500 sel/L (Goldman & Horne, 1994). Penentuan status kesuburan juga dapat ditentukan dengan Indeks Nygaard (IN) yang didasarkan pada beberapa jenis fitoplankton, yaitu kelompok myxophyceae, chlorococcales, centrales, euglenineae, dan desmidiaceae (Nygaard, 1949). Jika diperoleh nilai IN berada pada kisaran 0 – 1, maka perairan berada pada kategori oligotrofik; kisaran 1,1 – 3 maka perairan berada dalam kategori mesotrofik, dan jika diatas 3 maka perairan berada dalam kategori eutrofik. Perhitungan Indeks Nygaard ditentukan dengan formula sebagai berikut.

$$IN = \frac{(\text{myxophyceae} + \text{chlorococcales} + \text{centrales} + \text{euglenineae})}{\text{desmidiaceae}}$$

Status kesuburan perairan dapat dihubungkan dengan tingkat pencemaran bahan organik yang masuk ke dalam badan air. Tingkat pencemaran ini dapat ditentukan dengan menggunakan Indeks Palmer (IP). Kajian yang dilakukan oleh Palmer (1969) menjelaskan bahwa beberapa jenis plankton memiliki nilai toleransi yang berbeda-beda terhadap keberadaan bahan organik. Dalam kajian ini ditetapkan beberapa jenis plankton dengan bobot nilai dalam rentang 1 – 5.

3 Hasil dan Pembahasan

Fitoplankton yang terdapat di perairan Waduk Waren, Tual tergolong dalam 7 kelas, yaitu Bacillariophyceae (4 genera), Chlorophyceae (3 genera), Cyanophyceae (7 genera), Dinophyceae (1 genera), Trebouxiophyceae (1 genera), Xanthophyceae (1 genera), Zygnematophyceae (3 genera) (Gambar 2). Sedikit berbeda dengan keberadaan zooplankton yang hanya tergolong dalam 6 kelas, yaitu Copepoda (5 genera), Dinophyceae (2 genera), Hexanauplia (1 genera), Litostomatea (1 genera), Monogononta (2 genera), dan Oligohymenophorea (1 genera) (Gambar 3).

Indeks Ekologi Plankton (H', E, dan C)

Secara umum ekosistem perairan Danau Waren berdasarkan indeks ekologi yang diperoleh menunjukkan kondisi yang cukup baik (Tabel 1 & 2).

Tabel 1. Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dan dominansi (C) fitoplankton

Indeks Ekologi	Stasiun 1 (S1)	Stasiun 2 (S2)	Stasiun 3 (S3)	Stasiun 4 (S4)	Stasiun 5 (S5)
H'	2.0077	1.7526	1.7096	1.8117	2.3044
E	0.9137	0.9006	0.9542	0.9310	0.9610
C	0.1578	0.2039	0.1949	0.1823	0.1070

Tabel 2. Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dan dominansi (C) zooplankton

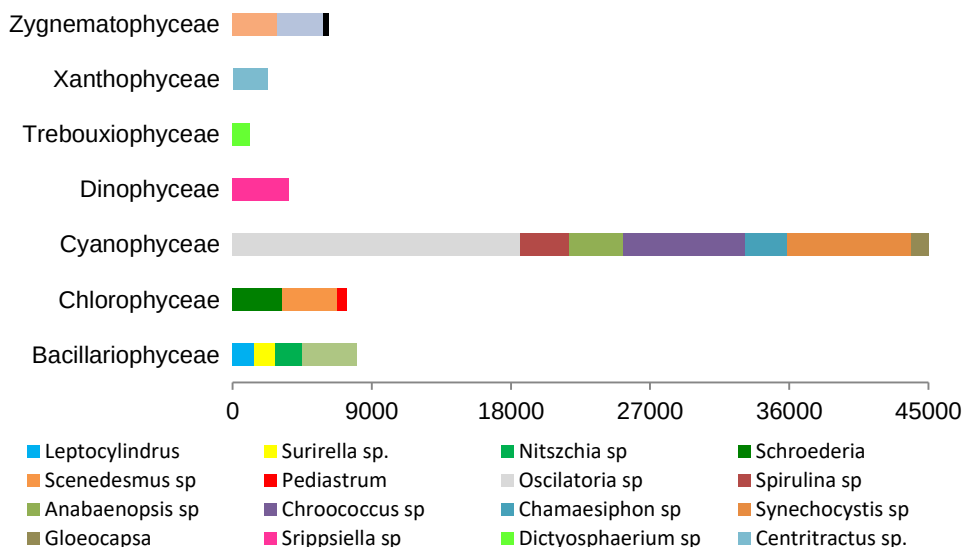
Indeks Ekologi	Stasiun 1 (S1)	Stasiun 2 (S2)	Stasiun 3 (S3)	Stasiun 4 (S4)	Stasiun 5 (S5)
H'	1.3926	1.6406	0.8587	1.1733	1.2724
E	0.7156	1.0194	0.7817	0.8463	0.7906
C	0.3525	0.2093	0.4793	0.3651	0.3077

Indeks keanekaragaman fitoplankton pada kelima stasiun pengamatan berada pada kategori sedang, dan menjelaskan bahwa kondisi perairan Danau Waren yang masih cukup baik. Kondisi ini menggambarkan komunitas fitoplankton yang tidak terlalu tinggi atau rendah. Nilai H' yang tinggi menunjukkan keragaman spesies yang lebih besar sehingga dapat menjaga stabilitas dan produktivitas yang tinggi (Krebs, 1999; Odum, 1993). Meskipun nilai H' di perairan Danau Waren tidak berada dalam kategori tinggi tetapi masih didukung dengan nilai keseragaman (E) yang tinggi dan dominansi (C) yang rendah pada kelima stasiun pengamatan. Tingginya nilai E dan rendahnya nilai C menggambarkan bahwa jenis plankton terdistribusi merata dan tidak terjadinya kompetisi ekstrim atau dominansi berlebihan oleh jenis tertentu (Barbour et al., 1999).

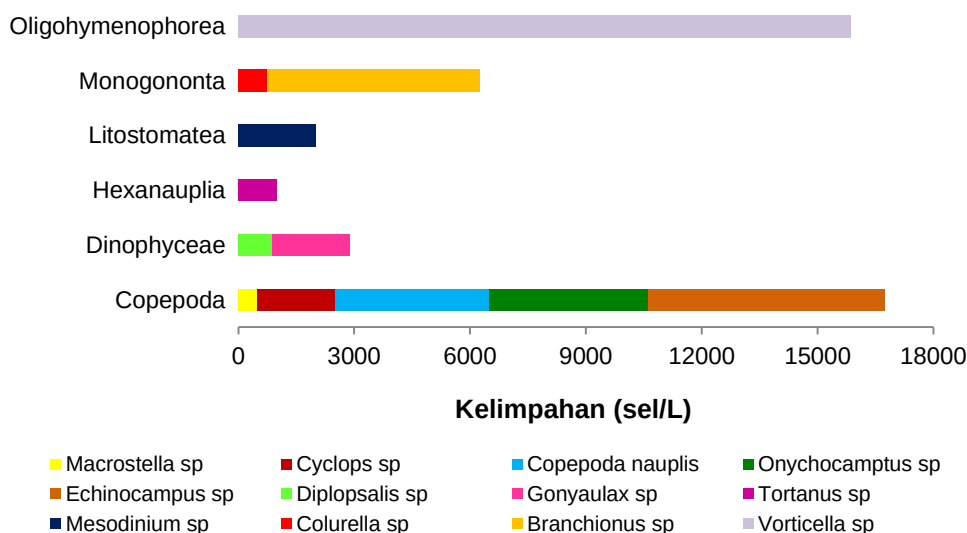
Perairan Danau Toba dan Danau Hias *Gold Coast* PIK juga menunjukkan nilai H' fitoplankton yang tidak jauh berbeda, yaitu masing-masing berada pada kategori sedang dengan nilai berkisar 1,31 – 1,72 (Sinambela et al., 2023) dan 1,44 – 2,23 (Widigdo et al., 2020). Komunitas fitoplankton yang kurang beragam dapat mempengaruhi keseimbangan jaring makanan yang selanjutnya akan berdampak pada populasi ikan yang terdapat di perairan tersebut (Nöges et al., 2018). Tian et al. (2016) juga menjelaskan dalam kajiannya bahwa keanekaragaman fitoplankton yang tinggi memiliki hubungan dengan peningkatan biomassa dan stabilitas yang berperan penting dalam menopang pertumbuhan dan reproduksi ikan. Nilai H' yang tidak cukup tinggi memungkinkan adanya faktor pembatas yang mempengaruhi seperti masuknya bahan pencemar organik yang menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air (Wetzel, 2001). Masukan bahan pencemar yang terdapat di perairan Danau Waren dapat dimungkinkan berasal dari kegiatan domestik dan wisata air di lokasi tersebut.

Kelimpahan Plankton

Kelimpahan fitoplankton ditentukan pada jumlah atau kepadatan sel (individu) dalam tiap satuan liter volume air yang mencerminkan produktivitas primer suatu perairan (Reynolds, 2006; Wetzel, 2001). Dinamika kelimpahan zooplankton menunjukkan karakteristik yang berbeda, dengan organisme ini berperan sebagai perantara fungsional dalam aliran energi antara komponen autotrofik primer (fitoplankton) dan konsumen tingkat trofik yang lebih tinggi (ikan) (Lampert & Sommer, 2007).



Gambar 2. Komposisi kelimpahan fitoplankton



Gambar 3. Komposisi kelimpahan zooplankton

Perairan Danau Waren memiliki kelimpahan rata-rata fitoplankton $14,7 \times 10^3$ dan zooplankton $8,9 \times 10^3$ sel/L yang menggambarkan bahwa perairan tersebut memiliki tingkat kesuburan mesotrofik atau sedang (Goldman & Horne, 1994; Landner, 1978). Kondisi ini sesuai dengan nilai keanekaragaman keduanya yang memiliki kecenderungan berada pada tingkat sedang (Tabel 1 & 2). Kelimpahan fitoplankton di Danau Talaga, Sulawesi Selatan menunjukkan kelimpahan rata-rata fitoplankton dan indeks keanekaragaman yang tidak jauh berbeda, yaitu masing – masing $14,2 \times 10^3$ sel/L dan 0,91 – 2,21. Hasil kajian ini menjelaskan bahwa perairan berada dalam kondisi tercemar sedang, yang diantaranya bersumber dari masuknya cemaran bahan organik (Sugianti et al., 2015).

Kelimpahan fitoplankton tertinggi berada pada kelas cyanophyceae, tepatnya adalah jenis *Oscillatoria sp* (Gambar 2) dan kelimpahan zooplankton tertinggi terdapat

pada kelas copepoda (*Echinocampus sp*), kemudian diikuti kelas oligohymenophorea (*Vorticella sp*). Kelimpahan *Oscillatoria sp* yang tinggi juga terdapat di hampir sepanjang sungai-sungai yang bermuara di Teluk Jakarta dengan proporsi lebih dari 95% dari kelimpahan total (Rahayu, 2017). *Oscillatoria sp* tersebar di berbagai perairan tawar (Danau Wular, Khasmir dan Danau Vellayani, Kerala) dan tercatat sebagai jenis dari kelas cyanophyceae dengan kelimpahan yang tinggi (Ah & Parveen, 2014; PriyaGopinath & K.G, 2015). Kajian yang dilakukan oleh Desmawati et al. (2020) juga menunjukkan kelimpahan yang tinggi dari jenis ini di beberapa sungai dan waduk yang terdapat di Surabaya dan Malang, serta Jakarta dan Depok (Prihantini et al., 2008).

Perairan dengan kelimpahan cyanophyceae yang tinggi menggambarkan besarnya beban masukan bahan organik dalam badan perairan, sehingga jenis fitoplankton dari kelompok ini menjadi komponen penentu status trofik (Bellinger & Sigee, 2010). Hal ini juga dikuatkan dengan penjelasan Palmer (1969) dalam kajiannya, bahwa jenis *Oscillatoria* merupakan salah satu jenis fitoplankton yang menjadi indikator terjadinya pencemaran bahan organik di suatu perairan (Palmer, 1969).

Status Kesuburan

Perairan yang subur disebut dengan eutrofik dan dicirikan dengan kelimpahan plankton yang tinggi karena terjadi peningkatan suplai unsur hara yang masuk ke badan perairan (Utami et al., 2016). Penentuan status kesuburan (*trophic status*) perairan danau didasarkan pada kapasitas perairan dalam mendukung pertumbuhan fitoplankton, yang berperan penting bagi keseimbangan ekosistem perairan. Klasifikasi kesuburan danau terbagi menjadi oligotrofik (kesuburan rendah), mesotrofik (kesuburan sedang), eutrofik (kesuburan tinggi), dan hipereutrofik (kesuburan sangat tinggi) (Wetzel, 2001).

Status kesuburan perairan Danau Waren memiliki tingkat kesuburan mesotrofik jika didasarkan pada kelimpahan fitoplankton dan zooplankton (Goldman & Horne, 1994; Landner, 1978). Selain menggunakan kelimpahan plankton, status kesuburan perairan Danau Waren dapat ditentukan dengan menggunakan Indeks Nygaard (IN). Klasifikasi status kesuburan perairan dengan metode ini dilakukan dengan pendekatan komposisi dan kelimpahan fitoplankton sebagai bioindikator trofik di suatu perairan. IN ditentukan dengan menggunakan rasio kelompok fitoplankton yang sering ditemukan di perairan oligotrofik (Desmidiaceae) dengan jenis fitoplankton dari kelompok yang banyak ditemukan di perairan eutrofik (Chlorococcales, Diatom, dan Cyanophyceae atau Myxophyceae) (Nygaard, 1949).

Jenis fitoplankton yang tergolong kelas Cyanophyceae yang ditemukan di Danau Waren adalah *Oscillatoria sp*, *Spirulina sp*, *Anabaenopsis sp*, *Chroococcus sp*, *Chamaesiphon sp*, *Synechocystis sp*, *Gloeocapsa* dan kelompok Chlorococcales adalah *Schroederia sp*, *Scenedesmus sp*, *Pediastrum sp*, *Dictyosphaerium sp*, serta kelompok

Desmidiaceae yaitu *Penium sp*, dan *Meugeotia sp* (Gambar 2). IN yang diperoleh dari rasio antar kelompok jenis fitoplankton tersebut adalah 7,7. Berdasarkan klasifikasi status trofik oleh Nygaard (1949) menjelaskan bahwa tingkat kesuburan perairan Danau Waren berada pada status eutrofik. Status eutrofik di Danau *Hias Gold Coast* PIK juga tergambarkan dari nilai IN yang tinggi yaitu berkisar 9 – 21 (Widigdo et al., 2020). Status eutrofik di perairan Danau Lido ditentukan dengan beberapa pendekatan, yang salah satunya adalah indeks Nygaard (IN) dengan skor 8 untuk wilayah non-KJA dan 8,5 pada wilayah KJA (Pratiwi et al., 2013).

Status eutrofik pada Danau Waren juga dapat dilihat dari melimpahnya jenis fitoplankton dari kelompok Cyanophyceae yang banyak ditemukan diberbagai perairan tawar lainnya seperti Danau Maninjau (Sulastri et al., 2023), Danau Vellayani (PriyaGopinath & K.G, 2015), beberapa sungai di Jakarta (Rahayu, 2017), Danau Washington (McGovern, 2006), serta beberapa danau di Jepang (Fujimoto et al., 1995). Cyanophyceae memiliki kemampuan efisiensi yang baik dalam memanfaatkan unsur hara terutama fosfor. Selain itu, kelompok ini memiliki kemampuan untuk mengikat unsur nitrogen di atmosfer sehingga mampu berkompetisi dengan kelompok lain, walau berada di perairan rendah nitrogen tetapi tinggi kandungan fosfor (Gallon et al., 1991). Kemampuannya dalam membentuk koloni yang besar memungkinkan untuk menambah daya apung berupa vesikel gas (*buoyancy*) yang lebih luas sehingga dapat menangkap cahaya matahari lebih baik dan meningkatkan produksi fotosintesis hampir tiga kali lipat (Walsby et al., 1997).

Indeks Pencemaran Palmer (IP)

Kemampuan fitoplankton dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan yang disebabkan oleh masukan bahan organik ke badan air menghasilkan batasan toleransi yang berbeda-beda. Pendekatan inilah yang menjadi dasar penentuan formula Indeks Palmer (IP) yang dikembangkan oleh Palmer (1969). Dari 20 genera yang dikelompokkan dalam penentuan IP, Danau Waren terdeteksi terdapat 5 genera dengan total skor 15 (Tabel 3).

Tabel 3. Skor toleransi genus fitoplankton yang terdapat di Danau Waren terhadap masukan bahan organik (Palmer, 1969)

Genus	Skor
<i>Closterium</i>	1
<i>Nitzschia</i>	3
<i>Oscillatoria</i>	5
<i>Scenedesmus</i>	4
<i>Synedra</i>	2

Perairan Danau Duhoq menunjukkan kondisi pencemaran bahan organik yang jauh lebih tinggi dengan skor IP mencapai 37 dan menjelaskan bahwa perairan sangat tercemar bahan organik dan diikuti dengan status eutrofik yang terindikasi dengan skor

Indeks Nygaard 5,7 (Toma, 2019). Indeks Nygaard yang menjelaskan status eutrofik pada Danau Museum memiliki skor Indeks Palmer sama tinggi, yaitu 37 (Ajayan & Kumar, 2017). Skor pencemaran bahan organik Palmer di perairan Waduk Nasarawa menunjukkan nilai yang juga tinggi, yaitu 25 yang berarti bahwa perairan tersebut tercemar bahan organik tinggi (Yusuf, 2020). Terjadinya pencemaran bahan organik dalam badan air sangat berkaitan dengan terjadinya pengayaan unsur hara N dan P (Utami & Ivan's, 2022) sebagai hasil penguraian bakteri baik secara aerob atau an-aerob (Utami, 2016) yang kemudian akan diikuti dengan peningkatan kelimpahan fitoplankton jenis tertentu (Wei et al., 2023).

Kualitas Air

Secara umum kondisi kualitas air Danau Waren berada dalam kisaran yang baik dan dibawah kisaran baku mutu bagi pertumbuhan plankton dan biota akuatik lainnya (Tabel 4).

Tabel 4. Kualitas air Danau Waren

Parameter	Satuan	Nilai	SNI 7550:2009
Suhu	°C	30 - 32	25 - 32
pH	-	8,2 – 8,6	6,5 – 8,5
Kecerahan	cm	80 – 130	30 - 40
DO	mg/L	4 – 6,5	≥3

Temperatur atau suhu suatu perairan memiliki peranan penting dalam keseimbangan ekosistem air, khususnya yang berkaitan dengan kelimpahan plankton, tingkat kesuburan, dan kontaminasi bahan organik. Suhu berpengaruh dalam pembentukan lapisan air (stratifikasi), yang selanjutnya berdampak pada penyebaran oksigen dan proses pengadukan dalam kolom air (Utami et al., 2016). Faktor-faktor ini sangat penting untuk kelangsungan hidup plankton yang merupakan komponen utama dalam rantai makanan akuatik dan pendukung terbentuknya keanekaragaman hayati dalam ekosistem (Hamuna et al., 2018).

Aktivitas metabolisme dan pertumbuhan plankton dipengaruhi oleh laju reaksi biokimia yang memiliki kecenderungan peningkatan pada suhu hingga 38°C (Brauer, 2015). Perairan dengan suhu diatas 27°C akan meningkatkan kelimpahan plankton 2-14 kali dan dapat menyebabkan terjadinya *blooming* fitoplankton dari kelompok cyanopyceae yang selanjutnya akan diikuti dengan penurunan kualitas air (Kopylov et al., 2020). Penjelasan serupa juga disampaikan oleh Aristarkhova (2013) dalam kajiannya bahwa suhu sangat berperan dalam pergerakan aliran unsur hara yang masuk ke dalam kolom air dan memicu penyebaran dan peningkatan pertumbuhan fitoplankton yang berpeluang menyebabkan terjadinya *blooming*. Beberapa penjelasan ini menegaskan bahwa terjadinya kelimpahan fitoplankton dari kelompok cyanophyceae di perairan Danau Waren dapat disebabkan oleh kisaran suhu yang cenderung tinggi (Tabel 4) dan didukung

oleh adanya masukan bahan organik (IP = 15) serta terbentuknya status eutrofik pada perairan tersebut.

Selain suhu, faktor lain yang menyebabkan terjadinya pertumbuhan kelimpahan fitoplankton di Danau Waren adalah kecerahan air yang tinggi (Tabel 4), sehingga memungkinkan paparan sinar matahari cukup baik dalam mendukung proses fotosintesis (Buchanan, 2020). Cahaya matahari masuk ke kolom perairan akan mengalami penurunan intensitas seiring dengan bertambahnya kedalaman, dikarenakan adanya penyerapan energi oleh air dan materi bahan organik terlarut atau pun partikel lain yang tercampur didalam perairan tersebut. Selain itu, energi matahari yang masuk kedalam kolom air juga akan diserap oleh komunitas fitoplankton untuk dimanfaatkan didalam proses fotosintesis (Brauer, 2015).

Cemaran bahan organik ke badan perairan akan meningkatkan ketersediaan unsur hara dan toksisitas yang berpengaruh pada pH perairan. Perairan dengan pH 6,5 – 8,5 merupakan kisaran pH yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton (Wetzel, 2001). Kajian yang dilakukan oleh Hinga (1992) menjelaskan bahwa pertumbuhan fitoplankton kelompok dinoflagelata akan memiliki laju pertumbuhan yang meningkat di perairan dengan pH diatas 8,5 dan memicu terjadinya *blooming*. Perairan danau memiliki pergerakan air yang relatif tenang sehingga proses dekomposisi cemaran atau polutan bahan organik akan meningkatkan produksi CO₂ dan menyebabkan terjadinya penurunan pH (Hansen & Koroleff, 2007). Kisaran pH di Danau Waren masih berada pada nilai yang baik sehingga menggambarkan cemaran bahan organik yang masuk masih dapat di toleransi oleh keseimbangan ekologis.

Dekomposisi bahan organik secara aerobik akan menurunkan ketersediaan oksigen terlarut yang akan berpengaruh pada kehidupan biota akuatik. Rendahnya kandungan oksigen terlarut dapat meningkatkan stress ikan dan penurunan fungsi fisiologis tubuh (Said et al., 2024). Hasil dekomposisi bahan organik secara aerobik menyebabkan pengayaan unsur hara (eutrofikasi) dan memicu terjadinya peningkatan pertumbuhan fitoplankton. Sedangkan dekomposisi secara an-aerobik akan menghasilkan beberapa senyawa toksik, diantaranya adalah gas NH₃ dan H₂S (Utami, 2016).

4 Kesimpulan

Perairan Danau Waren secara umum memiliki status kesuburan eutrofik ringan yang digambarkan dari nilai Indeks Nygaard (7,7) dan Indeks Pencemaran Palmer terkait terdeteksinya polutan bahan organik (15). Sedangkan berdasarkan kelimpahan plankton, maka perairan Danau Waren tergolong perairan dengan status mesotrofik (fitoplankton $14,7 \times 10^3$ dan zooplankton $8,9 \times 10^3$ sel/L). Ekosistem perairan berada dalam kondisi stabil dan memiliki kemampuan resiliensi yang baik, dengan tidak adanya dominansi dari jenis plankton tertentu yang terdeskripsikan dari indeks keanekaragaman (H') dengan

skor sedang (fitoplankton 1,7096 – 2,3044; zooplankton 0,8587 – 1,6406), indeks keseragaman (E) tinggi (fitoplankton 0,9006 – 0,9610; zooplankton 0,7156 – 1,0194), dan indeks dominansi (C) yang rendah (fitoplankton 0,1070 – 0,2039; zooplankton 0,2093 – 0,4793).

Studi lanjutan diharapkan dapat dilakukan terkait dengan pengukuran parameter kimia air seperti kadar nitrogen (N), fosfor (P), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Matter* (TOM), *Total Dissolved Solids* (TDS), klorofil-a (Chl-a) serta indikator kimia lainnya. Kajian terkait kualitas air dapat dikembangkan untuk menduga daya dukung (*carrying capacity*) Danau Waren untuk pengembangan kegiatan perikanan budi daya. Evaluasi komponen-komponen ini akan memungkinkan penilaian status kesuburan perairan yang lebih mendalam untuk pengelolaan perikanan yang lebih baik dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Ah, G., & 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, 71–84. <https://doi.org/10.5897/IJBC2013.0597>.
- Ajayan, A. P., & Kumar, K. G. A. (2017). Phytoplankton as biomonitors: A study of Museum Lake in Government Botanical Garden and Museum, Thiruvananthapuram, Kerala India. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 22, 1–13. <https://doi.org/10.1111/lre.12199>
- APHA. (2012). *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water. Second Edition*. (2nd ed.).
- Aristarkhova, E. A. (2013). Problem of ecological safety of aquatic environment in conditions of anthropogenic eutrophication. *Technology Organic and Inorganic Substances*, 5(4). <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.18276>
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish Second Edition* (2nd ed.). U.S. Environmental Protection Agency.
- Bellinger, E. G., & Sigee, D. C. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Brauer, V. . (2015). *Growth and functioning of the microbial plankton community: effects of temperature, nutrients and light*.
- Buchanan, C. (2020). A Water Quality Binning Method to Infer Phytoplankton Community Structure and Function. *Estuaries and Coasts*, 43, 661–667. <https://doi.org/10.1007/s12237-020-00714-3>.
- Desmawati, I., Ameivia, A., & Ardayanti, L. B. (2020). Studi Pendahuluan Kelimpahan Plankton di Perairan Darat Surabaya dan Malang. *Journal of Science and Technology*, 13(1), 61–66. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i1.5918>
- Fujimoto, N., Fukushima, T., Inamori, Y., & Sudo, R. (1995). Analytical Evaluation of Relationship between Dominance of Cyanobacteria and Aquatic Environmental Factors in Japanese Lakes. *Journal of Japan Society on Water Environment*, 18,

- 901–908. <https://doi.org/10.2965/JSWE.18.901>
- Gallon, J., Hashem, M. A., & Chaplin, A. E. (1991). Nitrogen fixation by *Oscillatoria* spp. under autotrophic and photoheterotrophic conditions. *Microbiology*, 133(1). <https://doi.org/10.1099/00221287-137-1-31>
- Goldman, C. R., & Horne, A. J. (1994). *Limnology*. Mc. Graw Hill Book Co.
- Hamuna, B., Tanjung, R., Suwito, S., Maury, H., & Alianto, A. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>
- Hansen, H. . P., & Koroleff, F. (2007). Determination of nutrients. In *Methods of Seawater Analysis* (pp. 159–228).
- Hinga, K. R. (1992). Co-occurrence of dinoflagellate blooms and high pH in marine enclosures. *Marine Ecology Progress Series*, 86, 181–187. <https://doi.org/10.3354/MEPS086181>
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (1986). *Kunci identifikasi zooplankton*. UI Press.
- Kopylov, A. I., Lazareva, V. I., Mineeva, N. M., & Zabolotkina, E. A. (2020). Planktonic Community of a Large Eutrophic Reservoir during a Period of Anomalously High Water Temperature. *Russian Academy of Sciences*, 13(3), 339–348. <https://doi.org/10.1134/S1995082920030086>
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology*. Benjamin Cummings.
- Lampert, W., & Sommer, U. (2007). *Limnology: The Ecology of Lakes and Streams* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Landner, C. E. (1978). *Eutrophication of lakes. Analysis Water and Air Pollution Research Laboratory Stockholm*.
- McGovern, T. (2006). Lake Water Quality Model with Focus on Cyanobacteria. *WEFTEC*, 6, 3910–3942. <https://doi.org/10.2175/193864706783751348>
- Nöges, T., Anneville, O., Guillard, J., Haberman, J., Järvalt, A., Manca, M., Morabito, G., Rogora, M., Thackeray, S. J., Volta, P., Winfield, I. J., & Nöges, P. (2018). Fisheries impacts on lake ecosystem structure in the context of a changing climate and trophic state. *J. Limnol*, 77(1), 46–61. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2017.1640>
- Nygaard, G. (1949). *Hydrobiological Studies on Some Danish Ponds and Lakes. Part II: The Quotient Hypothesis and Some New or Little Known Phytoplankton Organism*. Bianco Lunos Bogtrykkeri.
- Odum, P. E. (1993). *Dasar-dasar ekologi*. Gadjah Mada University Press.
- Palmer, C. M. (1969). A Composite Rating of Algae Tolerating Organic Pollution. *J. Phycol.*, 5, 78–82.
- Pratiwi, N. T., Hariyadi, S., Ayu, I. P., Iswantari, A., & Amalia, F. J. (2013). Komposisi Fitoplanton dan Status Kesuburan Perairan Danau Lido, Bogor-Jawa Barat Melalui Beberapa Pendekatan. *Biologi Indonesia*, 9(1), 111–120. <https://doi.org/10.14203/JBI.V9i1.152>
- Prescott, G. W. (1970). *The Fresh Water Algae*. WMC Brown Company Publisher.
- Prihantini, N., Wardhana, W., Hendrayanti, D., Widyawan, A., Ariyani, Y., & Rianto, R. (2008). Biodiversitas Cyanobacteria Dari Beberapa Situ/Danau Di Kawasan Jakarta-Depok-Bogor, Indonesia. *Makara Journal of Science*, 12(1), 44–54. <https://doi.org/10.7454/MSS.V12i1.309>
- PriyaGopinath, T., & K.G, A. K. (2015). Micro Algal Diversity Of The Fresh Water Lake In

Thiruvananthapuram District, Kerala. *The International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*.

Rahayu, S. M. (2017). *Struktur Komunitas Fitoplankton Di Sungai-Sungai Yang Bermuara Di Teluk Jakarta*. IPB.

Reynolds, C. S. (2006). *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.

Said, M. D. F. A., Kasim, M., & Salwiyah, S. (2024). Study of phytoplankton as bioindicators of organic matter pollution levels in the estuary of Kendari Bay waters. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 10(1), 10–17. <https://doi.org/10.20956/jiks.v10i1.27330>

Sano, M., Makabe, R., Matsuda, R., Kurosawa, N., & Moteki, M. (2022). Effectiveness of Lugol's iodine solution for long-term preservation of zooplankton samples for molecular analysis. *Plankton and Benthos Research*, 17(4), 349–357. <https://doi.org/10.3800/pbr.17.349>

Sinambela, M., Simangunsong, M., & Harahap, A. (2023). Conditions Of Phytoplankton Community Structure InLake Toba Ajibata, Toba Samosir Regency. *International Journal of Science and Environment*, 3(2), 66–70. <https://doi.org/10.51601/ijse.v3i2.68>

Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1–3), 179–196.

Sugianti, Y., Anwar, M. R., & Krismono, K. (2015). Karakteristik Komunitas Dan Kelimpahan Fitoplankton Di Danau Talaga, Sulawesi Tengah. *Limnotek*, 22, 86–95.

Sulastri, C., Henny, S., Nomosatryo, Susanti, E., & Sulawesty, F. (2023). Monitoring planktonic cyanobacteria in Lake Maninjau, West Sumatra, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1260. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1260/1/012018>

Tian, W., Zhang, H., Zhao, L., Zhang, F., & Huang, H. (2016). Phytoplankton Diversity Effects on Community Biomass and Stability along Nutrient Gradients in a Eutrophic Lake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/IJERPH14010095>

Toma, J. J. (2019). Algae as indicator to assess trophic status in Duhok Lake, Kurdistan region of Iraq. *Journal of University of Garmian*. <https://doi.org/10.24271/garmian.scpas12>

Utami, E. S. (2016). *Vertical Distribution Of Temperature And Dissolved Oxygen Related To Floating Cage Activitiy In Cirata Reservoir, West Java*. IPB.

Utami, E. S., Hariyadi, S., Effendi, H., Kamal, M. M., & Bengtson, D. A. (2016). Vertical Temperature and Dissolved Oxygen Distribution Related to Floating Cage Activity in Cirata Reservoir, West Java. *ASIAN-PACIFIC AQUACULTURE 2016*.

Utami, E. S., & Ivan's, E. (2022). Analisis unsur hara N dan P serta tingkat kemiripan antar Lokasi KJA dan Non KJA di Perairan Waduk Cirata, Jawa Barat. *Open Science and Technology*, 2(1), 33–40.

Walsby, A. E., Hayes, P. K., Boje, R., & Stal, L. J. (1997). The selective advantage of buoyancy provided by gas vesicles for planktonic cyanobacteria in the Baltic Sea. *New Phytologist*, 136(3), 407–417. <https://doi.org/10.1046/J.1469-8137.1997.00754.X>

Wei, Y., Ding, D., Gu, T., Xu, Y., Sun, X., Qu, K., Sun, J., & Cui, Z. (2023). Ocean acidification and warming significantly affect coastal eutrophication and organic pollution: A case study in the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 186.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114380>

- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press.
- Widigdo, B., Pratiwi, N. T., Ayu, I. P., & Fitriani, A. (2020). Diversitas Komunitas Fitoplankton di Danau Hias Gold Coast, Pantai Indah Kapuk-Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 4(2), 59–65.
- Yusuf, Z. H. (2020). Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3319>
- Zarauz, L., & Irigoien, X. (2008). Effects of Lugol's fixation on the size structure of natural nano-microplankton samples, analyzed by means of an automatic counting method. *Journal of Plankton Research (Oxford University Press)*, 30(11). <https://doi.org/10.1093/PLANKT/FBN084>