



## Status Trofik dan Keanekaragaman *Fitoplankton* pada Dua Musim di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali

Nachua Mauli Devi<sup>1</sup>, Alif Noor Anna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program studi geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta

e-mail: [nachuadevi@gmail.com](mailto:nachuadevi@gmail.com)

**ABSTRAK.** Kualitas air danau dapat tercemar akibat tingginya sumber *Nutrien* dan tinggi pertumbuhan alga seperti *Fitoplankton* secara signifikan. Waduk Cengklik dimanfaatkan untuk aktivitas domestik, saluran irigasi, dan budidaya perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status trofik, kelimpahan *Fitoplankton*, dan faktor pembatas pertumbuhan *Fitoplankton* selama dua musim di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif, yang melibatkan 3 parameter yaitu *Fitoplankton*, klorofil-a, dan *Nutrien*. Data *Fitoplankton* diperoleh dari hasil identifikasi jenis dan kelimpahannya, sedangkan untuk data klorofil-a dan *Nutrient* diperoleh dari hasil pembacaan nilai absorbansi dari masing-masing sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada 8 titik dengan 2 musim yang berbeda. Analisis hubungan TN-TP dan *Fitoplankton* cukup erat dengan nilai regresi ( $R^2$ ) tertinggi pada bulan Juli 2024 hanya mencapai 57,11%, dan menurun drastis pada bulan Mei 2025 yang hanya mencapai 2,97%. Pada bulan Juli 2024 nilai TSI mencapai 60,05 (eutrofik sedang) dengan nilai konsentrasi *Nutrien* tertinggi berada pada titik 1, konsentrasi nitrat yang mencapai 6,76 mg N/L, total fosfor 0,26 mg P/L, klorofil-a 16,64 mg/m<sup>3</sup>, dan nilai kedalaman secchi-disk sebesar 0,33 m. Nilai TSI menurun pada bulan Mei 2025 sebesar 50,78 (eutrofik rendah) dengan nilai konsentrasi *Nutrien* tertinggi berada pada titik 5, konsentrasi total nitrogen yang mencapai 1,69 mg N/L, total fosfor <0,027 mg P/L, klorofil-a 2,60 mg/m<sup>3</sup>, dan nilai kedalaman secci-disk sebesar 1,69 m. *Fitoplankton* di Waduk Cengklik didominasi oleh jenis kelompok (filum) *Chlorophyta*.

**Kata kunci:** Status Trofik, *Fitoplankton*, *Nutrien*, TSI

### PENDAHULUAN

Aktivitas manusia dapat mempengaruhi kualitas air di lingkungan sekitar, salah satunya kualitas air danau. Peningkatan aktivitas seperti adanya Keramba Jaring Apung (KJA), penggunaan lokasi menjadi tempat wisata, aktivitas pertanian di sekitar wilayah, dan pembuangan limbah domestik dapat berpotensi mencemari kualitas air danau terutama pada pencemaran *Nutrien* (Maulana *et al.*, 2024). Kualitas air dapat tercemar karena tingginya masukan *Nutrien* dan tingginya pertumbuhan alga, sehingga terjadinya eutrofikasi. Suhartini *et al* (2021) menyebutkan indikasi eutrofikasi dapat diindikasikan secara biologi, kimia, dan fisik. Salah satu bioindikator dalam mengindikasikan terjadinya eutrofikasi suatu perairan adalah *Fitoplankton*. Pertumbuhan *Fitoplankton* yang sangat tinggi dapat menjadi salah satu indikator dalam menentukan keadaan stasiun penelitian yang subur.

Eutrofikasi umumnya terjadi di kawasan air yang tenang seperti danau ataupun waduk. Waduk Cengklik merupakan salah satu waduk yang terletak di antara dua desa, yaitu Sobokerto dan Ngargorejo. Waduk Cengklik sangat umum dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan dan sebagian juga dimanfaatkan untuk pariwisata. Selain itu, Waduk Cengklik juga sering dimanfaatkan sebagai kontrol sumber air dan banjir terutama untuk wilayah pemukiman sekitar terutama pada saat curah hujan dengan intensitas yang tinggi dan sarana irigasi bagi pertanian sekitar waduk digunakan sebagai kontrol untuk masuknya air ke sistem pertanian masyarakat sekitar (Roziaty *et al.*, 2018).

Peningkatan beban pencemaran *Nutrien* dapat menyebabkan air menjadi subur. Air yang subur dapat menjadi sumber *Nutrien* bagi *Fitoplankton*. Peningkatan *Fitoplankton* dapat menjadi sumber

produksi primer yang umumnya dimanfaatkan oleh organisme perairan heterotrof sebagai makanan. Fanni dan Shaleh (2021) menyebutkan bahwa kondisi air yang terlalu subur dapat memicu pertumbuhan mikroalga (*Fitoplankton*) yang akan melebihi batas normal. Pertumbuhan *Fitoplankton* yang berlebihan dapat menurunkan oksigen terlarut dalam air dan penetrasi cahaya sebagai sumber energi untuk *Fitoplankton* berfotosintesis di perairan. Penurunan oksigen terlarut disebabkan oleh tingginya konsumsi oksigen (terutama dekomposer) untuk mengurai bahan organik, sehingga suasana perairan berpotensi menjadi anaerob. Ketika suasana anaerob, berpotensi terjadinya perubahan sifat air akibat racun yang dihasilkan dari sisa-sisa alga yang mati. Kondisi tersebut disebabkan oleh fenomena yang dikenal sebagai *algae blooming* yang berpotensi merugikan biota perairan waduk.

Pencemaran danau atau waduk berasal dari dua sumber, yaitu autochthonous (dalam) dan allochthonous (luar). Sumber autochthonous berasal dari produk reaksi dekomposisi bahan organik danau menjadi *Nutrien*. Proses dekomposisi tersebut dapat menyumbang molekul toksik bagi perairan (Wahyuningsih et al., 2020). Sumber allochthonous berasal dari material yang terbawa dari sungai, seperti hasil erosi, suspensi, atau sedimen.

Penelitian keragaman *Fitoplankton* di Waduk Cengklik sebelumnya dilakukan oleh Roziaty et al. (2018) dan Pradana et al. (2024) yang membahas tentang keanekaragaman *Fitoplankton*, akan tetapi tidak membahas tentang *Nutrien*, faktor pembatas, dan status trofik perairan Waduk Cengklik. Selain itu, data terkait keanekaragaman *Fitoplankton* sebaiknya diperbarui agar dapat melengkapi data penelitian sebelumnya dan melihat tren populasi *Fitoplankton*. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi status trofik dan keanekaragaman *Fitoplankton* di Waduk Cengklik.

Waduk Cengklik umum digunakan untuk pengelolaan Keramba Jaring Apung (KJA), saluran irigasi, wisata, pertanian, limbah domestik. Aktivitas tersebut menjadi sumber *Nutrien* untuk produsen seperti alga (*Fitoplankton*). Sumber *Nutrien* yang tinggi menyebabkan terjadinya eutrofikasi di waduk, sehingga jumlah produksi primer tinggi. Semakin tinggi jumlah produksi primer jika tidak diantisipasi dengan pembatasan, maka dekomposisi detritus semakin tinggi, sehingga menyebabkan rendahnya oksigen terlarut dalam air. Pada suasana anaerob dan kondisi anoksik, proses oksidasi akan semakin rendah, sehingga menyebabkan beberapa senyawa toksik dan pertumbuhan cyanobacteria yang beracun (harmful microalgae blooms – HABs). Penentuan kondisi perairan melalui status trofik serta pengamatan keanekaragaman *Fitoplankton* perlu dilakukan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Roziaty et al., (2018) dan Pradana et al., (2023) memiliki persamaan membahas mengenai keanekaragaman *Fitoplankton* di Waduk Cengklik, Boyolali. Hingga saat ini penelitian mengenai faktor pembatas dan status trofik belum dikaji, sehingga penelitian ini dapat berguna dalam melengkapi informasi mengenai Status Trofik dan Keanekaragaman *Fitoplankton*. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis status trofik perairan di Waduk Cengklik, dan Mengidentifikasi keragaman *Fitoplankton* yang terdapat di Waduk Cengklik.

## METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah survei dan eksperimen laboratorium. Survei dilakukan terhadap kualitas air dalam hal ini berupa *Nutrien* dan keanekaragaman *Fitoplankton*. Eksperimen dilakukan terhadap pengamatan *Fitoplankton* dan pengujian kualitas air dengan parameter PO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> dan Klorofil-a. Penelitian dilakukan selama 12 bulan dimulai dari bulan Juli 2024 hingga bulan Juni tahun 2025 di dua musim yang berbeda. Penelitian dilaksanakan di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali dan Laboratorium Hidrologi, Kualitas Air dan Udara, Divisi Laboratorium Lingkungan, Fakultas Geografi UMS.

## Teknik Sampling

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *stratified-purposive*. Stratified ditentukan berdasarkan kedalaman air (peta batimetri). Penentuan kedalaman air diambil sebanyak 6 kelas kedalaman (Meng et al., 2025). *Purposive* ditentukan berdasarkan daerah terganggu dan tidak

terganggu, sedangkan *stratified* menentukan 1 titik di setiap kedalaman. Jumlah sampel secara keseluruhan sebanyak 8 titik. Sampel diambil berdasarkan ke dalaman diambil sebanyak 6 titik, berdasarkan daerah terganggu dan tidak terganggu diambil sebanyak 2 titik. Setiap titik dianalisis kandungan *Nutrien* air ( $PO_4$ ,  $NH_3$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ , dan Klorofil-a).

### Teknik Pengumpulan Data

*Nutrien* diuji menggunakan metode spektrofotometri dengan parameter  $PO_4$  (Fosfat),  $NO_2$  (Nitrit),  $NO_3$  (Nitrat), dan  $NH_3$  (Amonia), plankton diuji dari kelimpahan dan keanekaragaman. Keanekaragaman plankton diidentifikasi berdasarkan acuan Bellinger dan Sige (2010).

### Teknik Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif. Metode kuantitatif dalam penelitian ini melibatkan empat bagian sub bab, yaitu *Fitoplankton*, klorofil-a, *Nutrien*, status trofik, dan faktor pembatas.

#### 1. *Fitoplankton*

Analisis data *Fitoplankton* meliputi kelimpahan *Fitoplankton* mengacu dari APHA 10200-F (2017). Jenis plankton yang telah diidentifikasi kemudian dicatat jumlahnya.

$$\text{No./mL} = (C \times 1000 \text{ mm}^3) / (L \times D \times W \times S) \quad (1)$$

Keterangan :

C = Angka organisme terkumpul

L = Panjang kotak yang dianalisis (mm)

D = ke dalaman kotak yang dianalisis (mm)

W = Lebar Kotak dalam S-R (mm)

S = Angka kotak yang terhitung dalam plankton.

Jumlah plankton yang terhitung harus dengan ketentuan perhitungan rumus untuk alga yang berfilamen dilakukan secara terpisah.

#### 2. Klorofil-a

Analisis data klorofil-a dihitung berdasarkan rumus dari APHA 10200-H (2017)

$$C_a = 11,85 (\text{absorbansi } 664) - 1,54 (\text{absorbansi } 647) - 0,08 (\text{absorbansi } 630) \quad (2)$$

Setelah menghitung  $C_a$ , jumlah klorofil-a dihitung per satuan volume,

$$\text{Klorofil - a (mg/m}^3\text{)} = \frac{C_a \times \text{Volume Ekstrak (mL)}}{\text{Volume Sampel (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

Keterangan:

$C_a$  = Konsentrasi dari Klorofil-a

#### 3. *Nutrien*

Analisis data *Nutrien* untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran air di waduk yang meliputi Fosfat ( $PO_4$ ), Amonia ( $NH_3$ ), Nitrat ( $NO_3$ ), dan Nitrit ( $NO_2$ ). Prosedur uji tersebut menggunakan metode spektrofotometri, oleh sebab itu langkah pertama dalam penentuan spektrofotometri adalah kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi dihitung berdasarkan persamaan regresi linier sederhana dan linieritas persamaan dilihat dari nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ).

$$Y = ax + b \quad (4)$$

$$a = \frac{n \sum x \sum y}{\sum (x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad (5)$$

$$b = \bar{Y} - a\bar{x} \quad (6)$$

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (7)$$

$$R^2 = r^2 \quad (8)$$

Keterangan:

r = Koefisien Regresi

R = Koefisien Determenasi

### 3.1 Fosfat (PO<sub>4</sub>)

Kadar Fosfat (PO<sub>4</sub>) dihitung berdasarkan rumus SNI 06-6989.31 (2021).

$$\text{Kadar Fosfat (mg P/L)} = C \times fp \quad (9)$$

Keterangan:

C = Kadar yang didapatkan dari hasil pengukuran (mg/L)

Fp = Faktor pengenceran

### 3.2 Amonia (NH<sub>3</sub>)

Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) dihitung yang merujuk dari SNI 06-6989.30 (2005)

$$\text{Kadar Amonia (mg P/L)} = C \times fp \quad (10)$$

Keterangan:

C = Kadar yang didapatkan dari hasil pengukuran (mg N/L)

Fp = Faktor pengenceran

### 3.3 Nitrat (NO<sub>3</sub>)

Kadar Nitrat (NO<sub>3</sub>) dihitung berdasarkan rumus APHA 4500-NO<sub>3</sub> (2017).

$$SD = I + C \times S \quad (11)$$

Keterangan:

SD (Maksimum Second-Derivative) = Turunan kedua kuadrat maximum

I = Intercept

C = Konsentrasi

S = Slope

### 3.4 Nitrit (NO<sub>2</sub>)

Kadar Nitrit (NO<sub>2</sub>) dihitung berdasarkan rumus SNI 06-6989.9 (2004).

$$\text{Kadar Nitrit (mg N/L)} = \frac{Y - b}{a} \quad (12)$$

Keterangan:

Y = Absorbansi sampel

b = Intercept

a = Slope

## 4. Status Trofik

Status trofik ditentukan dari indeks trofik. Indeks trofik yang digunakan adalah *Trophic State Index* (TSI) (Carlson, 1977).

$$TSI(SD) = 10 \left( 6 - \frac{\ln(SD)}{\ln 2} \right) \quad (13)$$

Keterangan:

TSI = *Trophic State Index*

Chl-a = Klorofil-a (mg/L)

SD = Secci-Disk (mg/L)

Hasil hitung *Trophic State Index* (TSI) kemudian diklasifikasikan menjadi 7. Nilai TSI <30 masuk ke dalam kategori Oligotrofik dengan kualitas air yang baik, nilai TSI 30-40 masuk ke dalam kategori oligotrofik dengan kondisi jika kedalaman danau lebih dangkal maka akan menjadi anoksik di musim panas, nilai TSI 40-50 Mesotrofik dengan kondisi air yang cukup jernih tetapi menjadi anoksik jika di musim panas, nilai TSI 50-60 Eutrofik dengan kondisi tingkat transparansi air menurun, nilai TSI 60-70 Eutrofik dengan kondisi perairan yang didominasi oleh alga biru-hijau yang memungkinkan adanya sampah alga, dan tingginya masalah makrofita, nilai

TSI 70-80 Eutrofik dengan kondisi yang memungkinkan terjadinya ledakan alga (*algae blooming*) di musim panas yang seringkali terjadi hipereutrofik, dan nilai TSI >80 Eutrofik dengan kondisi perairan yang tinggi bahan organik dan banyak organisme yang hidup di perairan mati.

### **5. Penentuan Faktor Pembatas Pertumbuhan *Fitoplankton***

Penentuan faktor pembatas *Nutrien* untuk pertumbuhan *Fitoplankton* menggunakan metode analisis statistika, yaitu regresi linier berganda. Penggunaan metode regresi linear berganda difungsikan untuk jumlah sampel yang berukuran kecil, yaitu < 20 (Bissonette, 1999; Kaiser, 2014). Regresi linier berganda memiliki persamaan yaitu:

$$y = b + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + e \quad (14)$$

Keterangan:

y = Variabel Terikat (*Fitoplankton*)

a = Slope

b = Intercept

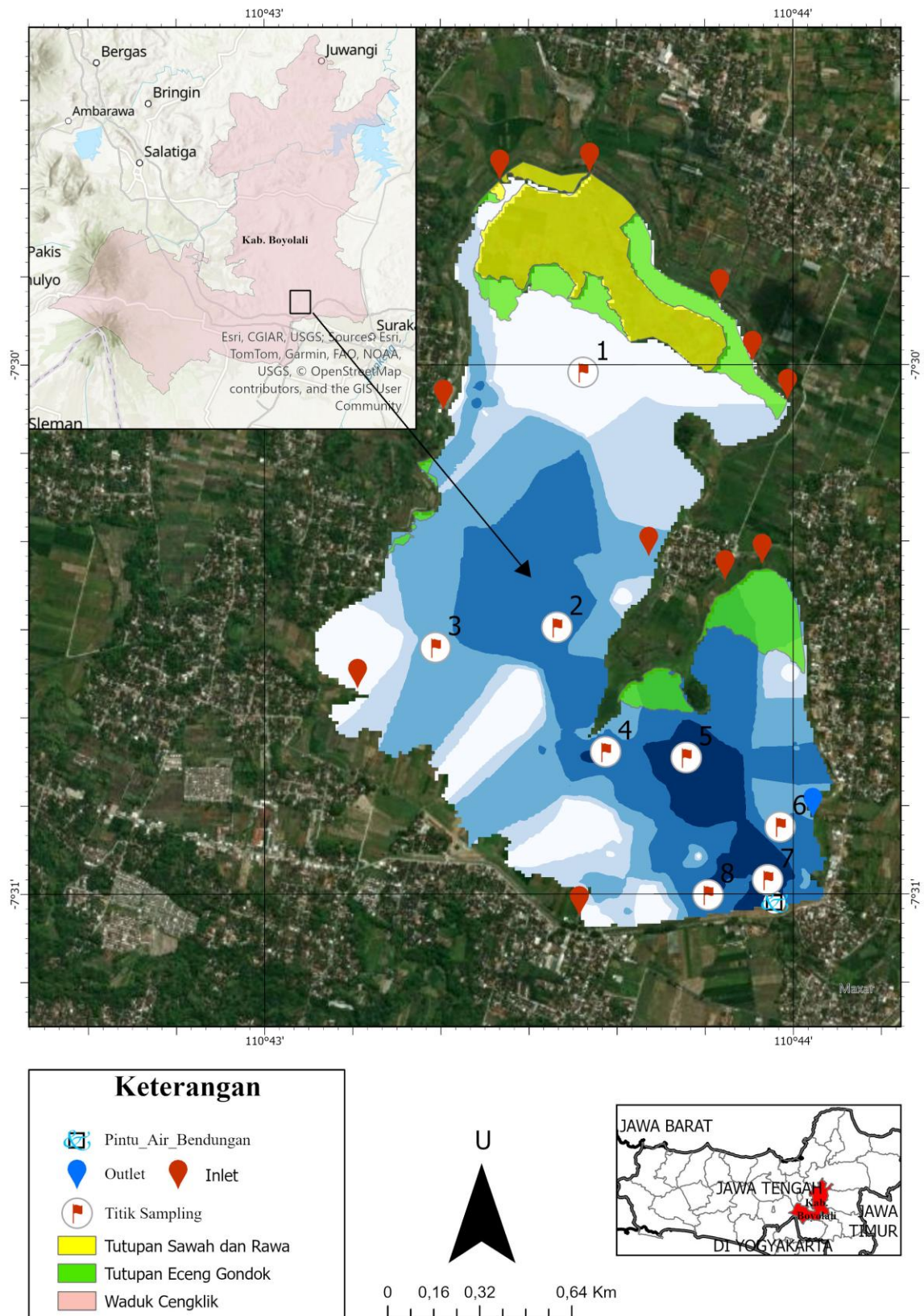
x = Variabel Bebas (*Nutrien*)

e = Variabel Tak Hingga

Penentuan faktor pembatas didasarkan pada nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan nilai probabilitas ( $P\text{-Value} < 0,05$ ). Nilai  $R^2$  yang paling tinggi menunjukkan faktor pembatas pertumbuhan. Analisis regresi dilakukan dalam perangkat lunak minitab.

### **6. Analisis Persebaran *Nutrien***

Hasil analisis *Nutrien* diplotkan ke dalam perangkat lunak pengolah data peta. Plotting kemudian akan diinterpolasi menggunakan teknik inverse distance weighted (IDW).



**Gambar 1.** Peta Persebaran Titik Sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Keanekaragaman dan Kelimpahan *Fitoplankton*

Hasil identifikasi keanekaragaman di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali menunjukkan terdapat 35 jenis, Jenis terbanyak yaitu dari filum *Chlorophyta* sebanyak 18 spesies, kemudian diikuti dengan filum *Bacillariophyta* sebanyak 5 spesies, *Cyanophyta* sebanyak 5 spesies, *Cyanobacteria* sebanyak 4 spesies, *Euglenophyta* sebanyak 1 spesies, dan filum *Chrysophyta* sebanyak 1 spesies.

Jenis *Spirulina* merupakan spesies yang berasal dari filum *Cyanophyta* yang memiliki jumlah spesies terbanyak dan ditemukan pada seluruh titik pengambilan sampel dengan angka tertinggi berada di titik 1 yaitu sebanyak 381 spesies. Jenis *Euglena mutabilis* dari filum *Euglenophyta* dan *Tribonema* dari filum *Chrysophyta* merupakan spesies yang jarang ditemukan dan hanya di beberapa titik dengan jumlah spesies <100 individu/L.

Angka kelimpahan *Fitoplankton* non-filamen tertinggi mencapai 180.000 individu/L pada titik 5 (**Gambar. 2**). Titik 7 adalah stasiun terendah dengan kelimpahan *Fitoplankton* berkisar 36.000 individu/L. Pada kelimpahan *Fitoplankton* yang berfilamen, titik 1 menjadi stasiun terbanyak dengan angka kelimpahan mencapai 292,4 ind/L, sedangkan kelimpahan terendah terdapat pada titik 3 yang berkisar 99,2 ind/L.

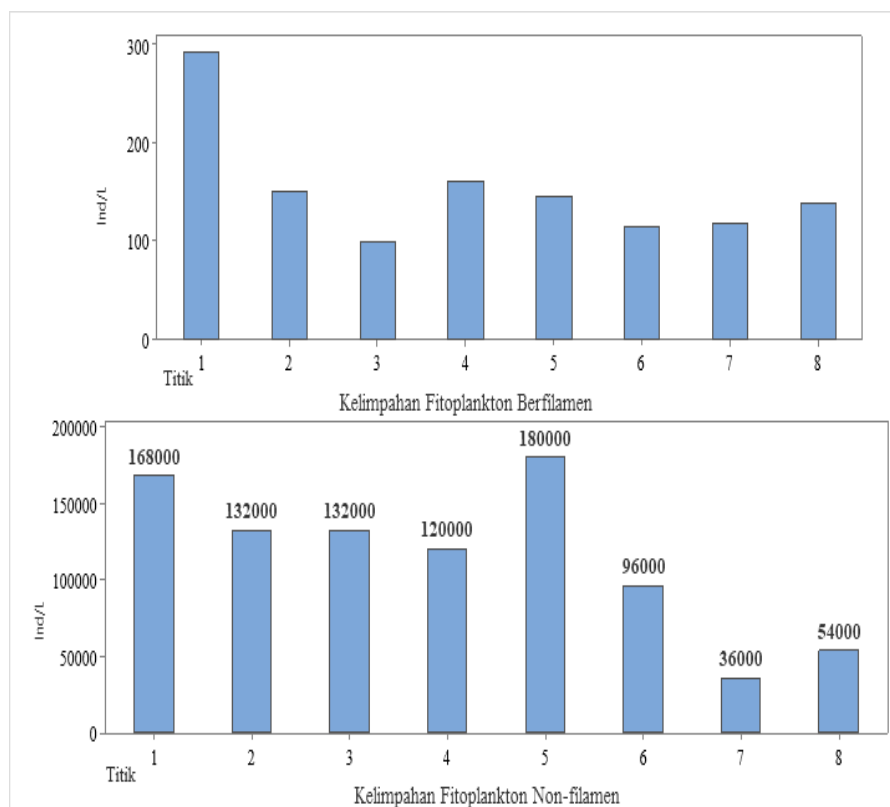
**Tabel 1.** Jenis *Fitoplankton* di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali

| Jenis                         | Titik Sampel |    |    |    |    |   |   |   |
|-------------------------------|--------------|----|----|----|----|---|---|---|
|                               | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 |
| <b><i>Bacillariophyta</i></b> |              |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Tabellaria fenestrata</i>  | *            |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Aulacoseira granulata</i>  | *            | *  |    | *  | *  |   |   | * |
| <i>Chaetoceros</i>            | *            |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Stephanodiscus</i>         |              | *  |    |    |    |   |   |   |
| <i>Synedra</i>                |              |    |    | *  |    |   |   |   |
| <b><i>Cyanobacteria</i></b>   |              |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Synechococcus</i>          | *            |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Anabaena</i>               | **           |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Aphanocapsa</i>            |              |    |    |    | ** | * |   |   |
| <i>Lyngbya</i>                |              |    |    |    |    |   | * |   |
| <b><i>Chlorophyta</i></b>     |              |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Actinastrum</i>            | *            |    |    | *  | *  |   |   |   |
| <i>Staurastrum</i>            | *            | *  | *  |    | *  |   |   | * |
| <i>Scenedesmus dimorphus</i>  | *            |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Coelastrum tetrapedia</i>  | *            |    | *  |    |    |   |   |   |
| <i>Gonium</i>                 | **           |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Haematococcus</i>          | *            | *  | *  |    |    |   | * |   |
| <i>Pediastrum duplex</i>      | *            |    |    |    |    |   |   |   |
| <i>Coelastrum microporum</i>  |              | *  |    |    |    |   |   |   |
| <i>Selenastrum</i>            |              | ** | ** |    |    |   | * |   |
| <i>Eudorina</i>               |              | ** | ** | ** |    |   |   |   |
| <i>Scenedesmus obtusus</i>    |              |    | *  |    |    |   |   |   |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> |              |    |    | *  | *  |   |   |   |

| Jenis                                                                           | Titik Sampel |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                                                 | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| <b>Tabel 1.</b> Jenis <i>Fitoplankton</i> di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali |              |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Monoraphidium</i>                                                            |              |    |    |    | *  |    |    |    |
| <i>Scenedesmus obliquus</i>                                                     |              |    |    |    |    |    | *  |    |
| <i>Chlorella</i>                                                                |              |    |    |    |    |    | ** |    |
| <i>Oocystis</i>                                                                 |              |    |    |    |    |    | ** |    |
| <i>Cosmarium</i>                                                                |              |    |    |    |    |    | *  |    |
| <i>Coelastrum</i>                                                               |              |    |    |    |    |    |    | ** |
| <b>Cyanophyta</b>                                                               |              |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Merismopedia</i>                                                             | **           | *  | *  | ** | *  | *  |    | *  |
| <i>Spirulina</i>                                                                | **           | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| <i>Coelosphaerium</i>                                                           |              | *  |    |    |    |    |    |    |
| <i>Gloeocapsa</i>                                                               |              |    |    | *  |    | *  |    |    |
| <i>Desmidium</i>                                                                |              |    |    |    | *  |    |    |    |
| <b>Euglenophyta</b>                                                             |              |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Euglena mutabilis</i>                                                        |              |    |    | *  |    |    |    |    |
| <b>Chrysophyta</b>                                                              |              |    |    |    |    |    |    |    |
| <i>Tribonema</i>                                                                |              |    | *  |    |    |    |    |    |

Keterangan: \* = <100; \*\* = 100-500 individu/L.

Sumber: Hasil Analisis Data Primer, 2025.



**Gambar 2.** Kelimpahan *Fitoplankton* jenis non-filamen dan berfilamen (Hasil Analisis Data Primer, 2025)

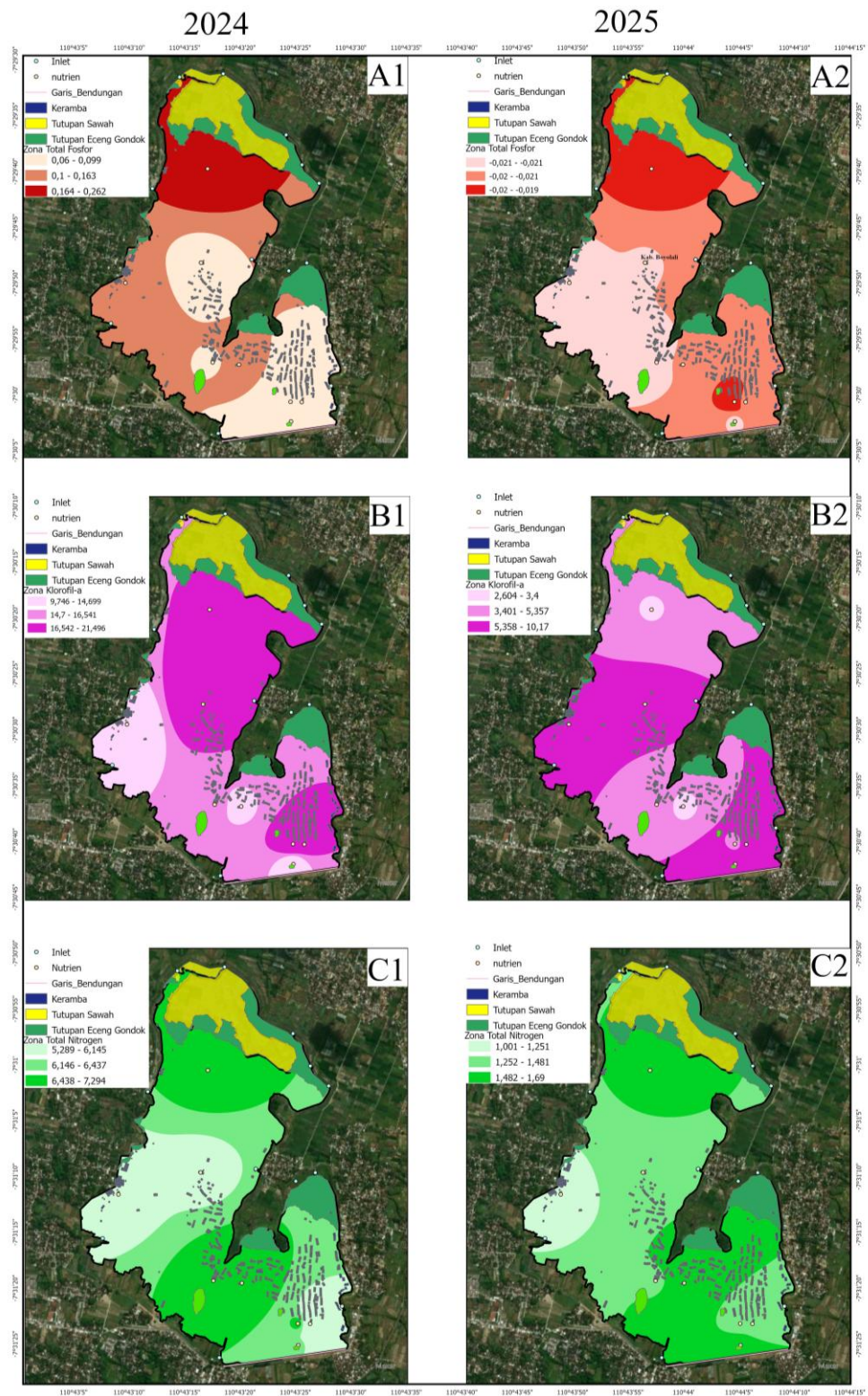
### **Kondisi Kualitas Perairan**

Kondisi kualitas perairan dapat dilihat dari beberapa parameter, yaitu nilai kedalaman SD (Secchi-disk), klorofil-a, total nitrogen, dan total fosfor. Nilai kedalaman secci-disk terendah bulan Juli 2024 pada titik 1 yang berkisar 0,33 m, dan nilai tertinggi pada titik 5 dengan nilai 1,68 m. Nilai secci-disk semakin meningkat pada bulan Mei 2024 dengan nilai tertinggi yang mencapai 1,69 m tepat pada titik 5, dan nilai terendah pada titik 3 dengan kisaran 1,00 m.

Nilai klorofil-a tertinggi pada bulan Juli 2024 tertinggi terdapat di titik 2 yang mencapai 21,496 mg/m<sup>3</sup> dan terendah pada titik 3 dengan nilai kisaran 9,744 mg/m<sup>3</sup>. Pada bulan Mei 2025 konsentrasi klorofil-a semakin menurun dengan nilai tertinggi hanya berkisar 6,509 mg/m<sup>3</sup> pada titik 3, dan nilai terendah terdapat pada titik 5 dengan nilai konsentrasi sebesar 2,602 mg/m<sup>3</sup>.

Konsentrasi total nitrogen pada bulan Juli 2024 dengan nilai tertinggi terdapat pada titik 5 yang mencapai 7,294 mg/L, dan nilai terendah terdapat pada titik 7 yang berkisar 5,286 mg/L. Konsentrasi total nitrogen menurun pada bulan Mei 2025, nilai tertinggi terdapat pada titik 5 yaitu sebesar 1,690 mg/L, dan nilai konsentrasi terendah terdapat pada titik 3 hanya berkisar 1,000 mg/L. Nilai konsentrasi total fosfor tertinggi pada bulan Juli 2024 terdapat pada titik 1 yaitu sebesar 0,2620 mg/L, konsentrasi terendahnya terletak pada titik 7 berkisar 0,0589 mg/L. Pada bulan Mei 2025 mengalami penurunan drastis pada konsentrasi total fosfor tertinggi pada titik 3 dengan nilai kisaran 0,1328 mg/L.

Perbandingan tingkat konsentrasi TN (Total Nitrogen), TP (Total Fosfor), dan klorofil-a dapat dilihat dari peta zonasi persebaran *Nutrient* (**Gambar. 2**). Konsentrasi *Nutrien* pada bulan Juli 2024 lebih tinggi dibandingkan bulan Mei 2024. Tingkat konsentrasi TN (Total Nitrogen), TP (Total Fosfor), dan klorofil-a yang tinggi dominan berada di dekat tutupan eceng gondok, tutupan sawah, dan keramba yang menjadi sumber bahan organik.



**Gambar 3.** Peta Zonasi *Nutrien* di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali

### Hubungan antara TN-TP dan *Fitoplankton*

Hasil analisis hubungan antara TN-TP dan *Fitoplankton* di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali mengacu dari nilai regresi yang berada pada rentang  $0 < R^2 < 1$ , nilai regresi dapat ditentukan dalam bentuk desimal ataupun persen. Nilai regresi yang semakin mendekati 0 maka hubungan *Nutrient* yang sebagai faktor pembatas pertumbuhan *Fitoplankton* semakin tidak erat, sedangkan jika mendekati 1 maka nilai regresi semakin erat. Nilai  $R^2$  pada *Fitoplankton* berfilamen pada bulan Juli 2024 mencapai 57,11% yang berarti nilai konsentrasi *Nutrient* semakin mempengaruhi pertumbuhan *Fitoplankton*. Hal tersebut jika diinterpretasikan dalam persamaan regresi linear pada *Fitoplankton* berfilamen pada bulan Juli 2024 maka dalam setiap kenaikan 1 mg/L Total Nitrogen (TN), menghasilkan 6,9 individu/L *Fitoplankton* berfilamen dan setiap kenaikan 1 mg/L Total Fosfor (TP), menghasilkan 743 individu/L *Fitoplankton* berfilamen. Sedangkan pada bulan Mei 2025 Nilai  $R^2$  pada *Fitoplankton* berfilamen hanya mencapai 2,97% yang berarti nilai konsentrasi *Nutrien* kurang dan hampir tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*. Kemudian pada nilai  $R^2$  *Fitoplankton* non-filamen pada bulan Juli 2024 yang hanya berkisar 38,28%, maka nilai konsentrasi *Nutrien* kurang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*. Sedangkan pada bulan Mei 2025 nilai  $R^2$  tertinggi hanya mencapai 2,97% yang berarti konsentrasi *Nutrien* hampir tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*. Hal tersebut juga terjadi pada klorofil-a dengan nilai  $R^2$  0,00% pada bulan Juli 2024 dan Mei 2025, maka dapat diketahui bahwa konsentrasi *Nutrien* tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*.

Faktor pembatas pertumbuhan mengacu dari nilai P-Value atau nilai probabilitas data tersebut. Nilai akurasi data pada rentang 0 hingga 100% dengan rentang nilai galat 0 hingga 5%. Semakin tinggi nilai galat maka semakin rendah juga tingkat keakuratan data tersebut. Nilai P-Value dapat membuktikan hipotesis  $H_0$  (hipotesis nol) dan  $H_a$  (hipotesis alternatif). Jika nilai P-Value  $> 0,005$  maka nilai  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak dan apabila nilai P-Value  $< 0,005$  maka nilai  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Nilai P-Value pada bulan Juli 2024 dan bulan Mei 2025  $> 0,005$  yang dapat diindikasikan bahwa hubungan antara TN-TP dan *Fitoplankton* tidak signifikan.

**Tabel 2. Hasil analisis hubungan antara TN-TP dan *Fitoplankton* di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali**

| Juli 2024                                        |                |         |       |
|--------------------------------------------------|----------------|---------|-------|
| Hubungan antara TN-TP dan <i>Fitoplankton</i>    | R <sup>2</sup> | P-Value |       |
|                                                  |                | TN      | TP    |
| $24 + 6,9 \text{ TN} + 743 \text{ TP}$           | 57,11%         | 0,8     | 0,034 |
| $-184261 + 42813 \text{ TN} + 259478 \text{ TP}$ | 38,28%         | 0,162   | 0,361 |
| $13,0 + 0,73 \text{ TN} - 16,3 \text{ TP}$       | 0,00%          | 0,83    | 0,633 |
| Mei 2025                                         |                |         |       |
| Hubungan antara TN-TP dan <i>Fitoplankton</i>    | R <sup>2</sup> | P-Value |       |
|                                                  |                | TN      | TP    |
| $24 + 97 \text{ TN} + 2225 \text{ TP}$           | 2,97%          | 0,431   | 0,38  |
| $95743 + 15785 \text{ TN} + 743552 \text{ TP}$   | 0,00%          | 0,894   | 0,76  |
| $6,00 - 0,69 \text{ TN} - 118,4 \text{ TP}$      | 0,00%          | 0,884   | 0,257 |

### Status Trofik

Analisis status trofik dihitung menggunakan nilai TSI (*Trophic State Index*) yang mengacu dari persamaan Carlson, (1997). Nilai TSI pada bulan Juli 2024 mencapai 60,05 dengan status eutrofik tingkat sedang, dan nilai TSI pada bulan Mei 2025 menurun berkisar 50,78 dengan status eutrofik tingkat rendah.

## Pembahasan

Jumlah jenis spesies yang paling beragam terdapat pada kelompok filum *Chlorophyta* dengan jumlah yang mencapai 18 spesies. Hal tersebut disebabkan karena jenis *Chlorophyta* merupakan jenis *Fitoplankton* yang bersifat kosmopolit, spesies tersebut sangat mudah hidup di perairan yang memiliki intensitas cahaya yang baik seperti di genangan air hujan, pada air mengalir seperti di selokan atau sungai, dan di danau ataupun waduk (Faizah dan Laily, 2015). Kemudian diikuti dengan filum *Cyanophyta* dan *Bacillariophyta* yang masing-masing memiliki 5 jenis spesies. *Fitoplankton* dengan filum *Cyanophyta* juga umum dijumpai karena sifatnya yang memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap perubahan faktor lingkungan (Yuni dan Mustaqim, 2020). Sehingga, pada kondisi tertentu seperti banyaknya sumber *Nutrien* dari luar (*allochthonous*) maupun dari dalam (*autochthonous*), *Fitoplankton* dengan filum *Cyanophyta* menyebabkan *algae blooming* yang dapat mempengaruhi kualitas air waduk.

Kelimpahan *Fitoplankton* di Waduk Cengklik, Kabupaten Boyolali masih kisaran ratusan ribu. Rahmah *et al.*, (2022) menyebutkan perairan yang telah masuk ke dalam kategori *blooming* jika angka kelimpahan *Fitoplankton* telah mencapai jutaan individu/L. Perbedaan klasifikasi tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan musim. Pada bulan Juli 2024 telah masuk musim kemarau yang membuat tingkat pengenceran perairan semakin rendah, dan banyaknya sumber *Nutrien* (unsur nitrogen dan fosfor) yang terakumulasi di dalam perairan, sehingga perairan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang tinggi.

Konsentrasi total nitrogen (TN), total fosfor (TP), dan klorofil-a juga mengalami penurunan di musim hujan, sedangkan pada musim kemarau tepat pada bulan Juli 2024 konsentrasi meningkat. Selain disebabkan karena musim, Maylanda *et al.*, (2023) juga menyampaikan bahwa tingginya konsentrasi TN, TP, dan klorofil-a juga disebabkan karena adanya aktifitas antropogenik seperti banyaknya aktivitas KJA (Keramba Jaring Apung) yang dilakukan oleh para petani keramba yang dapat menghasilkan limbah organik maupun anorganik yang dapat meningkatkan tingkat kesuburan di perairan waduk.

Analisis hubungan TN-TP dan *Fitoplankton* diketahui dengan menganalisis regresi. Nilai regresi yang diperoleh cukup erat dengan nilai regresi ( $R^2$ ) tertinggi pada bulan Juli 2024 hanya mencapai 57,11%. Nasution *et al.*, (2019) menyatakan berkembangnya *Fitoplankton* dapat dipengaruhi oleh ketersediaan *Nutrien* yang terkandung didalam perairan waduk. Akan tetapi, hasil penelitian menunjukkan nilai yang kontradiktif dengan pernyataan tersebut. Pada bulan Mei 2025 nilai  $R^2$  pada *Fitoplankton* berfilamen, non-filamen, dan klorofil-a sangat rendah, maka dapat diketahui bahwa konsentrasi *Nutrien* hanya sedikit berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satu faktor yang diduga mempengaruhi yaitu cuaca di musim penghujan.

Pengaruh *Nutrient* terhadap *Fitoplankton* faktanya tidak selalu diiringi dengan tingginya nilai kelimpahan *Fitoplankton*, penyebab hal tersebut yaitu karena adanya komposisi unsur hara yang tidak sejalan dengan kebutuhan *Fitoplankton*, adanya unsur hara di perairan tidak dapat bertahan terhadap kondisi bagi produktivitas perairan (Basmi, 2000).

Rendahnya nilai TSI pada bulan Mei 2025 disebabkan karena beberapa faktor pendukung, salah satunya seperti musim penghujan yang membuat pengenceran di perairan semakin tinggi yang dapat mengurangi konsentrasi *Nutrien* yang larut.

Kecerahan juga menjadi salah satu indikator tingkat kesuburan perairan waduk yang dilihat dari banyaknya suspensi yang terakumulasi hingga intensitas cahaya matahari tidak mampu untuk masuk ke dalam perairan, pengukuran dilakukan berdasarkan kedalaman secci-disk. Pada bulan Juli 2024 nilai terendah terdapat pada titik 1 yang mencapai 0,33 m, sedangkan pada bulan Mei 2025 nilai terendah terdapat pada titik 3 dengan kisaran 1,00 m. Menurut Watty dan Suwono, (2019) tingginya kecerahan dapat mengindikasikan bahwa intensitas cahaya yang masuk kedalam perairan juga tinggi yang dapat meningkatkan laju fotosintesis pada pertumbuhan *Fitoplankton*, dan penyerapan cahaya dapat peningkatan kalor yang mengakibatkan terjadinya kondisi yang penting untuk proses tumbuh-kembang organisme perairan.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah spesies dengan keragaman paling tertinggi ditemukan dari filum *Chlorophyta* dengan jumlah yang mencapai 18 spesies, kemudian diikuti dengan filum *Bacillariophyta* sebanyak 5 spesies, *Cyanophyta* sebanyak 5 spesies, *Cyanobacteria* sebanyak 4 spesies, *Euglenophyta* sebanyak 1 spesies, dan filum *chrysophyta* sebanyak 1 spesies. Angka kelimpahan *Fitoplankton* non-filamen tertinggi pada titik 5 dengan nilai yang mencapai 180.000 individu/L, kemudian kelimpahan tertinggi selanjutnya pada titik 1 yang mencapai 168.000 individu/L. Hal tersebut sejalan dengan faktor kondisi perairan Waduk Cengklik, berdasarkan Nilai TSI (*Trophic State Index*) yang mengacu dari Carlson, (1997) pada bulan Juli 2024 dan Mei 2025 mencapai 60,05 dan 50,78, sehingga masuk ke dalam kategori eutrofik sedang ke rendah. Analisis hubungan TN-TP dan *Fitoplankton* cukup erat dengan nilai regresi ( $R^2$ ) tertinggi pada bulan Juli 2024 hanya mencapai 57,11%. Akan tetapi, pada bulan Mei 2025 nilai  $R^2$  pada *Fitoplankton* berfilamen, non-filamen, dan klorofil-a menurun sangat drastis dengan nilai regresi ( $R^2$ ) tertinggi yang hanya mencapai 2,97%, maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi *Nutrien* hanya sedikit berpengaruh terhadap pertumbuhan *Fitoplankton*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada Dra. Alif Noor Anna, M. Si selaku dosen pembimbing, Ilyas Ayub Ariseno, S.Geo., M. Si. dan Yoyon Winata, S. Geo. dan Eva Restu Febryana yang telah membantu dalam proses pengambilan sampel dan pengujian sampel, serta Laboratorium Hidrologi, Kualitas Air, dan Udara, Divisi Laboratorium Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan fasilitas selama penelitian ini.

## REFERENSI

- [APHA] Rice, E. W., Baird, R. B., & Eaton, A. D. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* (Nos. 4500-NO3-C). American Public Health Association [APHA].
- [APHA] Rice, E. W., Baird, R. B., & Eaton, A. D. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* (Nos. 10200-F). American Public Health Association [APHA].
- [APHA] Rice, E. W., Baird, R. B., & Eaton, A. D. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* (Nos. 10200-H). American Public Health Assosiation [APHA].
- Basmi, H.J. (2000). *Planktonologi: Plankton sebagai indikator kualitas perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 60 hlm.
- Bellinger, Edward. G., & Sigeo, David. C. (2010). *Freshwater algae identification and use as bioindicators*. A John Wiley & Sons, Ltd.
- Carlson, R. E. (1977). A *Trophic State Index* for lakes1. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361–369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
- Fanni, N. A., & Shaleh, F. R. (2021). Trophic status in joto reservoir, lamongan. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 19(2), 354. <https://doi.org/10.32663/ja.v19i2.2298>
- Maulana, A. A., Irnawati, R., & Aryani, D. (2024). Phytoplankton diversity and relationship with water quality of cikoncang reservoir, lebak regency: *Habitus Aquatica*, 5(2), 89–98. <https://doi.org/10.29244/HAJ.5.2.89>
- Maylanda, D. A., Paryono, P., & Rahman, I. (2024). Studi kandungan dan sebaran *Nutrien* pada perairan teluk swage, lombok timur. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(4), 1225–1234. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i4.634>
- Nasution, A., Widyorini, N., & Purwanti, F. (2019). Analisis hubungan kelimpahan *Fitoplankton* dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan morosari, demak relationship

- analysis of phytoplankton abundance to nitrate and phosphate in the morosari waters, demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(2), 78–86. <https://doi.org/10.14710/marj.v8i2.24230>
- Pradana, P. R. R. W., Rahman, A., & Ain, C. (2024). Analysis of the relationship between primary productivity, phytoplankton abundance and *Nutrients* in Cengklik Reservoir, Boyolali. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 11(2), 104. <https://doi.org/10.29103/aa.v11i2.12597>
- Putra, M. I. W., Afiati, N., & Purnomo, P. W. (2025). Dampak kualitas air terhadap sumber daya ikan di sungai sekrenting, kabupaten demak. *Jurnal Pasir Laut*, 9(2), 31–40. <https://doi.org/10.14710/jpl.2025.69495>
- Rahmah, N., Zulfikar, A., & Apriadi, T. (2022). Kelimpahan *Fitoplankton* dan kaitannya dengan beberapa parameter lingkungan perairan di estuari sei carang kota tanjungpinang. *Journal of Marine Research*, 11(2), 189–200. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.32945>
- Roziaty, E., Aksiwi, D. H., & Setyowati, N. A. D. (2018). Keragaman plankton di wilayah perairan waduk cengklik boyolali jawa tengah. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(1), 69–77. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i1.5935>
- [SNI]Standar Nasional Indonesia. (2004). *Air dan Air Limbah—Bagian 9: Cara Uji Nitrit (NO<sub>2</sub>-N) Secara Spektrofotometri* (Nos. 06–6989; Versi 9). Badan Standardisasi Nasional.
- [SNI]Standar Nasional Indonesia. (2005). *Air dan Air Limbah—Bagian 30: Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer Secara Fenat* (Nos. 06–6989; Versi 30). Badan Standardisasi Nasional.
- [SNI]Standar Nasional Indonesia. (2021). *Air dan Air Limbah—Bagian 31: Cara Uji Kadar Orthofosfat dan Total Fosfor Menggunakan Spektrofotometer dengan Reduksi Asam Askorbat* (No. 6989; Versi 31). Badan Standardisasi Nasional.
- Suhartini, I., Kurniawan, I. D., & Taufiq, R. (2021). Struktur Komunitas *Fitoplankton* Sebagai Bioindikator Status Trofik Perairan Waduk Jangasari Kabupaten Cianjur. *Gunung Djati Conference Series*, 6, 38–46. <https://conference.uinsgd.ac.id/index.php/>
- Wahyuningsih, S., Gitarama, A. M., & Gitarama, A. M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2), 112. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v5i2.929>
- Yuni, Y., & Mustaqim, M. (2020). Study kelimpahan *Fitoplankton* dengan ketinggian air tambak yang berbeda di Desa Jangka Alue Bie. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 2(1). <https://doi.org/10.51179/jipsbp.v2i1.373>