

## **Analisis Kandungan Klorofil-a Sebagai Indikator Penentu Status Trofik dan Potensi Produksi Ikan di Waduk Jatiluhur Purwakarta**

**Panjalu Fikri Hidayat<sup>1\*</sup>, Agus Arifin Sentosa<sup>2</sup>, Dyah Ika Kusumaningtyas<sup>2</sup>, Santoso Dwi Atmojo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia*

<sup>2</sup>*Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan (BRPSDI), Jatiluhur Purwakarta, Indonesia*  
[p.fikrihidayat@gmail.com](mailto:p.fikrihidayat@gmail.com)

Diterima: 01 Juli 2025 | Disetujui: 28 Agustus 2025

### **ABSTRAK**

Waduk Jatiluhur sebagai waduk strategis di Indonesia menghadapi tekanan antropogenik yang berpotensi meningkatkan eutrofikasi dan memengaruhi produktivitas perikanan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kandungan klorofil-a sebagai indikator status trofik dan estimasi potensi produksi ikan di Waduk Jatiluhur. Pengambilan sampel air dilakukan di 8 stasiun dengan kedalaman 0 dan 3 meter. Klorofil-a dianalisis menggunakan metode spektrofotometri trichromatic di Laboratorium Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan (BRPSDI). Status trofik ditentukan berdasarkan klasifikasi Wetzel (2001) yang disempurnakan dengan pembaharuan Hollister et al. (2015)), sedangkan potensi produksi ikan pelagis dihitung menggunakan persamaan Almazan dan Boyd (1990). Hasil menunjukkan konsentrasi klorofil-a bervariasi antara 1,18 hingga 51,64 µg/L, dengan rata-rata 31,92 µg/L. Sebagian besar stasiun tergolong eutrofik hingga hipereutrofik, sementara Stasiun Galumpit tergolong oligotrofik. Estimasi produksi ikan pelagis tertinggi di DAM Utama (71.844,11 ton per tahun) dan terendah di Galumpit (2.502,53 ton per tahun), dengan rata-rata 49.716,14 ton per tahun. Pengelolaan berbasis zonasi serta kontrol masukan nutrisi diperlukan untuk menyeimbangkan produktivitas perikanan dan keberlanjutan ekosistem.

**Kata Kunci:** eutrofikasi, klorofil-a, produksi ikan pelagis, status trofik, Waduk Jatiluhur

### **Analysis of Chlorophyll-a Content as an Indicator for Determining Trophic Status and Fish Production Potential in Jatiluhur Reservoir, Purwakarta**

### **ABSTRACT**

Jatiluhur Reservoir, a strategic water resource in Indonesia, faces anthropogenic pressures that may increase eutrophication and negatively affect fisheries productivity. This study aims to analyze chlorophyll-a concentration as an indicator of trophic status and to estimate potential fish production in Jatiluhur Reservoir. Water sampling was conducted at eight stations at depths of 0 and 3 meters. Chlorophyll-a was analyzed using the trichromatic spectrophotometric method at the Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan (BRPSDI) Laboratory. Trophic status was determined based on Wetzel's

*classification (2001), with updates by Hollister et al. (2015), while pelagic fish production potential was calculated using the Almazan and Boyd equation (1990). The results showed that chlorophyll-a concentrations ranged from 1.18 to 51.64 µg/L, with an average of 31.92 µg/L. Most stations were classified as eutrophic to hypereutrophic, while Galumpit Station was classified as oligotrophic. The estimated pelagic fish production was highest at the main dam (71,844.11 tons per year) and lowest at Galumpit (2,502.53 tons per year), with an average of 49,716.14 tons per year. Zoning-based management and nutrient input control are recommended to balance fisheries productivity and ensure ecosystem sustainability.*

**Keywords:** eutrofication, chlorophyll-a, pelagis fish production, status trophic, Jatiluhur Reservoir

## PENDAHULUAN

Waduk Ir. H. Djuanda atau populer sebagai Waduk Jatiluhur adalah waduk terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara yang telah beroperasi sejak tahun 1967. Waduk tersebut terletak di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat (Astuti *et al.*, 2016), waduk ini memegang peran strategis dalam menyediakan air irigasi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), budidaya perikanan, dan pengendalian banjir (Hamzah *et al.*, 2017). Namun, peningkatan aktivitas antropogenik di sekitar wilayah waduk seperti ekspansi perikanan, pariwisata, dan pembangunan infrastruktur berpotensi menurunkan kualitas air melalui eutrofikasi (akumulasi nutrisi berlebih) dan sedimentasi. Fenomena ini terutama dipicu oleh perbedaan densitas bahan terlarut yang masuk ke perairan (Nugraheni *et al.*, 2022).

Eutrofikasi berkorelasi langsung dengan ledakan populasi biomassa fitoplankton (*algal blooming*) yang ditandai peningkatan konsentrasi klorofil-a. Parameter klorofil-a tidak hanya menjadi indikator utama kesuburan perairan, tetapi juga merepresentasikan produktivitas primer ekosistem perairan (Marlian *et al.*, 2015; Maslukah, Ismunarti, *et al.*, 2022). Di wilayah tropis seperti Waduk Jatiluhur, dinamika konsentrasi klorofil-a sangat dipengaruhi oleh masukan nutrisi dari darat, suhu, dan intensitas cahaya (Indrayanti *et al.*, 2022). Kendati demikian, sifat blooming fitoplankton yang fluktuatif secara spasial dan temporal menyulitkan pemantauan in situ melalui pengambilan sampel konvensional, terutama di wilayah seluas Waduk Jatiluhur (Pirasteh *et al.*, 2020 as cited in Sentosa, 2022).

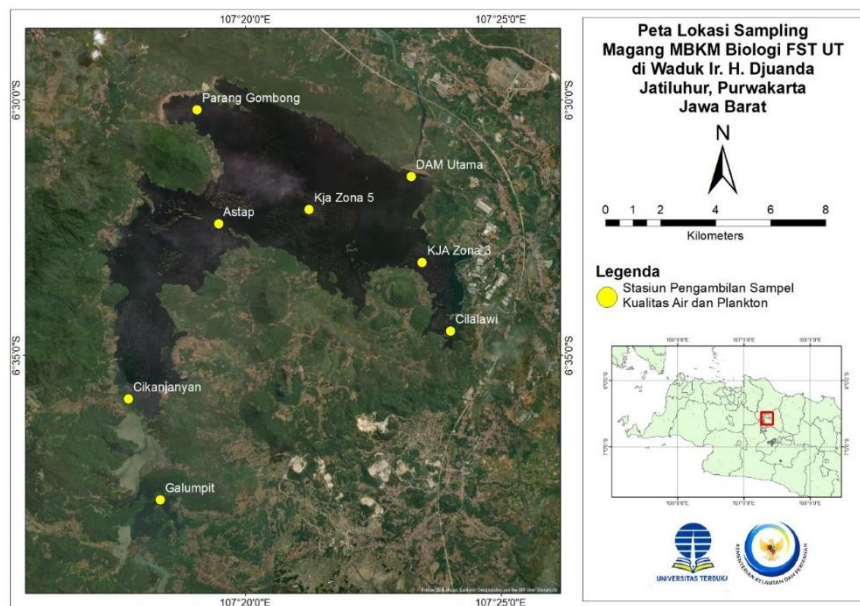
Klorofil-a, sebagai pigmen hijau pada algae, tumbuhan, dan Cyanobacteria, berperan sebagai pusat reaksi fotosintesis sekaligus indikator kunci status trofik perairan (Agung *et al.*, 2018). Pigmen ini secara luas digunakan untuk memantau kualitas perairan danau atau waduk, terutama dalam mengidentifikasi gejala eutrofikasi (Buma & Lee, 2020). Perairan eutrofik memang menunjukkan produktivitas biologis tinggi, tetapi kelebihan nutrisi dapat memicu blooming fitoplankton yang menurunkan kualitas air melalui penurunan kadar oksigen terlarut dan berpotensi menyebabkan kematian massal organisme akuatik (Zhang *et al.*, 2015 as cited in Rahman, Perwira, & Kartika, 2022).

Studi di perairan serupa, seperti Teluk Jakarta dan Waduk Karangkates, mengonfirmasi bahwa aktivitas antropogenik meningkatkan kekeruhan dan nutrisi, sehingga memicu variabilitas klorofil-a (Nazula *et al.*, 2019; Syaifullah *et al.*, 2025). Namun, data terbaru mengenai status trofik dan potensi produksi ikan di Waduk Jatiluhur masih terbatas. Sementara, klorofil-a tidak hanya merefleksikan kesehatan rantai makanan akuatik, tetapi juga berimplikasi langsung pada keberlanjutan sumber daya perikanan (Marlian *et al.*, 2015). Pemantauan klorofil-a dengan metode konvensional yang bergantung pada pengambilan sampel rutin dengan cakupan waktu dan luasan terbatas (Ogashawara *et al.*, 2021) menjadi tantangan tersendiri untuk menilai kondisi ekosistem secara holistik.

Berdasarkan hal tersebut tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan klorofil-a sebagai indikator status trofik perairan dan untuk menunjukkan hasil analisis dan mengestimasi potensi produksi ikan di Waduk Jatiluhur. Hasilnya diharapkan memberikan data ilmiah terkini terkait kualitas perairan waduk serta untuk mendukung kebijakan pengelolaan waduk yang berbasis ekosistem yang berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap pengumpulan dan pengambilan data, kemudian tahap pengolahan dan analisis data. Pengumpulan dan pengambilan data berbasis sampel dengan menggunakan metode insitu dan eksitu untuk memberikan hasil yang komprehensif. Pengambilan sampel dilakukan di Waduk Ir. H. Djuanda (Waduk Jatiluhur) pada tanggal 11 Maret 2025 dan lokasi pengambilan tersebar pada 8 stasiun pengamatan yang mewakili lokasi perairan waduk secara purposive sampling. Purposive sampling (Sugiyono, 2019) pengambilan sampel dengan menggunakan beberapa pertimbangan tertentu sesuai dengan kriteria yang diinginkan untuk dapat menentukan jumlah sampel yang akan diteliti (Gambar 1 dan Tabel 1). Sampel diambil berjumlah 15 sampel dengan 2 jenis kedalaman (0 dan 3 m). Pengambilan sampel dilakukan dari perahu nelayan setempat di mulai dari permukaan perairan dengan menggunakan Kammerer water sampler ukuran 4,2 L.



Gambar 1. Stasiun pengambilan sampel klorofil-a

Tabel 1. Lokasi stasiun pengamatan

Stasiun	Longitude	Latitude	Keterangan
1	6°38'23.4"S	107°18'14.8"E	Galumpit
2	6°35'54"S	107°17'35"E	Cikanyayan
3	6°32'36.7"S	107°19'23.0"E	Astap
4	6°30'34"S	107°19'25.6"E	Parang Gombong
5	6°31'53.2"S	107°21'00.9"E	KJA Zona 5
6	6°33'10.9"S	107°23'27.7"E	KJA Zona 3
7	6°34'21.3"S	107°24'19.6"E	Cilalawi
8	6°31'42.1"S	107°23'21.6"E	DAM Utama

Sampel air kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik polyethylene lalu diawetkan dengan pengawet Magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) untuk mencegah pengasaman. Penambahan larutan Magnesium karbonat sebanyak 1 ml dari volume total sampel 1 liter. Botol sampel dimasukkan ke dalam kontainer tidak tembus cahaya. Sampel dibawa ke Laboratorium Kimia Air Balai Riset Pemulihan Sumber Daya ikan untuk dilakukan analisis parameter kimia secara eksitu.

## Pengukuran Insitu

Pengukuran parameter fisika kualitas air dilakukan secara *insitu pada dua kedalaman (0 m dan 3 m)* bersamaan dengan pengambilan sampel air di Waduk Ir. H. Djuanda, Jatiluhur, Purwakarta. Pengukuran parameter fisika dilakukan menggunakan *multiparameter water quality checker* (WQC Horiba) tanpa pengulangan (*single measurement*), *data mencerminkan variasi vertikal kolom air*. prosedur pengukuran sebagai berikut.

- 1) Menghubungkan sensor WQC Horiba ke perangkat *handheld*;
- 2) Menyalakan alat dan menunggu stabilisasi selama 5 menit;
- 3) Memilih menu "*Multi Measurement*" dan menekan tombol *Enter*;
- 4) Mengkalibrasi sensor menggunakan akuades sebelum pengukuran;
- 5) Mencekelupkan sensor ke dalam perairan pada titik *sampling*;
- 6) Menunggu pembacaan nilai stabil (2–3 menit);
- 7) Mencatat hasil pengukuran pada perangkat *handheld*;
- 8) Mengulangi langkah 4–7 untuk semua titik pengukuran;
- 9) Mematikan alat dan membersihkan elektroda setelah seluruh pengukuran selesai.

Parameter fisika yang diukur diantaranya adalah suhu, oksigen terlarut atau dissolved oxygen (DO), pH atau tingkat asam basa larutan, turbiditas atau kekeruhan. Parameter fisika diukur untuk mendukung analisis variabilitas konsentrasi klorofil-a di perairan Waduk Jatiluhur.

## Pengukuran Exsitu

### Pengukuran Klorofil-a

Pengukuran eksitu dilakukan di laboratorium air Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan. Analisis untuk pengukuran kualitas air dengan parameter kimia untuk klorofil-a yang digunakan adalah analisis spektrofotometri trichometri yang dikemukakan oleh *American Public Health Association/APHA* (2017). Prinsip Dasar dalam analisis klorofil-a dimana dalam metode spektrofotometri trichometri memanfaatkan instrumen bernama spektrofotometer untuk mengukur serapan cahaya oleh pigmen klorofil-a pada tiga panjang gelombang utama, yaitu 664 nm, 647 nm, dan 630 nm, yang merupakan puncak serapan optimal untuk klorofil. Prosedur diawali dengan pengambilan sampel air, kemudian dilakukan ekstraksi klorofil dari fitoplankton sebelum dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Untuk menghitung konsentrasi klorofil-a, nilai absorbansi pada ketiga panjang gelombang tersebut dikurangi dengan absorbansi pada 750 nm. Hal ini karena klorofil tidak menyerap cahaya pada panjang gelombang 750 nm, sehingga jika terdeteksi absorbansi, hal itu disebabkan oleh turbiditas atau partikel pengganggu lainnya. Koreksi ini bertujuan mengurangi kesalahan pengukuran akibat kekeruhan sampel (Assoniwora, 2011). Hasil pengukuran kemudian dihubungkan dengan tingkat konsentrasi klorofil-a dalam sampel air. Pengukuran dilakukan satu kali pada setiap kedalaman (0 m dan 3 m). Rata-rata dihitung sebagai mean aritmetika dua kedalaman.

### Pengukuran Bahan Organik Total

Pengukuran kualitas air parameter kimia untuk menentukan bahan organik total yang digunakan adalah analisis titrimetri. Prinsip dasarnya dengan menentukan nilai permanganat yang merupakan jumlah milligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam air pada kondisi 10 menit mendidih. Prosedur analisis dengan membuat larutan pereaksi yang terdiri dari Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 8 N, permanganat 0,01 N, oksalat 0,01 N. kemudian masuk tahap kedua yaitu menentukan normalitas larutan permanganat. Penentuan normalitas permanganat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Normalitas Permanganat (N)} = \frac{\text{Normalitas Oksalat (N)} \times \text{Volume Oksalat (mL)}}{\text{Volume Permanganat(mL)}} \quad (1)$$

Tahap ketiga penentuan konsentrasi bahan organik dalam sampel air. Sampel air setelah ditambahkan larutan pereaksi kemudian dipanaskan selama 10 menit pada suhu 103-105 °C. Sampel tersebut kemudian dititrasi dengan larutan permanganate. Dicatat volume titran yang dibutuhkan konsentrasi bahan organik di dalam sampel dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bahan Organik Total (mg/L)} = (((10 + A) \times B) - 0,1) \times 316) \times p \quad (2)$$

Data hasil pengukuran titrasi kemudian di hitung dan dianalisis. Pengukuran dilakukan tanpa replikasi. Data mencerminkan variasi vertikal Bahan Organik Total pada kolom air.

### Klasifikasi Status Trofik Perairan

Penentuan tingkat trofik dilakukan dengan metode perbandingan klasifikasi status trofik untuk menentukan estimasi tingkat trofik berdasarkan pada konsentrasi klorofil-a. Dalam penelitian ini digunakan 2 tabel klasifikasi tingkat trofik perairan tabel yang digunakan adalah Klasifikasi Tingkat Trofik menurut (Wetzel, 2001) dan Klasifikasi Tingkat Trofik Pembaruan menurut Hollister *et al.* (2015) yang bisa dilihat sebagai berikut.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat trofik

Parameter	Status Trofik			
	Oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hipertrofik
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	0,3-3	2-15	10-500	

Sumber: Wetzel (2001)

Tabel 3. Klasifikasi tingkat trofik pembaruan

Parameter	Status Trofik			
	Oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hipertrofik
Klorofil-a (µg/L)	≤ 2	> 2 dan ≤ 7	> 7 dan ≤ 30	> 30

Sumber: Hollister *et al.* (2015)

Penentuan status trofik perairan dalam penelitian ini menggunakan perbandingan kriteria Hollister *et al.* (2015) dan Wetzel (2001) untuk mengatasi keterbatasan interpretasi dari pendekatan tunggal, khususnya pada rentang konsentrasi klorofil-a 3–10 µg/L yang rentan misklasifikasi. Sistem Hollister (berbasis *cut-off* NLA: oligotrofik ≤2 µg/L, mesotrofik >2–7 µg/L, eutrofik >7–30 µg/L, hipereutrofik >30 µg/L) dipilih sebagai dasar klasifikasi utama karena kesesuaiannya dengan metode pengukuran klorofil-a spektrofotometri yang digunakan, memberikan efisiensi analisis tanpa data pendukung. Sistem Wetzel diintegrasikan sebagai mekanisme validasi untuk mengidentifikasi potensi risiko ekologis yang mungkin terabaikan, berdasarkan studi limnologi klasik. Perbedaan hasil klasifikasi antara kedua sistem berfungsi sebagai sinyal peringatan yang mengindikasikan perlunya verifikasi parameter tambahan (fosfor total, kecerahan Secchi) pada danau tertentu. Kolaborasi ini memastikan hasil penelitian tidak hanya akurat untuk kondisi ekstrem tetapi juga menyoroti danau dalam fase transisi trofik yang memerlukan pemantauan intensif.

### Perhitungan Estimasi Potensi Produksi Ikan

Potensi Produksi ikan diestimasi dengan menggunakan rumus hubungan antara klorofil-a terhadap produksi ikan yang dikemukakan oleh Almazan dan Boyd dalam Boyd (1990), dengan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{Y} = 1,43 + 24,48 x - 0,15 x^2 \quad (3)$$

Keterangan:

$\hat{Y}$  = produksi ikan (kg/ha/tahun)

$\hat{Y}$  = klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)

Selanjutnya, untuk mengetahui estimasi potensi perikanan pada suatu perairan tertentu potensi ikan kg/ha/tahun diubah menjadi ton/tahun digunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Potensi ikan (ton/tahun)} = \text{Potensi ikan (kg/ha/tahun)} \times \text{Luas perairan} \quad (4)$$

Pilihan metode Almazan-Boyd (1990) dalam penelitian ini menjawab kebutuhan efisiensi dan akurasi untuk estimasi potensi perikanan berbasis data klorofil-a. Integrasi dengan luas area perairan memperkuat relevansinya dalam konteks pengelolaan sumber daya perikanan berkelanjutan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Klorofil-a sebagai Indikator

Klorofil-a sebagai pigmen utama fitoplankton sering digunakan untuk menggambarkan kualitas perairan danau atau waduk (Buma & Lee, 2020). Hasil pengukuran di Waduk Jatiluhur menunjukkan variasi konsentrasi klorofil-a yang signifikan antar stasiun pengamatan baik secara spasial maupun vertikal (Tabel 4). Nilai rata-rata kandungan klorofil-a secara keseluruhan sebesar (31,92 µg/L). Distribusi spasial menunjukkan pola yang menarik dengan konsentrasi tertinggi terukur di Stasiun DAM Utama tercatat (51,64 µg/L), sementara konsentrasi terendah di Stasiun Galumpit dengan nilai (1,18 µg/L).

Tabel 4. Hasil pengukuran klorofil-a

Stasiun	Klorofil-a		
	0 meter	3 meter	Rerata (µg/L)
Galumpit	0,0	2,36	1,18
Cikanyanyan	39,57	45,20	42,39
Astap	40,46	31,48	35,97
Parang Gombong	35,10	48,60	41,85
KJA Zona 5	25,80	24,23	25,01
KJA Zona 3	23,27	25,99	24,63
Cilalawi	32,72	32,72	32,72
DAM Utama	45,19	58,08	51,64
Rata-rata	30,26	33,71	31,92

\*Nilai menunjukkan hasil tunggal pada kedalaman 0 m (nilai kiri) dan 3 m (nilai tengah) dan rata-rata (nilai kanan) *dihitung sebagai* mean aritmatika dua kedalaman.

Tingginya konsentrasi klorofil-a di DAM Utama (51,64 µg/L) dapat dijelaskan melalui mekanisme akumulasi biomassa fitoplankton di zona outlet waduk. Posisi strategis stasiun ini sebagai titik keluaran utama memfasilitasi terkumpulnya biomassa yang terbawa aliran air dari seluruh badan waduk, didukung oleh aktivitas antropogenik di daerah tangkapan air seperti limbah pertanian dan domestik. Analisis pola distribusi spasial mengungkapkan dinamika berbeda antar zona: selain akumulasi di DAM Utama, teramati nilai tinggi di Parang Gombong (41,85 µg/L) dan Cilalawi (32,72 µg/L) yang menunjukkan karakteristik retensi lokal akibat konfigurasi morfometri teluk yang membatasi sirkulasi air. Sebaliknya, zona keramba jaring apung (KJA Zona 5: 25,01 µg/L; KJA Zona 3: 24,63 µg/L) menunjukkan nilai lebih rendah tetapi berperan penting sebagai koridor transportasi biomassa.

Berdasarkan gradien klorofil-a dan posisi geografis, KJA Zona 5 berpotensi menjadi sumber utama biomassa teradveksi ke DAM Utama melalui jalur aliran langsung, diikuti oleh KJA Zona 3 yang diduga sebagai kontributor sekunder. Sementara Parang Gombang dan Cilalawi meskipun bernilai klorofil-a tinggi kontribusinya terhadap akumulasi di outlet diduga terbatas akibat isolasi hidrodinamik. Mekanisme ini konsisten dengan temuan Swayati *et al.* (2015) tentang akumulasi biomassa di zona outlet waduk tropis, di mana aliran air menumpukkan materi tersuspensi dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi fitoplankton. Namun penting untuk dicatat bahwa tanpa data kecepatan arus dan model dispersi, estimasi ini bersifat prediktif dan memerlukan verifikasi lebih lanjut.

Disisi lain, nilai klorofil-a terendah secara keseluruhan ditemukan di Stasiun Galumpit dengan nilai rata-rata (1,18 µg/L). Hal tersebut menunjukkan karakteristik yang kontras. Sebagai zona inlet, stasiun ini menerima aliran air dari sungai Citarum yang mungkin membawa nutrisi dalam bentuk terlarut. Muara sungai menjadi sumber masuknya nutrisi dalam perairan karena masuknya limbah organik baik limbah pertambangan dan perikanan maupun limbah cair yang berasal dari kegiatan industri (Ramanda *et al.*, 2018). Tinggi rendahnya kadar klorofil-a dalam perairan sangat erat hubungannya dengan pasokan nutrisi yang berasal dari darat melalui aliran sungai yang masuk ke badan perairan (Linus *et al.*, 2016). Namun, aliran air pada zona tersebut diduga yang membawa nutrisi keluar dari area tersebut (zona inlet) sebelum dimanfaatkan oleh fitoplankton secara maksimal. Bisa dilihat dari nilai kandungan klorofil-a pada Stasiun Cikanyayan, konsentrasi klorofil-a nya (42,39 µg/L) nilai tersebut cukup tinggi yang menunjukkan masuknya nutrisi dari Stasiun Galumpit yang terbawa arus air sehingga bisa menjadi salah satu indikasi penyebab rendahnya nilai kandungan klorofil-a pada Stasiun Galumpit.

#### *Karakteristik Stasiun Transisi dengan Klorofil-a Menengah*

Stasiun-stasiun dengan konsentrasi klorofil-a menengah (Tabel 4) seperti Cikanyayan, Parang Gombang, Astap, Cilalawi, KJA Zona 5 dan KJA Zona 3 menunjukkan karakteristik transisi antara zona inlet dan outlet. Nilai rata-rata klorofil pada stasiun-stasiun tersebut lebih tinggi dari inlet Galumpit (1,18 µg/L) namun lebih rendah dari outlet DAM Utama (51,64 µg/L). Stasiun non-budidaya, Gombang (41,85 µg/L), Astap (35,97 µg/L), Cilalawi (32,72 µg/L), mencatat konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Di Parang Gombang, konsentrasi klorofil pada kedalaman 3 meter (48,60 µg/L) jauh lebih tinggi daripada permukaan (35,10 µg/L). Sementara itu, KJA Zona 3 (24,63 µg/L) dan Zona 5 (25,01 µg/L) menunjukkan nilai terendah, mengindikasikan potensi dampak aktivitas manusia.

#### *Pengaruh Bahan Organik Total terhadap Klorofil-a*

Konsentrasi klorofil-a sebagai indikator status trofik dan produktivitas perairan menunjukkan dinamika kompleks yang dipengaruhi oleh interaksi multiparameter. Selain nilai klorofil-a itu sendiri, kondisi lingkungan perairan turut berperan penting dalam menentukan pola produktivitas. Hal ini secara empiris didukung oleh data pengukuran parameter pendukung (Tabel 5), dimana Bahan Organik Total pada stasiun DAM Utama memiliki nilai temuan (BOT = 15,49 mg/L) yang terbilang tertinggi dari keseluruhan stasiun. Tingginya nilai BOT mencerminkan akumulasi limbah antropogenik (sisa pakan ikan, limbah domestik, aktivitas Keramba Jaring Apung (KJA), bahan organik) yang terdegradasi, melepaskan nutrisi sekunder (Supriyantini *et al.*, 2017).

Tabel 5. Hasil pengukuran parameter pendukung

Stasiun	Paremeter Pengukuran Fisika				Bahan Organik Total (mg/L)
	Kedalaman 0 – 3 Meter				
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Turbiditas (NTU)	
Galumpit	27,3 – 26,88	7,21 – 6,83	0,73 – 1,04	7,6 – 10,50	10,38
Cikanyayan	29,65 – 28,91	7,82 – 7,17	8,83 – 4,90	10,5 – 8,40	13,09
Astap	30,15 – 29,07	8,02 – 7,90	7,52 – 6,46	5,8 – 5,50	11,43
Parang Gombang	30,26 – 28,96	8,50 – 7,93	10,52 – 7,30	7,4 – 5,40	14,44
KJA Zona 5	30,3 – 29,13	7,99 – 7,61	6,63 – 4,95	5,4 – 4,20	10,53
KJA Zona 3	31,19 – 29,50	7,78 – 7,73	8,73 – 3,15	5,1 – 3,50	12,33
Cilalawi	30,86 – 29,59	8,88 – 7,69	11,59 – 8,00	8,6 – 9,20	13,54

Stasiun	Paremeter Pengukuran Fisika				Bahan Organik Total (mg/L)
	Kedalaman 0 – 3 Meter				
	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	Turbiditas (NTU)	
DAM Utama	31,36 – 29,42	9,23 – 8,17	12,07 – 10,00	11,1 – 6,30	15,49

\*Nilai menunjukkan hasil tunggal pada kedalaman 0 m dan 3 m tiap parameter dan rata-rata (BOT) dihitung sebagai mean aritmatika dua kedalaman.

Akumulasi Nutrien berlebih ini dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton secara masif. Pola ini diperkuat oleh konsentrasi klorofil-a tertinggi di stasiun ini (51,64 µg/L), menunjukkan hubungan kausal antara beban organik dan produktivitas primer. Kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton terlihat dari parameter pendukung lainnya.

### *Pengaruh Nilai pH, Suhu dan Oksigen Terlarut terhadap Klorofil-a*

Berdasarkan data parameter (Tabel 5), diketahui nilai pH dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain proses fotosintesis dan respirasi organisme akuatik, suhu, serta keberadaan ion-ion terlarut dalam air. Proses fotosintesis yang berlangsung secara optimal umumnya terjadi pada kondisi pH yang netral hingga sedikit basa (Pratiwi *et al.*, 2015). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata pH di Stasiun DAM Utama berada pada kisaran 9,23 – 8,17, yang mengindikasikan kondisi perairan cenderung basa. Nilai pH yang tinggi ini menunjukkan bahwa kandungan CO<sub>2</sub> dalam air kemungkinan berkurang akibat aktivitas fotosintesis yang intensif (Jumaidi *et al.*, 2017). Penurunan kadar CO<sub>2</sub> mengurangi pembentukan asam karbonat, sehingga pH meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas primer di perairan Stasiun DAM Utama tergolong tinggi, dan kenaikan pH berkorelasi dengan proses metabolisme organisme fotosintetik seperti fitoplankton. Menurut Mustofa (2015), kisaran pH yang ideal bagi kehidupan fitoplankton adalah 6,5–8, di mana kondisi ini mendukung pertumbuhan dan aktivitas fotosintesis yang optimal dalam perairan.

Aktivitas fotosintesis oleh fitoplankton tidak hanya menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> bebas di dalam air yang secara kimiawi menyebabkan peningkatan pH, tetapi juga meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Selain nilai pH yang optimal, suhu perairan juga merupakan faktor krusial yang mengontrol laju fotosintesis fitoplankton dan aktivitas metabolisme organisme perairan. Permanasari *et al.* (2017) mengemukakan bahwa suhu optimum untuk kehidupan plankton 25-30°C, kisaran pada suhu 10–35°C dapat meningkatkan laju fotosintesis. Hal tersebut diperjelas dalam penelitian Ayuningsih *et al.* (2014) suhu yang tinggi dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis. Secara umum, laju fotosintesis akan meningkat seiringnya meningkatnya suhu perairan, tetapi akan menurun secara drastis setelah mencapai suatu titik. Hal ini disebabkan setiap spesies fitoplankton selalu beradaptasi terhadap suatu kisaran suhu tertentu. Data pengukuran suhu menunjukkan kisaran (31,36 – 29,42 °C) nilai tersebut terbilang optimal berdasarkan pendapat para ahli dan ikut menunjang produktivitas perairan.

Jumaidi *et al.* (2017) dalam penelitiannya menyebutkan, aktivitas metabolisme organisme perairan akan meningkat pada kondisi suhu tinggi yang diikuti dengan meningkatnya konsumsi oksigen. Bersamaan dengan itu data hasil pengukuran ketersediaan oksigen terlarut juga menunjukkan kisaran yang tinggi (12,07 – 10,00 mg/L) yang menunjukkan bahwa produktivitas tinggi mendorong konsumsi oksigen tinggi dan diiringi peningkatan respirasi dan metabolisme organisme air (Fachrul *et al.*, 2017). namun dibarengi juga dengan produksi oksigen yang dihasilkan dalam perairan juga tinggi, dengan adanya factor-faktor pendukung. Rohmah *et al.* (2016) menyatakan bahwa peningkatan nilai produktivitas primer merupakan hasil proses fotosintesis sebanding dengan jumlah oksigen yang dihasilkan, dan kandungan oksigen terlarut di perairan dapat memberikan petunjuk tentang tingginya produktivitas primer disuatu perairan. Kombinasi dari faktor-faktor tersebut menciptakan lingkungan yang ideal bagi produktivitas perairan yang berimplikasi terhadap konsentrasi klorofil-a pada Stasiun DAM Utama. Namun, kondisi yang sangat berbeda ditemukan di Stasiun Galumpit, terutama dalam hal ketersediaan oksigen terlarut.

Kondisi ini bisa diperburuk oleh oksigen terlarut yang mendapatkan nilai rendah dengan kisaran sekitar (0,73 – 1,04 mg/L). Melihat hasil tersebut mencerminkan kondisi yang kurang optimal seperti minimnya aktivitas fotosintesis dan tingginya konsumsi oksigen oleh proses dekomposisi bahan



organik. Konsentrasi oksigen yang dibutuhkan dalam menyokong kehidupan organisme perairan adalah ( $>5$  mg/L) (Muslim *et al.*, 2024). Menurut Ramanda *et al.* (2018) bahwa kondisi oksigen terlarut yang kurang baik untuk perairan akan menyebabkan efek yang kurang menguntungkan bagi hampir semua organisme akuatik.

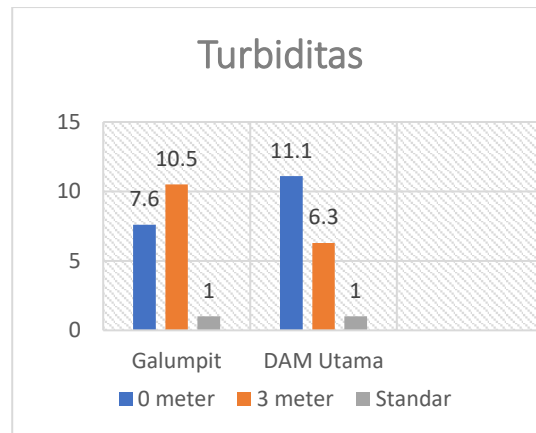
Konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang rendah dapat berasosiasi dengan penurunan pH dalam perairan akibat akumulasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari proses respirasi dan dekomposisi.  $\text{CO}_2$  terlarut bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), yang berdisosiasi menurunkan pH. Pada stasiun Galumpit menunjukkan nilai pH dengan kisaran (7,21 – 6,83). Nilai pH tersebut mendekati netral tetapi cenderung lebih rendah dibanding stasiun lain. pH netral cenderung kurang ideal untuk fitoplankton seperti diatom dan cyanobacteria dan lebih suka pH yang basa dengan nilai (7,5–9). Menurut Patty *et al.* (2015) pH di suatu perairan yang normal berkisar antara 8,0–8,3. Fluktuasi pH sangat dipengaruhi oleh respirasi dan dekomposisi oleh mikroba. Aktivitas melepaskan  $\text{CO}_2$  ke perairan, menurunkan pH melalui pembentukan asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Konsumsi oksigen oleh bakteri meningkat disebabkan oleh penguraian bahan organik sehingga DO di perairan menurun. Semakin banyak karbondioksida yang dihasilkan dari proses respirasi, maka pH akan semakin rendah dan berlaku sebaliknya (Muslim *et al.*, 2024). Kondisi ini kurang ideal bagi pertumbuhan fitoplankton, terutama kelompok yang memerlukan pH basa untuk fotosintesis optimal. Rendahnya produktivitas primer juga mengurangi penyerapan  $\text{CO}_2$  terlarut.

### *Pengaruh Turbiditas terhadap Klorofil-a*

Parameter pendukung lain yang menarik adalah turbiditas. Standar Nilai turbiditas optimal perairan umumnya adalah ( $\leq 1$  NTU) (Nephelometric Turbidity Unit). Namun, hasil pengukuran di dua lokasi DAM Utama (11,1 – 6,30 NTU) dan Galumpit (7,6 – 10,50 NTU) menunjukkan tingkat turbiditas yang tinggi dan relatif serupa. Meskipun demikian, dampaknya terhadap produktivitas perairan bisa jadi berbeda. Tingginya nilai turbiditas di DAM Utama diduga disebabkan oleh dominasi partikel biologis, seperti fitoplankton aktif dan bahan organik terlarut. Terlihat dari nilai turbiditas dari kedalaman 0 menuju 3 nilai tertinggi terdapat pada permukaan air yang menandakan kolom air pada permukaan lebih padat dari pada kedalaman. Hal ini sejalan dengan Fachrul *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa turbiditas biologis cenderung mendukung produktivitas perairan karena bahan organik dan biomassa fitoplankton menyerap radiasi matahari, terutama dalam spektrum inframerah, sehingga meningkatkan suhu di lapisan permukaan (Putri *et al.*, 2014).

Suhu yang meningkat meningkatkan aktivitas dekomposisi bahan organik mikroba melepaskan panas sebagai hasil sampingan metabolisme, yang turut berkontribusi pada pemanasan perairan. Kondisi ini memicu kelimpahan fitoplankton, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas perairan meski tingkat kekeruhan cukup tinggi.

Sementara itu, turbiditas tinggi di Galumpit kemungkinan besar berasal dari sedimen anorganik (seperti partikel tanah atau lumpur). Terlihat dari nilai turbiditas Galumpit (7,6 – 10,50 NTU) dengan kepadatan tertinggi di bagian kedalaman. Berbeda dengan DAM Utama, sumber turbiditas non-biologis ini justru dapat menghambat produktivitas karena sedimen anorganik mengurangi intensitas cahaya yang masuk, membatasi fotosintesis fitoplankton. Suhu di Galumpit berkisar (27,3 – 26,88 °C) akibat sedimen tersebut tidak menyerap radiasi sehingga tidak dapat membantu dalam menyediakan suhu yang optimal. Partikel anorganik tidak memberikan kontribusi nutrisi atau energi yang bisa digunakan bagi organisme perairan dalam produktivitas primernya. Menurut Ramanda *et al.* (2018), sistem inlet pada waduk cenderung memiliki produktivitas lebih rendah karena waktu retensi air yang singkat dan fluktuasi parameter fisika-kimia yang lebih besar.



Gambar 2. Diagram perbedaan nilai turbiditas Stasiun Galumpit dengan DAM Utama

### *Karakteristik Stasiun Transisi terhadap Parameter Pendukung*

Kondisi lingkungan di stasiun menengah (Cikanyayan, Astap, Parang Gombang, Cilalawi, KJA Zona 5 dan Zona 3) mendukung pertumbuhan fitoplankton secara optimal. Suhu perairan yang hangat (28,91–30,86°C) dan tingkat keasaman netral hingga basa (pH 7,17–8,88) menciptakan lingkungan ideal untuk proses fotosintesis, sesuai dengan kajian Mustofa (2015). Ketersediaan nutrisi ditunjukkan oleh kandungan bahan organik total (BOT) yang tinggi, terutama di Parang Gombang (14,44 mg/L) dan Cilalawi (13,54 mg/L), yang menyediakan sumber nutrisi penting bagi mikroorganisme perairan.

Dinamika oksigen terlarut (DO) mengungkap pola produktivitas yang aktif di permukaan (kisaran 8,83–11,59 mg/L), namun juga menunjukkan tekanan biologis di lapisan lebih dalam. Penurunan DO signifikan terjadi di kedalaman 3 meter, khususnya di KJA Zona 3 (3,15 mg/L) dan Cikanyayan (4,90 mg/L), mengindikasikan intensitas respirasi dan dekomposisi yang tinggi. Tingkat kekeruhan air (turbiditas) bervariasi antara 3,50–10,50 NTU, dengan puncak tertinggi di Cikanyayan (10,50 NTU) yang sejalan dengan tingginya biomassa fitoplankton teramati. Perbedaan mencolok muncul di zona budidaya (KJA), meski memiliki kondisi fisika serupa dengan stasiun lain—suhu 29.50–30.30°C dan pH 7.78–7.99. Konsentrasi klorofil-a yang lebih rendah (24.63–25.01 µg/L) diduga disebabkan oleh kompetisi nutrisi dari aktivitas budidaya ikan, diperkuat oleh penurunan drastis DO di kedalaman (selisih 5.58 mg/L di KJA Zona 3). Kombinasi faktor ini menunjukkan potensi hipoksia lokal di wilayah budidaya.

### **Status Trofik dan Implikasinya**

Konsentrasi klorofil-a dapat dijadikan petunjuk untuk dalam menentukan status trofik suatu perairan (Linus, Salwiyah, & Irawati, 2016). Status trofik merupakan indikator tingkat kesuburan suatu perairan yang digunakan untuk memonitor kualitas perairan.. Status trofik merupakan bobot total bahan biologi yang hidup (biomassa) dalam perairan pada lokasi dan waktu tertentu dan sering kali digunakan untuk mengelompokkan ekosistem perairan berdasarkan produktivitas biotiknya (Asriyana & Irawati, 2019). Status trofik perairan merupakan fenomena kompleks yang tidak dapat diukur dari parameter tunggal (Anggraeni, 2016).

Tabel 6. Hasil klasifikasi tingkat trofik klorofil-a

Stasiun	Status Trofik (Wetzel, 2001)	Status Trofik (Hollister & Milstead, 2016)
Galumpit	Oligotrofik	Oligotrofik
Cikanyayan	Eutrofik	Hipereutrofik
Astap	Eutrofik	Hipereutrofik
Parang Gombang	Eutrofik	Hipereutrofik
KJA Zona 5	Eutrofik	Eutrofik
KJA Zona 3	Eutrofik	Eutrofik

Stasiun	Status Trofik (Wetzel, 2001)	Status Trofik (Hollister & Milstead, 2016)
Cilalawi	Eutrofik	Hipereutrofik
DAM Utama	Eutrofik	Hipereutrofik

Hasil analisis status trofik selama periode penelitian menggunakan nilai kelimpahan klorofil-a sebagai indikator penentu. Nilai rata-rata kelimpahan secara keseluruhan berkisar 31,92 ( $\mu\text{g/L}$ ) nilai tersebut menunjukkan tingkat perairan yang relative subur. Sebaran klorofil-a menentukan kesuburan suatu perairan (Hasibuan *et al.*, 2017). Berdasarkan pada tabel 6 status trofik dalam klasifikasi Wetzel (2001), sebagian besar stasiun di Waduk Jatiluhur tergolong eutrofik (klorofil-a  $>15 \mu\text{g/L}$ ) namun bila menggunakan klasifikasi pembaruan Hollister *et al.* (2015), terlihat dari kelimpahan (klorofil-a  $>30 \mu\text{g/L}$ ) tergolong Hipereutrofik. Stasiun DAM Utama, Cilalawi, Astap, Cikanyanyan, dan Parang Gombang menunjukkan status hipereutrofik dengan kisaran kelimpahan (klorofil-a  $>30 \mu\text{g/L}$ ), hal tersebut mengindikasikan kesuburan perairan yang ekstrem akibat masukan nutrisi berlebih. Kondisi ini berpotensi memicu *algal blooming*, yang dapat menurunkan kualitas air melalui penipisan oksigen (hipoksia) dan toksisitas fitoplankton tertentu. Pada stasiun KJA Zona 5 dan Zona 3 tergolong sebagai perairan eutrofik dengan nilai kelimpahan (klorofil-a  $> 7$  dan  $\leq 30 \mu\text{g/L}$ ).

Sementara Stasiun Galumpit tergolong oligotrofik dengan nilai kelimpahan (klorofil-a  $1,18 \mu\text{g/L}$ ), yang menunjukkan keterbatasan nutrisi dan produktivitas primer yang rendah. Hal ini perlu menjadi perhatian karena zona inlet berperan sebagai sumber nutrisi bagi ekosistem waduk. Rendahnya kesuburan di area ini mungkin dipengaruhi oleh aliran sungai yang cepat dan sedimentasi, yang mengurangi retensi nutrisi. Hal ini sesuai pernyataan Patty (2017) bahwa dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kadar oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Dalam konteks penilaian kualitas perairan, klasifikasi status trofik Hollister & Milstead bermanfaat untuk skrining cepat, tetapi ada kekurangan spesifik untuk tropis tanpa adaptasi. Sementara itu, Wetzel tetap menjadi *gold standard* untuk diagnosa eutrofikasi di wilayah dengan produktivitas alami tinggi. Kolaborasi keduanya (dengan kalibrasi) akan memberikan hasil paling *robust*.

## Potensi Produksi Ikan dan Hubungannya dengan Klorofil-a

Potensi produksi ikan didefinisikan sebagai estimasi jumlah sumber daya ikan yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan tanpa mengancam kelestarian ekosistem (Bussalam & Junianto, 2024). Parameter oseanografi salah satunya seperti konsentrasi klorofil-a menjadi indikator kunci untuk menilai kesuburan perairan Khususnya, klorofil-a berperan sebagai proksi produktivitas primer karena menggambarkan kelimpahan fitoplankton, yang merupakan dasar rantai makanan akuatik (Mustari *et al.*, 2018). Fitoplankton tidak hanya menjadi sumber pakan bagi ikan herbivora, tetapi juga mendukung populasi zooplankton sebagai makanan ikan karnivora (MZ *et al.*, 2015). Dengan demikian, wilayah dengan konsentrasi klorofil-a tinggi cenderung memiliki potensi produksi ikan yang lebih besar (Nuzapril *et al.*, 2017). Hal ini diperkuat oleh Ningsih & Dukalang (2019) yang menyatakan bahwa peningkatan produktivitas primer akibat tingginya klorofil-a dapat mengakumulasi ikan pelagis kecil, yang selanjutnya menjadi mangsa bagi ikan predator tingkat tinggi.

Estimasi potensi produksi ikan di Waduk Jatiluhur dilakukan dengan menggunakan persamaan Almazan & Boyd (1990) yang disajikan pada Tabel 7 menunjukkan estimasi rata-rata sebesar 49.716,14 ton/tahun. Nilai estimasi per stasiun menunjukkan variasi signifikan. Stasiun DAM Utama mencatat potensi nilai tertinggi sebesar (71.844,11 ton/tahun), hal tersebut konsisten dengan nilai konsentrasi klorofil-a yang tinggi.

Tabel 7. Hasil perhitungan potensi perikanan di Waduk Jatiluhur

Stasiun	Klorofil-a	Potensi Produksi Ikan (ton/tahun)
Galumpit	1,18	2.502,53
Cikanyanyan	42,39	63.877,22
Astap	35,97	57.101,10
Parang Gombang	41,85	63.349,71
KJA Zona 5	25,01	43.159,36
KJA Zona 3	24,63	42.622,19
Cilalawi	32,72	53.723,49
Dam utama	51,64	71.844,11
Rata-rata	29,88	49.716,14

Nilai terendah berada pada stasiun Galumpit dengan estimasi sebesar (2.502,53 ton/tahun). Tinggi rendahnya potensi perikanan pada setiap stasiun dipengaruhi langsung oleh nilai produktivitas primer dan konsentrasi klorofil-a. aktivitas para nelayan bisa difokuskan pada daerah yang dianggap potensial. Apabila dibandingkan estimasi Waduk Jatiluhur jauh melampaui produksi optimum Danau Singkarak (21.852 ton/tahun pada 2023) nilainya setengah dari nilai estimasi rata-rata potensi produksi ikan waduk jatiluhur (Aini *et al.*, 2023). Hal tersebut kemungkinan dikarenakan Danau Singkarak memiliki sistem tertutup tanpa aliran nutrisi masukan/keluaran sehingga cenderung lebih kecil namun lebih stabil dibandingkan waduk yang akan mengalami variasi nilai yang dipengaruhi oleh sistem terbuka dengan aliran nutrisi masukan/keluaran. Kasus lain pada Waduk Cacaban (Krettiawan *et al.*, 2023) pada tahun 2022 tercatat nilai potensi produksi ikan mencapai 246,93 ton dengan rata-rata produksi perbulan 20,58 ton. Bila dibandingkan dengan waduk jatiluhur, Waduk Jatiluhur menunjukkan kapasitas yang jauh lebih tinggi pasalnya dipengaruhi oleh luas cakupan wilayah sebesar 83 km<sup>2</sup> dibandingkan Waduk Cacaban yang luas perairan sebesar 59 km<sup>2</sup>. Sebaliknya, di Stasiun Galumpit di kategorikan sebagai zona oligotrofik, nilai estimasi potensi produksi ikannya yang terendah berkisar (2.502,53 ton/tahun) hal tersebut mencerminkan keterbatasan sumber daya pakan alami seperti nutrisi ditambah kelimpahan fitoplankton yang rendah berdampak pula pada kelimpahan klorofil-a dalam menunjang produktivitas primer perairan. Fitoplankton sebagai produsen primer menjadi basis rantai makanan, mendukung kelimpahan zooplankton sebagai pakan alami ikan dan dengan adanya kelimpahan ikan pemakan plankton tentu akan berefek pada kelimpahan pemakan ikan konsumen. Namun Kembali lagi bila nilai estimasinya dibandingkan dengan Waduk Cacaban stasiun Galumpit masih bisa mendukung produksi perikanan tetapi dengan perhatian khusus agar nilai estimasi itu bisa terealisasi.

Perlu diperhatikan bahwa status trofik eutrofik-hipereutrofik di sebagian besar waduk berisiko menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem. Produktivitas ikan yang tinggi di zona ini mungkin tidak berkelanjutan jika diiringi algal blooming dan penurunan kualitas air. Klorofil-a tidak hanya mencerminkan status trofik, tetapi juga menjadi indikator kunci bagi potensi perikanan. Pengelolaan terintegrasi diperlukan untuk menyeimbangkan produktivitas perikanan dengan keberlanjutan ekosistem Waduk Jatiluhur. Implikasi temuan ini menekankan pentingnya pengelolaan berbasis zonasi, dengan fokus penangkapan ikan di daerah produktif seperti DAM Utara, Cikanyanyan, dan Parang Gombang. Kontrol nutrisi melalui regulasi limbah dan monitoring rutin parameter kualitas air diperlukan untuk mencegah algal blooming, sedangkan di Galumpit, intervensi seperti sediment trap atau penambahan nutrisi terukur dapat meningkatkan produktivitas. Pengendalian limbah organik dari KJA dan monitoring parameter kualitas air (pH, BOT, turbiditas) juga penting untuk menjaga stabilitas ekosistem. Dengan demikian, estimasi produksi tinggi di Waduk Jatiluhur tidak hanya mencerminkan potensi ekonomi, tetapi juga tanggung jawab menjaga keseimbangan ekologis jangka panjang.

## SIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan variasi spasial ekstrem konsentrasi klorofil-a di Waduk Jatiluhur, berkisar dari status oligotrofik (1,18 µg/L) di Stasiun Galumpit hingga hipereutrofik (51,64 µg/L) di

Stasiun DAM Utama berdasarkan standar Hollister & Milstead (2016). Sebagian besar wilayah waduk tergolong eutrofik hingga hipereutrofik (klorofil-a >7 µg/L). Potensi produksi ikan mencapai 49.716,14 ton/tahun dengan DAM Utama sebagai zona potensial tertinggi, namun kondisi trofik ekstrem ini berisiko mengganggu keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang tepat dan diharapkan dapat mendukung pemanfaatan sumber daya perikanan secara berkelanjutan sekaligus menjaga kesehatan ekosistem Waduk Jatiluhur.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada BRPSDI atas penyediaan fasilitas laboratorium yang memungkinkan penelitian ini terlaksana dengan baik. Penulis juga mengapresiasi dukungan teknis dari tim lapangan BRPSDI yang berperan penting dalam kelancaran pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A., Zainuri, M., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Subardjo, P., Suryosaputro, A. A. D., & Handoyo, G. (2018). Analisis sebaran klorofil-a dan suhu permukaan laut sebagai fishing ground potensial (Ikan pelagis kecil) di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 67. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.20378>
- Aini, S., Sudino, D., Putra, A., Nuraini, Y., Maulita, M., Ramadhanty, N. R., Hamdani, H., Aulia, D., & Suriadin, H. (2023). Estimasi potensi produksi ikan di Danau Singkarak Sumatera Barat berdasarkan nilai klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH): Jurnal Akuakultur, Teknologi Dan Manajemen Perikanan Tangkap Dan Ilmu Kelautan*, 6(1), 79–85. <https://doi.org/10.33096/joint-fish.v6i1.157>
- Anggraeni, A. (2016). *Status trofik Waduk Gajahmungkur Wonogiri secara spasial dan temporal* [Thesis]. Universitas Gadjah Mada.
- APHA. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.
- Asriyana, A., & Irawati, N. (2019). Assessment of the trophic status in Kendari Bay, Indonesia: A case study. *AACL Bioflux*, 12(2), 650–663.
- Assoniwora, M. (2011). *Ilmu ilmiah "MUJIB ASSONIWORA"*. Ilmu ilmiah "MUJIB ASSONIWORA"
- Astuti, L. P., Nurfiarini, A., Sugianti, Y., Warsa, A., Rahman, A., & Hendrawan, A. L. S. (2016). *Tatakelola perikanan berkelanjutan Waduk Jatiluhur* (Cetakan Pertama). Deepublish.
- Ayuningsih, M. S., Hendarto, B., & Purnomo, P. W. (2014). Distribusi kelimpahan fitoplankton dan klorofil-a di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: Hubungannya dengan kandungan nitrat dan fosfat di perairan. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(2), 138–147.
- Boyd, C. E. (1988). *Water quality in warmwater fish ponds*. Auburn University, Agricultural Experiment Station.
- Buma, W. G., & Lee, S.-I. (2020). Evaluation of sentinel-2 and landsat 8 images for estimating chlorophyll-a concentrations in Lake Chad, Africa. *Remote Sensing*, 12(15), 2437. <https://doi.org/10.3390/rs12152437>
- Bussalam, R., & Junianto, J. (2024). Analisis sebaran potensi produksi perikanan tangkap di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 7(9), 4471–4479.
- Fachrul, M. F., Rinanti, A., Hendrawan, D., & Satriawan, A. (2017). Kajian kualitas air dan keanekaragaman jenis fitoplankton di Perairan Waduk Pluit Jakarta Barat. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 1(2). <https://doi.org/10.25105/pdk.v1i2.1458>
- Hamzah, H., Maarif, M. S., Marimin, M., & Riani, E. (2017). Status mutu air Waduk Jatiluhur dan ancaman terhadap proses bisnis vital. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1), 47–60. <https://doi.org/10.32679/jsda.v12i1.164>
- Hasibuan, I. F., Hariyadi, S., & Adiwilaga, E. M. (2017). Water quality state and trophic of PLTA Koto Panjang Reservoir, Riau Province. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(3), 147–155. <https://doi.org/10.18343/jipi.22.3.147>
- Hollister, J. W., Milstead, W. B., & Kreakie, B. J. (2015). Modelling lake trophic state: A random forest approach. In *PeerJ PrePrints*. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1319v1>

- Indrayanti, E., Maslukah, L., Astariningrum, M., & Zainuri, M. (2022). Impact of nutrients and suspended particulate matter on phytoplankton chlorophyll-a biomass, in the estuary of Kendal, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(4), 212–218. <https://doi.org/10.12912/27197050/150635>
- Jumaidi, A., Yulianto, H., & Efendi, E. (2017). Pengaruh debit air terhadap perbaikan kualitas air pada sistem resirkulasi dan hubungannya dengan sintasan dan pertumbuhan benih ikan gurame (*Oshpronemus Gouramy*). *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 5(2), 587–596.
- Krettiawan, H., Sumiarsih, S., Septiana, S., Mulyandari, N., Karyoto, K., & Irawan, A. (2023). Potensi perikanan berbasis budidaya untuk pangan dan wisata di Waduk Cacaban, Tegal, Indonesia. *Jurnal Marikultur*, 5(2), 29–39.
- Linus, Y., Salwiyah, S., & Irawati, N. (2016). Status kesuburan perairan berdasarkan kandungan klorofil-a di Perairan Bungkutoko Kota Kendari. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 2(1), 101–111.
- Marlian, N., Damar, A., & Effendi, H. (2015). The horizontal distribution chlorophyll-a fitoplankton as indicator of the tropic state in waters of Meulaboh Bay, West Aceh. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 272–279. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.272>
- Maslukah, L., Ismunarti, D., Widada, S., Sandi, N., & Prayitno, H. (2022). The interaction of chlorophyll-a and total suspended matter along the Western Semarang Bay, Indonesia, based on measurement and retrieval of sentinel 3. *Journal of Ecological Engineering*, 23(10), 191–201. <https://doi.org/10.12911/22998993/152428>
- Maslukah, L., Setiawan, R., Nurdin, N., Helmi, M., & Widiarati, R. (2022). Phytoplankton chlorophyll-a biomass and the relationship with water quality in Barrang Caddi, Spermonde, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(1), 25–33. <https://doi.org/10.12912/27197050/143064>
- Muslim, M., Kasim, M., & Salwiyah, S. (2024). Studi penyebaran clorophill a di sekitar daerah budidaya rumput laut di Desa Bungin Permai. *Jurnal Ilmiah Wahana Laut Lestari (JIWaLL)*, 1(2), 192–203. <https://doi.org/10.33096/jiwall.v1i2.442>
- Mustari, S., Rukminasari, N., & Dahlan, M. A. (2018). Struktur komunitas dan kelimpahan fitoplankton di Pulau Kapoposang Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1(1), 51–65.
- Mustofa, A. (2015). Kandungan nitrat dan phospat sebagai faktor tingkat kesuburan perairan pantai. *Jurnal DISPROTEK*, 6(1), 13–19.
- MZ, N., Soewardi, K., & Pratiwi, N. T. M. (2015). Penentuan daya dukung perairan untuk perikanan alami (Studi kasus: Situ cilala, Kabupaten Bogor). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(1), 66–71.
- Nazula, A. H., Rahman, A., & Winarso, G. (2019). Metode pemetaan sebaran klorofil-a secara spasial dan temporal di Teluk Jakarta menggunakan citra Aqua MODIS. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6*.
- Ningsih, S., & Dukalang, H. H. (2019). Penerapan metode suksesif interval pada analisis regresi linier berganda. *Jambura Journal of Mathematics*, 1(1), 43–53. <https://doi.org/10.34312/jjom.v1i1.1742>
- Nugraheni, A. D., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Maslukah, L. (2022). Sebaran klorofil-a secara horizontal di perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 221–230. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.40004>
- Nuzapril, M., Susilo, S. B., & Panjaitan, J. P. (2017). Hubungan antara konsentrasi klorofil-a dengan tingkat produktivitas primer menggunakan citra satelit LANDSAT-8. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 8(1), 105–114. <https://doi.org/10.24319/jtpk.8.105-114>
- Ogashawara, I., Kiel, C., Jechow, A., Kohnert, K., Ruhtz, T., Grossart, H.-P., Hölker, F., Nejstgaard, J. C., Berger, S. A., & Wollrab, S. (2021). The use of sentinel-2 for chlorophyll-a spatial dynamics assessment: A comparative study on different lakes in Northern Germany. *Remote Sensing*, 13(8), 1542. <https://doi.org/10.3390/rs13081542>
- Patty, S. I. (2017). Oksigen terlarut dan apparent oxygen utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(1), 54–60. <https://doi.org/10.35800/jip.6.1.2018.17972>

- Patty, S. I., Arfah, H., & Abdul, M. S. (2015). Zat hara (fosfat, nitrat), oksigen terlarut dan pH kaitannya dengan kesuburan di perairan Jikumerasa, Pulau Buru. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 3(1), 43. <https://doi.org/10.35800/jplt.3.1.2015.9578>
- Permanasari, S. W. A., Kusriani, K., & Widjanarko, P. (2017). Tingkat kesuburan perairan di Waduk Wonorejo dalam kaitannya dengan potensi ikan. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(2), 88–94.
- Pratiwi, E. D., Koenawan, C. J., & Zulfikar, A. (2015). *Hubungan kelimpahan plankton terhadap kualitas air di perairan Malang Rapat Kabupaten Bintang Provinsi Kepulauan Riau*.
- Putri, D. H., Yusuf, Muh., & Maslukah, L. (2014). Sebaran kandungan bahan organik total di Perairan Muara Sungai Porong Kabupaten Sidoarjo. *Journal of Oceanography*, 3(4), 610–617.
- Rahman, A. A., Perwira, I. Y., & Kartika, I. W. D. (2022). Kandungan bahan organik total (BOT) dan kekeruhan pada air di Estuari DAM, Badung, Bali. *Current Trends in Aquatic Science V*, 5(2), 142–147.
- Rahman, A., Astuti, L. P., Warsa, A., & Sentosa, A. A. (2022). Prediksi konsentrasi klorofil-a menggunakan data citra satelit sentinel-2A di Waduk Jatiluhur Kabupaten Purwakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(2), 165–171. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i2.5192>
- Ramanda, O. A., Sulardiono, B., & Ain, C. (2018). Analisa kualitas perairan ditinjau dari tingkat saprobitas dan kandungan klorofil di Muara Sungai Bodri Kendal. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6(1), 67–76. <https://doi.org/10.14710/marj.v6i1.19812>
- Rohmah, W. S., Suryanti, S., & Muskananfolo, M. R. (2016). Pengaruh kedalaman terhadap nilai produktivitas primer di Waduk Jatibarang Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(3), 150–156. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i3.14402>
- Sugiyono, S. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif & RND*. Alfabeta.
- Supriyantini, E., Nuraini, R. A. T., & Fadmawati, A. P. (2017). Studi kandungan bahan organik pada beberapa muara sungai di kawasan ekosistem mangrove, di wilayah pesisir pantai utara Kota Semarang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 29. <https://doi.org/10.14710/buloma.v6i1.15739>
- Swayati, D. P., Muskananfolo, M. R., & Rudiyaniti, S. (2015). Konsentrasi klorofil-a, nitrat dan fosfat untuk menilai kesuburan muara Sungai Wakak, Kendal. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(4), 71–79.
- Syaifullah, H. A. F. A., Zaky, M. A., Muaffaq, M. A., & Masruroh, H. (2025). Analisis korelasi indeks klorofil-a dengan turbiditas pada Waduk Karangates berbasis citra satelit sentinel-2A. *El-Jughrafiyah*, 5(1), 24–31.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02112-6>