



## **Pengaruh Nutrien Antropogenik terhadap Kandungan Klorofil-a sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Situ Cipondoh**

**Aditya Rahman KN<sup>1</sup>, Dwi Ratnasari<sup>1</sup>, dan Jeni Pertiwi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail: [aditya@untirta.ac.id](mailto:aditya@untirta.ac.id)

Submitted 6 December 2021. Reviewed 17 February 2022. Accepted 24 March 2022.

DOI: [10.14203/oldi.2022.v7i2.391](https://doi.org/10.14203/oldi.2022.v7i2.391)

### **Abstrak**

Situ Cipondoh merupakan tandon air terbesar di Kota Tangerang yang memiliki peranan penting di bidang pengairan, perikanan, pertanian, kuliner, dan wisata. Hal ini mendorong perlunya dilakukan pemantauan kualitas perairan untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas dan kerusakan situ yang dapat memberikan banyak dampak negatif. Klorofil-a fitoplankton digunakan sebagai bioindikator kualitas perairan karena dapat memberikan respon terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi status tropik dan kualitas perairan berdasarkan kandungan klorofil-a, melihat pola sebaran horizontal klorofil-a berdasarkan nutrien antropogenik, dan mengkaji pengaruh parameter lingkungan terhadap kandungan klorofil-a di Situ Cipondoh. Klorofil-a diukur pada bulan September-Desember 2020 di lima stasiun menggunakan metode spektrofotometri. Pengaruh indikator lingkungan terhadap klorofil-a dianalisis menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). Hasil menunjukkan seluruh stasiun mengalami eutrofikasi dan mengalami pencemaran tingkat sedang. Stasiun dengan nutrien antropogenik yang lebih tinggi memiliki klorofil-a lebih tinggi. Kandungan klorofil-a dipengaruhi oleh parameter nitrit, fosfat, dan BOD.

**Kata Kunci:** antropogenik, klorofil-a, status trofik.

### **Abstract**

**The Impact of Anthropogenic Nutrient on Chlorophyll-a as a Bioindicator of Water Quality in Cipondoh Lake.** Cipondoh Lake is the largest water reservoir in Tangerang City, which has a vital role in irrigation, fisheries, agriculture, culinary, and tourism. Water quality monitoring is important to prevent lake destruction that may cause many negative impacts. The concentration of chlorophyll-a in phytoplankton is a good bioindicator of water quality study due to its ability to respond to environmental changes. This study aims to identify trophic levels and water quality based on the chlorophyll-a concentration, to identify the horizontal distribution of chlorophyll-a based on anthropogen nutrients, and to examine the impact of environmental parameters on chlorophyll-a concentration in Cipondoh Lake. Chlorophyll-a samples were tested at five stations using the spectrophotometric method during a study from September to December 2020. The impact of ecological parameters on chlorophyll-a was analyzed using Principle Component Analysis. Results showed that all stations were eutrophicated and classified as

moderately polluted. Some stations with more dense and diverse anthropogenic nutrients had higher chlorophyll-a. The chlorophyll-a concentration is affected by values of nitrite, phosphate, and BOD.

**Keywords:** anthropogenic, chlorophyll-a, trophic state.

## Pendahuluan

Kota Tangerang merupakan kota terpadat di Provinsi Banten dengan jumlah penduduk 2.093.706 jiwa (BPS Kota Tangerang, 2017). Panduan pengadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) menganjurkan keberadaan RTH dengan fungsi utama dalam bidang ekologis, sosial, dan hidrologis di kota padat penduduk. Salah satu ruang terbuka yang memenuhi kebutuhan tersebut dan terbesar di Kota Tangerang adalah Situ Cipondoh. Lokasi yang strategis menjadikan Situ Cipondoh sebagai salah satu tempat rekreasi favorit di Kota Tangerang dengan aktivitas antropogenik yang tinggi. Hal ini memungkinkan adanya polutan hasil aktivitas antropogenik yang masuk ke dalam situ.

Aktivitas antropogenik menjadi penyumbang terbesar limbah organik yang dapat meningkatkan status pencemaran (Rahman et al., 2011). Kerusakan dan penurunan kualitas perairan yang dibiarkan terus-menerus dapat mengganggu kehidupan organisme di dalamnya (Adack, 2013). Perubahan dan kerusakan pada situ mengindikasikan adanya perilaku antroposentrisme masyarakat di sekitar situ. Paham antroposentrisme merupakan paham yang bersifat eksploitatif terhadap alam. Paham antroposentrisme seringkali dianggap sebagai paham penyebab kerusakan alam dibandingkan etika lingkungan lainnya (Keraf, 2010). Ekosentrisme memiliki pandangan berbanding terbalik dengan antroposentrisme. Ekosentrisme menganggap seluruh komunitas biologis (biotik maupun abiotik) saling berkaitan, memiliki kedudukan dan hak yang sama (Karim, 2010), sehingga manusia harus menjaga alam agar tetap stabil untuk menghindari permasalahan lingkungan.

Salah satu permasalahan yang terjadi di Situ Cipondoh yaitu terjadi penurunan luas situ hingga 25% dari luas awal (Pancawati & Syaifullah, 2014). Situ Cipondoh juga menjadi salah satu danau kota di kawasan Jabodetabek yang hampir setengah dari luas total mengalami kerusakan (Henny & Meutia, 2014). Hal ini berbanding terbalik dengan Kepres No. 32 Tahun 1990 yang menyatakan bahwa

danau/waduk merupakan daerah yang dilindungi agar tidak terjadi penurunan kualitas perairan.

Organisme yang pertama kali merasakan dampak penurunan kualitas perairan adalah fitoplankton karena peranannya sebagai produsen primer (Sari et al., 2014). Seluruh jenis fitoplankton memiliki pigmen klorofil-a di dalam selnya. Pengukuran klorofil-a mampu mewakili seluruh keberadaan fitoplankton dalam suatu perairan. Peningkatan klorofil-a atau fitoplankton pada perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ; nutrisi (kandungan nitrogen dan fosfat), variabel fisik (cahaya), ion-ion logam dan zat organik (de Oliveira Marcionilio et al., 2016; Li et al., 2017; Wei et al., 2016). Perairan yang telah tercemar oleh sampah anorganik dan organik yang menyebabkan tertutupnya badan air akan diikuti dengan kelimpahan fitoplankton yang rendah (Indriani et al., 2016). Salah satu bahan pencemar yang mampu menghambat pertumbuhan fitoplankton adalah ion kadmium ( $Cd^{2+}$ ) (Muliadi, 2015).

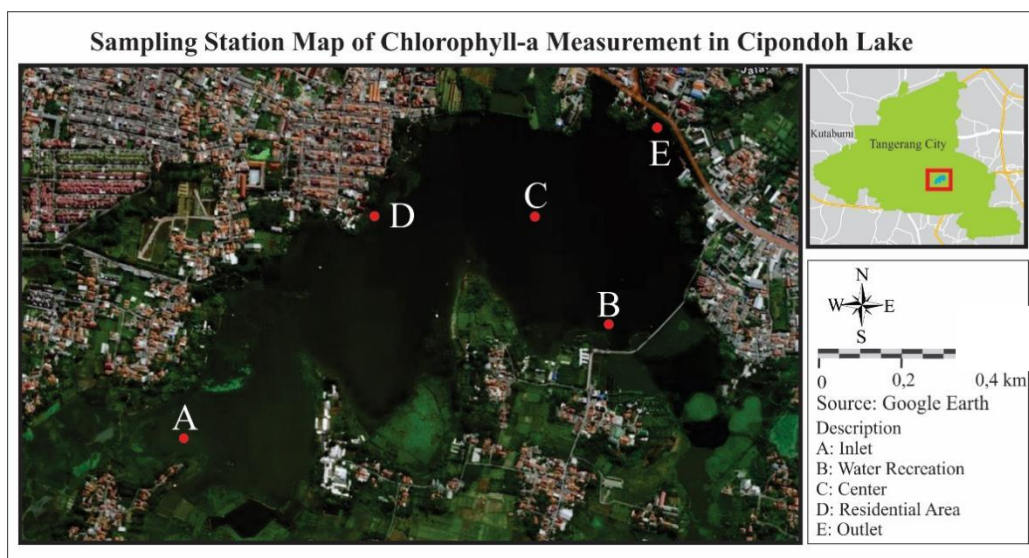
Tingginya kandungan klorofil-a akan berdampak negatif terhadap penurunan kandungan oksigen terlarut (DO) pada perairan. Kandungan klorofil-a yang tinggi akan memacu peningkatan dekomposisi bahan organik maupun an-organik oleh bakteri aerob, sehingga konsumsi oksigen oleh bakteri akan meningkat. Hal tersebut yang menyebabkan DO di perairan menjadi rendah dan akan menyebabkan kematian pada populasi ikan yang berada pada perairan tersebut (Gypens et al. 2009; Inayati & Farid, 2020). Kandungan klorofil-a yang tinggi dapat dijadikan sebagai bioindikator untuk memonitor kualitas perairan (Belingger & David, 2010).

Monitoring kualitas perairan sangat diperlukan untuk menghindari dampak negatif dari buruknya kualitas perairan terhadap ekosistem mahluk hidup di dalamnya, salah satunya dengan melakukan pengukuran kandungan klorofil-a. Aktivitas antropogenik di sekitar Situ Cipondoh diduga menjadi salah satu penyumbang nutrien ke badan air yang dapat meningkatkan status trofik dan menurunkan kualitas perairan seperti pada penelitian Syawal

et al. (2016). Hal ini mendorong perlunya dilakukan pengukuran klorofil-a di Situ Cipondoh berdasarkan aktivitas antropogenik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi status tropik dan kualitas perairan berdasarkan kandungan klorofil-a, melihat pola sebaran horizontal klorofil-a berdasarkan nutrien antropogenik, dan mengkaji pengaruh parameter lingkungan terhadap kandungan klorofil-a di Situ Cipondoh.

## Metodologi

Penelitian dilakukan pada bulan September – Desember 2020 di Situ Cipondoh Kota Tangerang. Lokasi *sampling* terdiri dari lima stasiun yang ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan pengaruh nutrien dari aktivitas antropogenik pada Situ Cipondoh. Dasar penentuan stasiun penelitian yaitu aktivitas antropogenik di sekitar situ yang berpotensi menghasilkan limbah ke badan air (Syawal et al., 2016).



Gambar 1. Peta Stasiun Pengambilan Sampel.

Figure 1. Sampling Station Map.

Pengambilan sampel air dilakukan pada lapisan permukaan dengan menggunakan botol HDPE 1 liter dari kedalaman 50 cm (Shaleh et al., 2014). Botol HDPE lalu diletakkan dalam *ice box* yang telah diisi dengan es batu sebagai pendingin. Pengambilan sampel di lapangan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Agroekoteknologi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa untuk dianalisis. Kandungan klorofil-a diukur menggunakan metode spektrofotometrik trikromatik (Clesceri et al., 1999).

Sampel air 200 ml disaring menggunakan kertas saring Whatman *cellulose* diameter 70

mm dengan bantuan pompa vakum. Larutan  $MgCO_3$  ditambahkan sebanyak 10 ml melewati kertas saring. Kertas saring disimpan dalam *tube* dan 10 ml aseton 90% ditambahkan, lalu didiamkan dalam lemari pendingin selama 24 jam. Kertas saring digerus menggunakan mortar dan alu, lalu dimasukkan kembali ke dalam *tube* berisi aseton 90%. Campuran kertas saring dan pelarut disentrifus 30 menit dengan kecepatan 1.000 rpm. Cairan bening yang terbentuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm, 630 nm, 647 nm, dan 664 nm (Clesceri et al., 1999).

Tabel 1. Keterangan Stasiun Penelitian.  
Table 1. Description of the Sampling Station.

Station	Physical Description	Anthropogenic Activity
<b>A</b>	Inlet	Fishing Local people's plantations Settlement <sup>3</sup> Water surface plants <sup>4</sup>
<b>B</b>	Water recreation	Fishing Water recreation Culinary tourism Settlement <sup>2</sup> Floating net cages around the zone <sup>2</sup> Water surface plants <sup>3</sup>
<b>C</b>	Center	Catch fish, shrimp and shellfish Passed by water from the previous station
<b>D</b>	Residential area	Settlement <sup>1</sup> Floating net cages <sup>1</sup> Local's farm Fishing Water surface plants <sup>1</sup>
<b>E</b>	Outlet	Fishing Culinary tourism Swimming Passed by water from all station Water surface plants <sup>2</sup>

Note: Smaller pointer value = larger area/higher level.

Kandungan klorofil-a selanjutnya dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Chl-a} = \frac{\{(11.85 \times E_{664}) - (1.54 \times E_{647}) - (0.08 \times E_{630})\} \times V_e}{V_s \times d}$$

Keterangan:

Chl-a = Klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)  
 E 664 = Abs 664 nm – Abs 750 nm  
 E 647 = Abs 647 nm – Abs 750 nm  
 E 630 = Abs 630 nm – Abs 750 nm  
 V<sub>e</sub> = Volume ekstrak aseton (mL)  
 V<sub>s</sub> = Volume sampel air disaring (L)  
 d = Diameter kuvet (1 cm) (S.W. Jeffrey dan G.F. Humphrey dalam Clesceri et al. 1999)

Parameter lingkungan yang diukur antara lain suhu, TDS, pH, dan DO secara insitu, sedangkan TSS, nitrit, nitrat, BOD, dan fosfat

dilakukan secara eksitu. Suhu diukur menggunakan termometer digital. Pengukuran TDS menggunakan TDS meter digital TDS-3 jenis *hand hold* dan TSS diukur menggunakan metode gravimetri (Clesceri et al., 1999). Pengukuran pH menggunakan Lutron pH-201. Pengukuran DO menggunakan Lutron DO-5509 *Dissolved Oxygen Meter*. Pengukuran BOD menggunakan metode winkler SNI 6989.72-2009 BSN (2009). Nitrit diukur menggunakan metode kalorimetri SNI 06-6989.9-2004 BSN (2004), nitrat diukur dengan metode reduksi kadmium IK 7.2.1.22 KA (spektrofotometri), dan fosfat diukur dengan metode asam askorbat SNI 06-6989.31-2005 BSN (2005) Air secara eksitu di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten.

Tabel 2. Tingkat Pencemaran Bahan Organik dan Status Trofik Perairan Berdasarkan Konsentrasi Klorofil-a.

Table 2. Water Organic Pollution Level and Trophic State Based on Chlorophyll-a Concentration.

Chlorophyll-a (mg/m <sup>3</sup> )	Pollution Level	Average Concentration of Chlorophyll-a (mg/m <sup>3</sup> )	Trophic State
≤ 10	Normal	<1	Ultra-oligotroph
10 - ≤ 60	Moderate pollution	1-2,5	Oligotroph
60 - ≤ 120	Distict pollution	2,5-8	Mesotroph
120 - ≤ 300	Severe pollution	8-25	Eutroph
> 300	Catastrophic pollution	>25	Hyper-eutroph

[Sumber: Bellinger &amp; David, 2010]

Antroposentrisme dan ekosentrisme diukur menggunakan angket yang diadaptasi dari penelitian penelitian Xue et al. (2016) dan Kopnina (2017). Instrumen terdiri dari 11 pernyataan antroposentrisme dan 12 pernyataan ekosentrisme. Skala pengukuran yang digunakan yaitu skala likert dengan skor 1-4 (1 = sangat

tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, 4 = sangat setuju). Skor total antroposentrisme dan ekosentrisme dari setiap responden dihitung. Rata-rata total skor seluruh responden dari setiap stasiun dihitung, lalu tingkatan antroposentrisme dan ekosentrisme tiap stasiun ditentukan berdasarkan kriteria pada tabel 3.

Tabel 3. Interval Skor Tingkatan Antroposentrisme dan Ekosentrisme.

Table 3. Score intervals of Anthropocentrism and Ecocentrism Level.

Level	Interval Score of Anthropocentrism	Interval Score of Ekocentrism
High	34 – 44	37 - 48
Medium	22 – 33	25 – 36
Low	11 – 21	12 – 24

[Mulyana et al., 2017 dengan modifikasi]

### Analisis Statistik

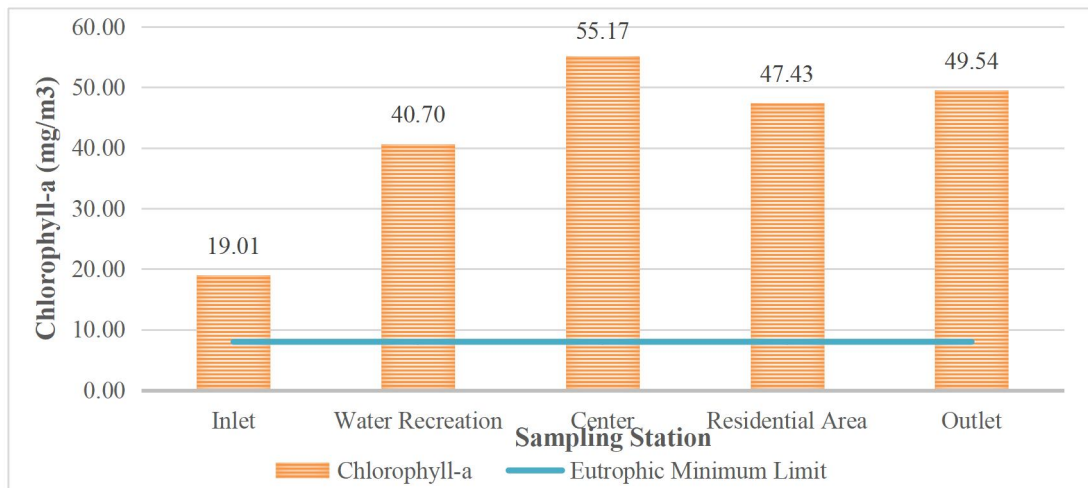
Untuk melihat perbedaan kandungan klorofil-a antar lokasi dianalisis menggunakan Anova, lalu dilanjutkan dengan uji BnT (Gladan et al., 2015; Santi et al., 2017). Pengaruh parameter lingkungan terhadap klorofil-a dianalisis menggunakan uji PCA, sedangkan hubungan antroposentrisme dan ekosentrisme terhadap klorofil-a dianalisis menggunakan Uji Korelasi Pearson dengan bantuan SPSS 20.

### Hasil

Klorofil-a fitoplankton tertinggi terdapat pada stasiun tengah danau (stasiun C) berkisar antara 44,72 mg/m<sup>3</sup> – 60,76 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan

klorofil-a terendah ditemukan pada *inlet* (stasiun A) berkisar antara 10,90 mg/m<sup>3</sup> – 26,95 mg/m<sup>3</sup>. Zona wisata (stasiun B) memiliki kisaran klorofil-a antara 37,30 mg/m<sup>3</sup> – 44,76 mg/m<sup>3</sup>. Zona sekitar pemukiman (stasiun D) memiliki kisaran klorofil-a antara 44,69 mg/m<sup>3</sup> – 49,40 mg/m<sup>3</sup>. Outlet memiliki kisaran klorofil-a antara 42,31 mg/m<sup>3</sup> – 53,95 mg/m<sup>3</sup>.

Tingkat pencemaran kelima stasiun penelitian ditinjau dari kandungan klorofil-a berada pada tingkat sedang, sedangkan status trofik berada pada kisaran eutrofik hingga hipereutrofik. Status trofik *inlet* termasuk dalam kategori eutrofik, sedangkan stasiun wisata air, stasiun tengah, sekitar pemukiman, dan *outlet* masuk ke dalam hipereutrofik (Bellinger & David, 2010).



Gambar 2. Rata-rata Konsentrasi Klorofil-a di Perairan Situ Cipondoh. Garis Biru = Batas Minimum Eutrofik (Bellinger & David, 2010).

Figure 2. Average Concentration of Chlorophyll-a in Cipondoh Lake. Blue Line = Eutrophic Minimum Limit (Bellinger & David, 2010).

### Parameter Lingkungan

Suhu perairan Situ Cipondoh tidak memiliki perbedaan yang besar berada pada kisaran 28,87 - 29,63°C. Suhu tertinggi berada di stasiun tengah danau, sedangkan terendah berada di stasiun *outlet*. Parameter TDS berada pada kisaran 151,00 - 178,67 ppm. Nilai TDS tertinggi berada pada stasiun wisata air, sedangkan terendah berada di stasiun inlet. Parameter TSS memiliki kisaran 11 - 60 mg/L. Nilai TSS tertinggi berada di stasiun inlet, sedangkan TSS terendah berada di stasiun sekitar pemukiman.

Parameter pH seluruh stasiun penelitian berada pada kondisi netral dan basa. Nilai pH tertinggi ditemukan di stasiun sekitar pemukiman, sedangkan terendah berada di *inlet*. DO memiliki kisaran 7,77 - 8,13 mg/L. Parameter DO tertinggi ditemukan pada stasiun

wisata air, sedangkan DO terendah ditemukan pada stasiun tengah danau. Parameter BOD berada pada kisaran 20,5 - 192,6 mg/L. Nilai BOD tertinggi ditemukan pada stasiun tengah danau, sedangkan BOD terendah ditemukan pada stasiun wisata air.

Konsentrasi nitrat di perairan Situ Cipondoh berada pada kisaran 0,8 - 2,1 mg/L. Konsentrasi nitrat tertinggi ditemukan pada stasiun *outlet*, sedangkan konsentrasi terendah ditemukan di stasiun sekitar pemukiman. Konsentrasi nitrit di perairan Situ Cipondoh berada pada kisaran 0,23 - 0,68 mg/L. Konsentrasi ortofosfat yang terukur berada pada kisaran 0,37 - 0,6 mg/L. Konsentrasi ortofosfat tertinggi ditemukan pada stasiun sekitar pemukiman, sedangkan terendah ditemukan di stasiun *inlet* dan *outlet*.

Tabel 4. Pengukuran Parameter Lingkungan di Situ Cipondoh.

Table 4. Ecological Parameter Measurement in Cipondoh Lake.

Parameter	Inlet	Water Recreation	Center	Residential Area	Outlet
Temperature (°C)	29,23	29,37	29,63	29,13	28,87
TDS (ppm)	151,00	178,67	176,33	168,00	173,67
TSS (mg/L)	60	44,5	58,5	11	14
pH	7,44	7,56	7,67	8,40	8,13
DO (mg/L)	7,77	8,13	7,53	7,80	8,10
BOD (mg/L)	28,17	20,5	192,6	69,7	45,1
Nitrate (mg/L)	1,4	0,9	1,6	0,8	2,1
Nitrite (mg/L)	0,23	0,42	0,68	0,54	0,26
Orthophosphate (mg/L)	0,37	0,43	0,53	0,6	0,37

Nilai KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) pada awal pengujian < 0,5, sehingga perlu dilakukan pengujian ulang dengan mengeluarkan satu-persatu parameter yang tidak layak untuk dilakukan uji PCA. Parameter yang dikeluarkan dari pengujian adalah parameter dengan nilai

MSA (*Measure of Sampling Adequacy*) < 0,5. Parameter yang memiliki MSA < 0,5 diantaranya nitrat, TSS, suhu, DO, pH, dan TDS. Setelah seluruh parameter mendapat nilai MSA > 0,5, nilai KMO yang didapat sebesar 0,625.

Tabel 5. Nilai Eigen dan Varians Setiap Komponen.

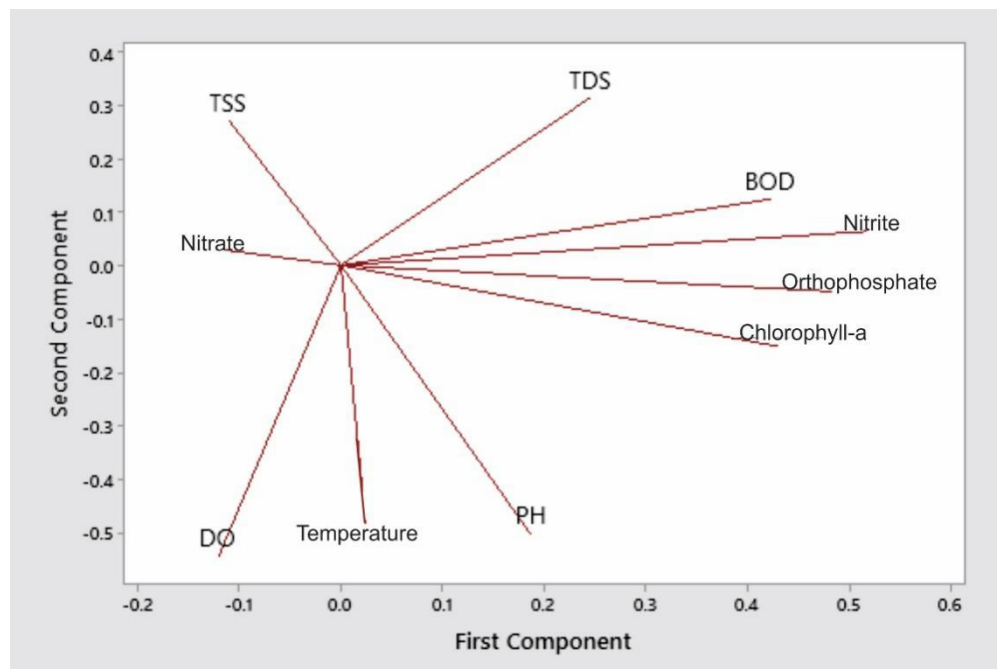
Tabel 5. Eigenvalues and Variance on Every Component.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.966	74.140	74.140	2.966	74.140	74.140
2	.566	14.148	88.288			
3	.412	10.307	98.595			
4	.056	1.405	100.000			

Tabel 6. Matriks Korelasi Klorofil-a dengan Parameter Lingkungan.

Table 6. Correlation Matrix of Chlorophyll-a with Ecological Parameters.

	pH	DO	Nitrate	Nitrite	Ortho-phosphate	BOD	Temperature	TDS	TSS
Correlation Chlorophyll-a (Y)	.490	.066	.180	.613	.477	.565	.155	.401	-.376



Gambar 3. Grafik *Loading Plot* Pengaruh Parameter Lingkungan terhadap Klorofil-a.  
Figure 3. Loading Plot Graph of the Effect of Ecological Parameters on Chlorophyll-a.

Berdasarkan *Eigenvalue* (tabel 5) hanya faktor 1 yang memiliki *Eigenvalue* >1 (2,966), sehingga hanya terbentuk satu faktor utama. Kandungan klorofil-a di Situ Cipondoh berdasarkan hasil uji PCA dipengaruhi oleh faktor 1 sebesar 74,14%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Parameter lingkungan yang termasuk dalam faktor 1 yaitu nitrit, fosfat, dan BOD. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara klorofil-a dan parameter lingkungan. Klorofil-a memiliki korelasi yang tinggi dengan nitrit, fosfat,

dan BOD. Klorofil-a memiliki korelasi rendah dengan suhu, DO, dan nitrat.

### Antroposentrisme dan Ekosentrisme

Hasil pengukuran menunjukkan antroposentrisme masyarakat sekitar Situ Cipondoh lebih tinggi dibandingkan ekosentrisme. Persentase rata-rata antroposentrisme berkisar antara 84,54–83,18. Ekosentrisme berkisar antara 76,25–82,50.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Antroposentrisme dan Ekosentrisme Masyarakat.

Table 7. Measurement of Anthropocentrism and Ecocentrism in Community.

Station	Average Score		Level		Percentage (%)	
	Anthropocentrism	Ecocentrism	Anthropocentrism	Ecocentrism	Anthropocentrism	Ecocentrism
Inlet	36,8	37,45	High	High	83,63	78,02
Water recreation	36,6	39,6	High	High	83,18	82,50
Center	37,2	36,6	High	Medium	84,54	76,25
Residential area	37,2	36,8	High	Medium	84,54	76,67
Outlet	36,9	38	High	High	83,86	79,17

Kandungan klorofil-a yang tinggi cenderung ditemukan di stasiun dengan tingkat antroposentrisme yang tinggi pula. Antroposentrisme dan klorofil-a di Situ Cipondoh memiliki hubungan positif yang termasuk dalam kategori *medium* (0,546), sedangkan ekosentrisme memiliki hubungan negatif yang termasuk dalam kategori *low* (-0,114). Hal ini menunjukkan antroposentrisme dan klorofil-a memiliki arah perubahan yang sama, sedangkan ekosentrisme memiliki arah perubahan yang berlawanan dengan klorofil-a (Sugiyono, 2007).

### Pembahasan

Kandungan klorofil-a yang tinggi tidak hanya terjadi di Situ Cipondoh. Hal ini juga terjadi pada danau di daerah lain di Indonesia yang umumnya dekat dengan pemukiman penduduk dan memiliki aktivitas antropogenik yang tinggi, seperti Danau Maninjau di Sumatra Barat dan Waduk Kedung Ombo di Kabupaten Grobogan Jawa Tengah. Klorofil-a di Danau Maninjau tahun 2018 memiliki kisaran 10,83 - 97,48 mg/m<sup>3</sup> (Sulastri et al., 2019), sedangkan di Waduk Kedung Ombo berkisar antara 1,84 - 106,56 mg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 55,92 mg/m<sup>3</sup> yang termasuk dalam perairan eutrofik (Aida & Utomo, 2012). Danau Buyan yang berlokasi di sekitar lahan yang dimanfaatkan untuk budidaya tanaman

juga tercatat memiliki kandungan klorofil-a yang tinggi berkisar antara 46-51 mg/m<sup>3</sup> (Kertia et al., 2018). Walaupun memiliki klorofil-a yang tinggi, Situ Cipondoh masih termasuk dalam kategori perairan kelas dua jika ditinjau dari konsentrasi klorofil-a berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021.

Hasil uji Anova menyatakan sebaran klorofil-a memiliki perbedaan yang signifikan antar lokasi penelitian (p. 0,001). Uji Beda Tukey menunjukkan hanya *inlet* yang memiliki kandungan klorofil-a yang lebih rendah secara signifikan. Rendahnya kandungan klorofil-a di *inlet* diduga karena aktivitas antropogenik di kawasan tersebut lebih sedikit dibandingkan dengan stasiun lainnya. Aktivitas antropogenik dari *inlet* ke *outlet* semakin meningkat intensitasnya, sehingga beban cemaran yang masuk lebih besar dan meningkatkan kandungan klorofil-a. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahman et al. (2011) yang menyatakan bahwa pemanfaatan lahan menuju hilir sungai lebih beragam dan memiliki beban cemaran yang lebih besar.

Pemukiman penduduk di zona *inlet* lebih sedikit dibandingkan dengan pemukiman di stasiun D. Adani et al., (2013) menyatakan klorofil-a terendah ditemukan di area dengan rumah penduduk yang lebih sedikit. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas antropogenik ikut mempengaruhi kandungan klorofil-a di Situ



Cipondoh. Sesuai dengan hasil penelitian Tammi et al. (2015) bahwa semakin tinggi intensitas atau kepadatan aktivitas antropogenik memungkinkan wilayah tersebut mengalami kenaikan status trofik secara berlebihan.

Zona tengah (stasiun C) memiliki kandungan klorofil-a paling tinggi. Hal ini diduga karena jumlah ikan, kerang, dan udang di bagian tengah lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Jumlah ikan memiliki korelasi positif dengan kandungan klorofil-a (Kasim et al., 2014). Tingginya jumlah organisme tersebut dapat meningkatkan kandungan nutrisi di dalam air yang dihasilkan dari kotoran ikan, udang, dan kerang (Zulfia & Aisyah, 2013) yang diikuti dengan peningkatan klorofil-a.

Klorofil-a umumnya dijumpai di daerah dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi (Febbrianna et al., 2017). Fitoplankton pada perairan dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi memiliki ukuran sel yang besar, sehingga klorofil-a yang terkandung dalam sel kemungkinan lebih banyak dan menunjukkan hasil pengukuran yang lebih tinggi (Irawati, 2014). Tingginya klorofil-a di bagian tengah situ juga dapat disebabkan oleh kontur permukaan situ yang menyebabkan air dari *inlet*, zona wisata (stasiun B), dan sekitar pemukiman (stasiun D) melewati bagian tengah, sehingga nutrisi terbawa ke bagian tengah meningkatkan kandungan nutrisi dan klorofil-a.

Cuaca saat pengambilan sampel juga dapat menjadi pemicu tingginya klorofil-a di bagian tengah. Turunnya hujan pada saat pengambilan sampel menjadi salah satu penyebab tingginya kandungan klorofil-a di stasiun C (Tengah). Peningkatan debit air pada situ menyebabkan kecepatan arus bertambah, sehingga nutrisi akan mudah terbawa arus menuju zona tengah danau. Hal ini sesuai dengan pernyataan Indrayani et al. (2015) bahwa rendahnya curah hujan menyebabkan limpasan nutrisi ke tengah danau yang rendah pula, begitu pula sebaliknya. Hasil penelitian Juantari et al. (2013) juga menunjukkan kandungan klorofil-a Waduk Sutami di bagian tengah ( $14,004 \text{ mg/m}^3$ ) lebih besar dari bagian hilir ( $9,51 \text{ mg/m}^3$ ).

Zona tengah merupakan daerah yang terbebas dari gulma air meningkatkan ruang bagi fitoplankton, sehingga kandungan klorofil-a lebih tinggi. Sejalan dengan Sulastri et al. (2015) yang menyatakan bahwa kandungan klorofil-a paling tinggi ditemukan pada kawasan yang tidak memiliki tumbuhan air di sekitarnya. Semakin sedikit gulma air yang menutupi permukaan

perairan, maka semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang dapat masuk ke badan air. Arifelia et al. (2017) menyatakan semakin tinggi intensitas penyinaran matahari akan diikuti oleh kandungan klorofil-a yang tinggi dan sebaliknya.

Nilai rata-rata kandungan klorofil-a tertinggi kedua terdapat pada stasiun *outlet* yang memiliki kandungan nitrat tertinggi. Hasil penelitian Indrayani et al. (2015) juga menunjukkan N-total tertinggi pada Danau Sentani Papua ditemukan di *outlet*. Peningkatan arus karena hujan diduga menyebabkan nutrisi dari stasiun sebelumnya lebih mudah terbawa aliran air menuju *outlet* dan terakumulasi pada stasiun tersebut. Lestari et al. (2021) menyatakan arus yang kuat menyebabkan nitrat mudah terbawa oleh aliran air dan terjadi pencampuran nitrat di badan air. Patricia et al. (2018) menyatakan konsentrasi nitrat di Sungai Ciliwung menjadi lebih tinggi setelah hujan lebat.

Klorofil-a pada *outlet* lebih rendah dari zona tengah karena adanya kehadiran eceng gondok yang menimbulkan kompetisi dengan fitoplankton. Keberadaan eceng gondok mengurangi area sebaran fitoplankton. Nutrisi yang terdapat pada *outlet* juga dimanfaatkan oleh eceng gondok. Indah et al. (2014) mengatakan eceng gondok merupakan salah satu tanaman air yang digunakan dalam fitoremediasi karena mampu menyerap nutrisi dengan baik dan memanfaatkannya untuk fotosintesis.

Kandungan klorofil-a di sekitar pemukiman (stasiun D) memiliki nilai rata-rata tertinggi ketiga. Stasiun ini merupakan stasiun dengan aktivitas antropogenik tertinggi. Rosada et al. (2017) menyatakan tingginya aktivitas antropogenik dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Hidayat et al. (2015) menyatakan aktivitas antropogenik membawa bahan yang mengandung fosfat lebih banyak seperti limbah pertanian, industri, serta limbah rumah tangga yang mengandung bahan detergen, air buangan penduduk, dan sisa makanan.

Beberapa saluran pembuangan air di sekitar pemukiman menuju situ ditemukan, sehingga limbah rumah tangga ikut masuk ke dalam situ dan meningkatkan nutrisi. Hal ini menyebabkan pengkayaan nutrisi, sehingga konsentrasi klorofil-a di sekitar pemukiman meningkat. Tabel 5 menunjukkan kandungan fosfat tertinggi ditemukan pada stasiun tersebut. Alifonita et al. (2019) menyatakan limbah rumah tangga menjadi salah satu penyumbang utama fosfat dalam suatu perairan yang sangat mempengaruhi terjadinya

eutrofikasi. Selain saluran pembuangan, keramba jaring apung juga banyak ditemukan di stasiun ini.

Zona Wisata (stasiun B) merupakan daerah dengan kandungan klorofil-a terendah kedua. Aktivitas antropogenik yang ditemukan di stasiun ini diantaranya memancing, wisata sepeda air, perahu, dan wisata kuliner. Beberapa tambak ikan (lebih sedikit dibanding tambak di stasiun D) juga ditemukan di dekat zona wisata (stasiun B) yang diduga menjadi penyebab lain. Sisa-sisa metabolisme atau kotoran ikan semakin banyak yang mengendap di dasar perairan menyebabkan kadar amoniak yang terkandung cenderung tinggi, sehingga dapat menyebabkan eutrofikasi, peningkatan pH dan suhu (Maniagasi et al. 2013).

### **Hubungan antara Parameter Lingkungan dan Klorofil-a**

#### ***Nutrien (Nitrat, Nitrit, dan Ortofosfat)***

Kandungan nitrit kelima stasiun telah melampaui baku mutu kualitas air kelas 2 (0,06 mg/L), sedangkan kandungan nitrat di seluruh stasiun lebih rendah dari batas yang telah ditetapkan untuk air kelas 1 & 2 (<10 mg/L) berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021. Kandungan nitrat paling tinggi ditemukan di zona *outlet* yang memiliki DO tinggi dan lebih dangkal dibandingkan stasiun lain, karena kandungan nitrat dipengaruhi oleh oksigen terlarut. Suprpto et al. (2014) menyatakan perairan yang cukup dangkal dengan cadangan nutrisi berupa bahan organik, serta kandungan DO yang tinggi mampu mendorong proses nitrifikasi dengan intensif. Indriani et al. (2016) menyatakan bahwa konsentrasi nitrat semakin besar pada wilayah yang semakin dekat dengan daratan dan bagian dasar perairan.

Hasil uji PCA menunjukkan nitrat tidak termasuk dalam komponen/faktor utama yang berpengaruh signifikan terhadap klorofil-a di Situ Cipondoh dan memiliki korelasi yang rendah, sedangkan nitrit memiliki korelasi yang kuat dengan klorofil-a. Klorofil-a dapat terbentuk apabila dalam suatu perairan terdapat unsur nitrogen, sehingga memiliki korelasi yang tinggi dengan nitrit (Marhana et al., 2019). Hal ini juga terjadi pada penelitian Nasution et al. (2019) dimana nitrat memiliki korelasi rendah terhadap klorofil-a (0,26). Pérez-Ruzafa et al. (2019) menyatakan penggunaan spasio-temporal skala kecil mendapatkan korelasi nutrisi dengan klorofil-a yang rendah, namun saat menggunakan skala yang lebih besar/lama korelasi antara keduanya menjadi positif dan meningkat.

Nitrat tidak berpengaruh signifikan terhadap klorofil-a diduga karena adanya pemanfaatan nitrat oleh gulma air. Nitrat mudah larut dalam air dan bersifat sangat reaktif, sehingga biota air dapat langsung memanfaatkan nitrat untuk kebutuhan proses biologis (Indrayani et al., 2015). Kandungan nitrat pada saat tertentu dapat menjadi rendah karena daur nitrogen yang panjang, selain itu nitrat kemungkinan juga telah mengalami denitrifikasi (Nugroho et al., 2014). Kandungan nitrat dari kelima stasiun belum mencapai kadar optimum nitrat bagi pertumbuhan fitoplankton yang berkisar antara 3,9 - 15,5 mg/L (Mackentum dalam Rumanti et al., 2014). Fitoplankton dapat memanfaatkan ammonium sebagai pilihan terakhir sumber nitrogen jika kandungan nitrat tidak mencukupi (Pérez-Ruzafa et al., 2019).

Kandungan fosfat seluruh stasiun melebihi batas baku mutu kualitas air untuk kelas dua (0,2 mg/L). Kawasan sekitar pemukiman (stasiun D) memiliki kandungan ortofosfat paling tinggi. Hal ini karena adanya buangan limbah cair dari penduduk sekitar yang banyak mengandung fosfat melewati saluran pembuangan air pada stasiun ini. Sesuai dengan pernyataan Zulfia dan Aisyah (2013) bahwa sumber masukan fosfat dalam suatu perairan terdiri dari limbah manusia (terutama limbah detergen), limbah peternakan, limbah pupuk anorganik yang digunakan dalam pertanian, limbah industri, serta proses alami yang terjadi dalam suatu lingkungan. Tingginya kandungan fosfat pada Situ Cipondoh diduga menyebabkan adanya *blooming Microcystis*. Sulastri et al. (2019) menyatakan bahwa tingginya fosfat di Danau Maninjau menjadi parameter lingkungan yang menyebabkan *blooming Microcystis*. Warna air di Situ Cipondoh terlihat kehijauan dan agak pekat seperti warna danau yang didominasi *Microcystis*.

#### ***Padatan Terlarut (TDS dan TSS)***

Parameter TDS di Situ Cipondoh masih berada di bawah baku mutu air kelas 1. Nilai TSS di Situ Cipondoh pada semua stasiun berada di bawah ambang batas pencemaran air (<400 mg/L) berdasarkan ketentuan PP No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Stasiun dengan TSS rendah cenderung memiliki kandungan klorofil-a yang tinggi dan sebaliknya. Hubungan antara tinggi rendahnya TSS dan TDS dengan klorofil-a diduga berkaitan dengan jumlah cahaya yang masuk ke dalam badan air. Shaleh et al. (2014) menyatakan semakin tinggi nilai TDS, maka semakin rendah kedalaman yang dapat

dilalui cahaya dalam suatu perairan. Salim et al. (2011) menyatakan bahwa penetrasi cahaya yang terhambat menyebabkan penurunan kandungan klorofil-a.

### **Biological Oxygen Demand (BOD)**

Semakin tinggi nilai BOD, maka tingkat pencemaran oleh bahan organik semakin tinggi pula. Berdasarkan Effendi (dikutip dalam Novrianti, 2016) zona *inlet*, wisata air (stasiun B), sekitar pemukiman (stasiun D), *outlet* mengalami pencemaran rendah karena nilai BOD dibawah 100 mg/L, sedangkan zona tengah mengalami pencemaran sedang karena nilai BOD dibawah 200 mg/L. Nilai BOD tertinggi ditemukan di zona tengah yang memiliki kandungan klorofil-a tertinggi pula. Hal ini diduga karena zona tengah memiliki kelimpahan dan rapatannya fitoplankton yang tinggi. Sesuai dengan penelitian Rahman et al. (2020) bahwa nilai BOD suatu perairan dapat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah bahan organik, rapatannya plankton, suhu, pH, oksigen terlarut, serta keberadaan mikroorganisme pengurai.

Sampel air dalam penelitian ini diambil dari bagian permukaan yang diduga menjadi salah satu penyebab tingginya nilai BOD. Hasil penelitian Hardiyanto et al. (2012) menyatakan BOD permukaan lebih tinggi dibandingkan BOD dari perairan yang lebih dalam. Zona tengah merupakan daerah yang terbebas dari tumbuhan air. Rahmawati et al. (2016) menyatakan nilai BOD dapat diturunkan dengan memanfaatkan tumbuhan air. Salah satu tumbuhan air yang dapat digunakan berdasarkan penelitian Ahmad dan Adiningsih (2019) adalah eceng gondok. Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang banyak ditemukan di zona *inlet*, *outlet*, sekitar pemukiman (stasiun D), dan zona wisata (stasiun B).

### **Oksigen Terlarut (DO)**

Kandungan DO yang terukur menunjukkan bahwa Situ Cipondoh masih dapat memenuhi fungsinya dalam kebutuhan rekreasi, budidaya perikanan air tawar, irigasi, pertanian, dan peternakan karena memiliki kandungan DO > 4mg/L yang termasuk dalam kategori air kelas dua. Parameter DO di Situ Cipondoh >5 mg/L, sehingga organisme akuatik di dalamnya masih dapat hidup dengan baik (Effendi, 2003). Nilai DO paling rendah berada pada zona tengah yang memiliki kandungan klorofil-a paling tinggi sesuai dengan Makmur et al. (2012) yang menyatakan DO berbanding terbalik dengan tingkat pencemaran bahan organik. Menurut

Saragih & Erizka (2018) hal ini karena bahan organik yang harus didekomposisi oleh bakteri membutuhkan oksigen yang tinggi pula, sehingga DO yang terukur lebih rendah.

### **Suhu**

Hasil pengukuran suhu yang didapat menunjukkan bahwa suhu di Situ Cipondoh masih baik dan termasuk dalam suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton. Suhu yang baik bagi pertumbuhan fitoplankton menurut Soliha et al. (2016) berkisar antara 25 - 30°C. Suhu pada seluruh stasiun tidak mendorong terjadinya kerusakan klorofil oleh enzim klorofilase. Enzim klorofilase merupakan enzim yang terdapat pada fitoplankton/tumbuhan. Enzim ini akan menyebabkan terlepasnya rantai fitol pada klorofil, sehingga klorofil mengalami perubahan bentuk menjadi klorofilid. Enzim tersebut teraktivasi dalam air pada suhu 65-75°C (Boy et al., 2016).

### **Derajat Keasaman (pH)**

Nilai pH di Situ Cipondoh berkisar antara 7,30 - 8,5 masih termasuk dalam pH normal yang mampu menunjang kehidupan organisme. Kisaran pH yang disukai organisme akuatik menurut Sumantri (2010) adalah 7 - 8,5. Parameter pH di sekitar pemukiman (stasiun D) lebih tinggi dibanding zona wisata (stasiun B) dan *inlet*. Hal ini diduga karena masuknya limbah cair rumah tangga pada stasiun tersebut ke dalam badan air. Kenaikan pH menjadi basa menurut Syawal et al. (2016) disebabkan oleh tingginya kandungan ion OH<sup>-</sup> yang salah satu sumbernya merupakan limbah detergen sebagai limbah domestik di sekitar pemukiman.

Klorofil-a tertinggi ditemukan pada stasiun C (tengah danau) dengan rata-rata pH tertinggi karena masih termasuk dalam kisaran pH optimum bagi pertumbuhan fitoplankton. Penurunan absorbansi klorofil berdasarkan Dimara et al. (2018) terjadi pada pH 9. Klorofil-a di seluruh stasiun penelitian memiliki konsentrasi yang tinggi karena nilai pH yang terukur sesuai kebutuhan kondisi untuk melakukan fotosintesis. Sidaningrat (2018) mengatakan pH dengan kisaran 6 - 9 mendorong terjadinya pembongkaran bahan organik yang digunakan oleh fitoplankton dalam fotosintesis.

Parameter pH yang bersifat asam tidak ditemukan pada kelima stasiun, sehingga tidak ada indikasi terjadinya degradasi klorofil yang disebabkan oleh pH asam. Peningkatan pH asam terjadi karena adanya peningkatan konstentrasi ion H<sup>+</sup>. Nelvia et al. (2012) menyatakan peningkatan

ion  $H^+$  mendorong terjadinya hidrolisis kation yang bersifat basa, salah satunya  $Mg^{2+}$ . Boy et al. (2016) menyatakan feofitin terbentuk karena gugus  $Mg^{2+}$  terlepas dari struktur klorofil.

Perairan dengan pH yang terlalu asam dapat mengganggu metabolisme organisme perairan, serta meningkatkan mobilitas senyawa logam yang bersifat toksik (Adani et al., 2013). Fitoplankton berperan penting dalam menjaga pH suatu perairan. Sa'adah & Widyaningsih (2018) menyatakan peningkatan kandungan  $CO_2$  menyebabkan pH perairan menjadi lebih asam. Fitoplankton memanfaatkan  $CO_2$  dalam fotosintesis menyebabkan pH bergeser ke arah netral.

### Antroposentrisme

Tingginya antroposentrisme menggambarkan bahwa masyarakat cenderung akan melakukan aksi yang dapat memperbaiki lingkungan pada kondisi terdesak. Masyarakat akan terdorong untuk melestarikan lingkungan karena sudah mengganggu kehidupannya. Hasil penelitian Hufman et al. (2014) menunjukkan responden dengan nilai antroposentrisme lebih tinggi cenderung melakukan aksi daur ulang (upaya pelestarian lingkungan) lebih sedikit dibandingkan responden dengan antroposentrisme yang rendah. Responden dengan nilai antroposentrisme tinggi cenderung kurang menghargai manfaat daur ulang bagi lingkungan. Walaupun demikian, rata-rata skor ekosentrisme masyarakat berada pada kategori tinggi dan sedang. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat sekitar Situ Cipondoh juga peduli dengan lingkungannya dan melakukan upaya untuk melestarikan lingkungan.

### Kesimpulan

Situ Cipondoh telah mengalami eutrofikasi dan pencemaran tingkat sedang, namun masih mampu memenuhi fungsinya sebagai air dengan mutu kelas dua (rekreasi, budidaya perikanan air tawar, irigasi, pertanian, dan peternakan). Stasiun dengan aktivitas antropogenik yang lebih padat kemungkinan menghasilkan nutrisi antropogenik lebih tinggi diikuti dengan kandungan klorofil-a yang tinggi pula. Klorofil-a di Situ Cipondoh dipengaruhi oleh parameter nitrit, BOD, dan fosfat.

### Persantunan

Terima kasih kepada Kemendikbud ristek yang telah memberikan bantuan dana melalui Program Talenta Inovasi Indonesia Tahun 2021.

### Daftar Pustaka

- Adack, J. (2013). Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu terhadap Lingkungan Hidup. *Lex Administratum*, 1 (3), 78-87.
- Adani, N. G., Muskanonfola, M.R., & Hendrarto, I.B. (2013). Kesuburan Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton: Studi Kasus di Sungai Wedung, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 2 (4), 38-45. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v2i4.4266>.
- Ahmad, H. & Adiningsih, R. (2019). Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok dan Kangkung Air dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8 (2), 31-38. doi: <https://doi.org/10.32583/farmasetis.v8i2.599>.
- Aida, S. N. & Utomo, A.D. (2012). Tingkat Kesuburan Perairan Waduk Kedung Ombo di Jawa Tengah. *Bawal*, 4 (2), 59-66. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.4.1.2012.56-66>.
- Alifonita, A.N.A., Patang, & Kaseng, E.S. (2019). Pengaruh Eutrofikasi terhadap Kualitas Air Sungai Jeneberang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5 (1), 9-23. doi: <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8190>.
- Arifelia, D. R., Diansyah, G., & Surbakti, H. (2017). Analisis Kondisi Perairan Ditinjau dari Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Sebaran Klorofil-a di Muara Sungai Lumpur, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 9 (2), 95-104. doi: <https://doi.org/10.36706/maspari.v9i2.4475>.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Tangerang. (2017). *Statistik Daerah Kota Tangerang*. Tangerang: BPS Kota Tangerang.
- Bellinger, E.G. & David, C.G. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Hoboken: Wiley-Blackwell.
- Boy, F., Ma'ruf, W.F., & Sumardianto. (2016). Pengaruh Umur Panen dan Lama Penyimpanan Mikroalga *Chlorella* sp. terhadap Kestabilan Klorofil Setelah

- Fiksasi MgCO<sub>3</sub>. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5 (2), 10-16.
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., & Eaton, A. D. (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. In *APHA*. Washington DC: American Public Health Association.
- de Oliveira Marcionilio, S. M. L., Machado, K. B., Carneiro, F. M., Ferreira, M. E., Carvalho, P., Vieira, L. C. G., de Moraes Huszar, V. L., & Nabout, J. C. (2016). Environmental factors affecting chlorophyll-a concentration in tropical floodplain lakes, Central Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(11). <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5622-7>
- Dimara, L., Ayer, P.I.L., & Wanimbo, E. (2018). Fotodegradasi, Uji pH dan Kandungan *in Vivo* Pigmen Klorofil Lamun *Thalassia hemprichii*. *Acropora*, 1 (2), 76-83. doi: 10.31957/acr.v1i2.932.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fajrin, A.N., A'in, C., & Purnomo, P.W. (2019). Hubungan Nitrat dan Fosfat dengan Klorofil-a di Waduk Jatibarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8 (4), 364-368. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v8i4.26557>.
- Febbrianna, V., Muskananfolo, M.R., & Suryanti. (2017). Produktivitas Primer Perairan Berdasarkan Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan Fitoplankton di Muara Sungai Bendono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6 (3), 318-325. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20593>
- Gladan, Z.N., Buzanic, M., Kuspilic, G., Brgec, G., Matijevic, S., Skejic, S., ... Morovic, M. (2015). The Response of Phytoplankton Community to Anthropogenic Pressure Gradient in the Coastal Waters of The Eastern Adriatic Sea. *Ecological Indicators*, 56, 106-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.018>
- Gypens, N., Borges, A. V., & Lancelot, C. (2009). Effect of eutrophication on air-sea CO<sub>2</sub> fluxes in the coastal Southern North Sea: A model study of the past 50 years. *Global Change Biology*, 15(4), 1040-1056. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01773.x>
- Hardiyanto, R., Suherman, H., & Pratama, R.I. (2012). Kajian Produktivitas Primer Fitoplankton di Waduk Saguling, Desa Bongas dalam Kaitannya dengan Kegiatan Perikanan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3 (4), 51-59.
- Henny, C. & Meutia, A.A. (2014). Water Quality and Quantity Issues of Urban Lakes in Megacity Jakarta. *Limnotek*, 21 (2), 145-156. doi: <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v21i2.7>
- Hidayat, N.S.M., Noor, N.M., Susanti, D., Saad, S., & Mukai, Y. (2015). The Effects of Different pH and Salinities on Growth Rate and Carrageenan Yield of *Gracilaria Manillaensis*. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 77 (25), 1-5. doi: <https://doi.org/10.11113/jt.v77.6728>
- Huffman, A.H., Werff, B.R.V.D., Hening, J.B., & Rodriguez, K.W. (2014). When Do Recycling Attitudes Predict Recycling? An Investigation of Self-Reported versus Observed Behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 38, 262-270. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.03.006>
- Inayati, W., & Farid, A. (2020). Analisis Beban Masuk Nutrien Terhadap Kelimpahan Klorofil-a Saat Pagi Hari Di Sungai Bancaran Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(3), 406-416. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8690>
- Indah, L.S., Hendarto, B., & Soedarsono, P. (2014). Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia* sp.), Kangkung Air (*Ipomoea* sp.), dan Kayu Apu (*Pistia* sp.) dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3 (1), 1-6. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4280>
- Indrastuti, C., Sulardiono, B., & Muskananfolo, M.R. (2014). Kajian Intensitas Cahaya yang Berbeda terhadap Konsentrasi Klorofil-a pada Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina platensis* dalam Skala Laboratorium. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3 (4), 169 - 174. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v3i4.7095>

- Indrayani, E., Nitimulyo, K.H., Hadisusanto, S., & Rustadi. (2015). Analisis Kandungan Nitrogen, Fosfor, dan Karbon Organik di Danau Sentani Papua. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22 (2), 217-225. doi: <https://doi.org/10.22146/jml.18745>
- Indriani, W., Hutabarat, S., & A'in, C. (2016). Status Trofik Perairan Berdasarkan Nitrat, Fosfat, dan Klorofil-a di Waduk Jatibarang, Kota Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4), 258–264. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14418>
- Irawati, N. (2014). Pendugaan Kesuburan Perairan Berdasarkan Sebaran Nutrien dan Klorofil-a di Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*, 3 (1), 193-199.
- Juantari, G. Y., Sayekti, R.W., & Harisuseno, D. (2013). Status Trofik dan Daya Tampung Beban Pencemaran Waduk Sutami. *Jurnal Teknik Pengairan*, 4(1), 61–66.
- Kartikasari, Bayu, I., Budiantoro, W., & Cendani, I. (2020). Efektivitas COD dan BOD pada Pengolahan Mikroalga dengan Penambahan CO<sub>2</sub> pada Limbah Domestik. *Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau*, 2 (1), 61 – 68.
- Karim, M. (2010). *The End of Future*. Jakarta: NF Media Center.
- Kasim, K., Triharyuni, S., & Wujdi, A. (2014). Hubungan Ikan Pelagis dengan Konsentrasi Klorofil-a di Laut Jawa. *Bawal*, 6 (1), 21-29. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.6.1.2014.21-29>
- Keraf, A.S. (2010). *Etika Lingkungan Hidup*. Jakarta: Penerbit Buku Kompas.
- Kertia, I. B. K. G., Arthana, I.W., & Adnyana, I.W.S. (2018). Studi Eutrofikasi Akibat Aktivitas Penggunaan Lahan di Danau Buyan. *Ecotrophic*, 12(2), 132–147.
- Kopnina, H. (2017). Testing Ecocentric and Anthropocentric Attitudes toward the Sustainable Development (EAATSD) Scale with Bachelor Students. *Rebrae: Revista Brasileira de Estrategia*, 10 (3): 457-477. doi: <https://doi.org/10.7213/rebrae.10.003.AO08>
- Lestari, A., Sulardiono, B., & Rahman, A. (2021). Struktur Komunitas Perifiton, Nitrat, dan Fosfat di Sungai Kaligarang, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 5(1), 48-56. doi: <https://doi.org/10.14710/pasir%20laut.2021.34536>
- Li, X., Sha, J., & Wang, Z. L. (2017). Chlorophyll-a prediction of lakes with different water quality patterns in China based on hybrid neural networks. *Water*. <https://www.mdpi.com/209294>
- Maniagasi, R., Tumembouw, S.S., & Mundeng, Y. (2013). Analisis Kualitas Fisika Kimia Air di Areal Budidaya Ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *Budidaya Perairan*, 1 (2), 29-37. doi: <https://doi.org/10.35800/bdp.1.2.2013.1913>
- Marhana, T., Muskananfola, M.R., & Febrianto, S. (2019). Analisis Kondisi Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-A, Nitrat, Fosfat dan Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 250–256. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24263>
- Muliadi. (2015). Pemanfaatan Fitoplankton Laut *Chaetoceros calcitrans* sebagai Bioindikator dan Bioakumulator Cd<sup>2+</sup> di Perairan. *Jurnal Techno*, 4 (2), 16-22. doi: [10.33387/tk.v4i02.340](https://doi.org/10.33387/tk.v4i02.340)
- Mulyana, A., Maryani, E., & Somantri, L. (2017). Ecoliteracy Level of Student Teachers (Study toward Students of Universitas Syiah Kuala Banda Aceh). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 145 (1), 1-7.
- Nasution, A., Widyorini, N., & Purwanti, F. (2019). Analisis Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Morosari, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(2), 78–86. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v8i2.24230>
- Nelvia, Sabihan, S., & Anas, I. (2012). Perubahan Fraksi P-Inorganik dan P-Organik pada Bahan Tanah Gambut yang Diaplikasikan dengan Fosfat Alam pada Kondisi Kapasitas Lapang dan Tergenang. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 1 (1), 1-9.
- Nugroho, A.S., Tanjung, S.D., & Hendrarto, B. (2014). Distribusi serta Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan Danau Rawa Pening. *Bioma*, 3(1), 27-41. doi: <https://doi.org/10.26877/bioma.v3i1,%20April.648>
- Novrianti (2016). Pengaruh Aktivitas Masyarakat di Pinggir Sungai (Rumah Terapung) terhadap Pencemaran Lingkungan Sungai

- Kahayan Kota Palangkaraya Kalimantan Tengah. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1 (2), 35-39. doi: <https://doi.org/10.33084/mitl.v1i2.144>
- Pancawati, J. & Saifullah. (2014). Pemanfaatan Ruang bagi Kegiatan Pertanian dan Perikanan di Kawasan Cipondoh. *Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 3 (2), 143-151.
- Patricia, C., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kandungan nitrat dan fosfat di sungai ciliwung. *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan ke 4 Tahun 2018 Buku 1*, 179-185. Jakarta: Lembaga Penelitian Universitas Trisakti. doi: <http://dx.doi.org/10.25105/semnas.v0i0.3373>
- Putrianti, D. P., Setyawati, T.R., & Yanti, A.H. (2015). Keragaman Limnofitoplankton di Danau Lait Kecamatan Tayan Hilir Kabupaten Sanggau. *Protobiont*, 4 (2), 18–29. doi: <http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v4i2.10844>
- Rahman, A., Alim, M. S., & Utami, U.B.L. (2011). Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar Air di Kota Banjarmasin. *EnviroScienteeae*, 7: 58-68. doi: <http://dx.doi.org/10.20527/es.v7i2.389>
- Rahman, A., Trihasti, M., & Haq, M.S. (2020). Analisis Kualitas Air Das Cibanten dan Cidanau Kabupaten Serang. *Biodidaktika: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 15 (1), 78–86. doi: <http://dx.doi.org/10.30870/biodidaktika.v15i1.8204>
- Rahmawati, A., Zaman, B., & Purwono. (2016). Kemampuan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dalam Menyisihkan BOD dan Fosfat pada Limbah Domestik (*Grey Water*) dengan Sistem Fitoremediasi secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5 (4), 1-10.
- Rosada, K.K., Sunardi, T.D.K., Pribadi, & Putri, S.A. (2017). Struktur Komunitas Fitoplankton pada Berbagai Kedalaman di Pantai Timur Pananjung Pangandaran. *Jurnal Biodjati*, 2 (1), 30-37. doi: <https://doi.org/10.15575/biodjati.v2i1.1290>
- Rumanti, M., Rudiyaniti, S., & Nitisuparjo, M. (2014). Hubungan antara Kandungan Nitrat dan Fosfat dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3 (1), 168–176. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4434>
- Pérez-Ruzafa A, Campillo S, Fernández-Palacios JM, García-Lacunza A, García-Oliva M, Ibañez H, ... Marcos, C. (2019) Long-Term Dynamic in Nutrients, Chlorophyll a, and Water Quality Parameters in a Coastal Lagoon During a Process of Eutrophication for Decades, a Sudden Break and a Relatively Rapid Recovery. *Frontier in Marine Science*, 6(26). doi: [10.3389/fmars.2019.00026](https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026)
- Sa'adah, N. & Widyaningsih, S. (2018). Pengaruh Pemberian CO<sub>2</sub> terhadap pH Air pada Pertumbuhan *Caulerpa racemosa var. uvifera*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 2 (1), 17-22. doi: <https://doi.org/10.14710/jkt.v2i1.2460>
- Salim, M.A., Yuniarti, Y., & Hasby, R.M. (2011). Pengaruh CO<sub>2</sub> terhadap Pertumbuhan *Staurastrum* sp. *Jurnal Istek*, 5 (1-2), 127-138.
- Santi, D.I., Afiati, N., & Purnomo, P.W. (2017). Sebaran Bakteri Heterotrof, Bahan Organik Total, Nitrat, dan Klorofil-a Air Muara Sungai Cipasauran, Serang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 6 (3), 222-229. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20578>
- Saragih, G.M. & Erizka, W. (2018). Keanekaragaman Fitoplankton Sebagai Indikator Kualitas Air Danau Sipin Di Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1 (1), 22-28. doi: <http://dx.doi.org/10.33087/daurling.v1i1.5>
- Sari, A.N., Hutabarat, S., & Soedarsono, P. (2014). Struktur Komunitas Plankton pada Padang Lamun di Pantai Pulau Panjang Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3 (2), 82-91. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v3i2.5006>
- Shaleh, F.R., Kadarwan, S., & Sigid, H. (2014). Kualitas Air dan Status Kesuburan Perairan Waduk Sempor, Kebumen. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19 (3), 169-173. Retrieved from <https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/9152>
- Sidaningrat, I. G. N., Arthana, I.W., & Suryaningtyas, E.W. (2018). Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Kelimpahan Fitoplankton di Danau Batur,

- Kintamani, Bali. *Jurnal Metamorfosa*, *V*(1), 79–84.
- Sihombing, R.F., Riris, A. & Hartoni. (2013). Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuwasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, *5* (1), 34-39. doi: <https://doi.org/10.36706/maspari.v5i1.1295>
- Sitanggang, M. (2002). Mengatasi Hama dan Penyakit pada Ikan Hias. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Soliha, E., Rahayu, S., & Triastinurmiatiningsih. (2016). Kualitas Air dan Keanekaragaman Plankton di Danau Cikaret, Cibinong, Bogor. *Ekologia*, *16* (2), 1–10. doi: [10.33751/ekol.v16i2.744](https://doi.org/10.33751/ekol.v16i2.744).
- Sugiyono. (2007). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sulastrri. (2018). *Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan*. Jakarta: LIPI Press.
- Sulastrri, Nasution, S.H., & Sugiarti. (2015). Konsentrasi Unsur Hara dan Klorofil-a di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Limnotek*, *22* (2), 129–143. doi: <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v22i2.38>
- Sulastrri, Henny, C., & Nomorsatyo, S. (2019). Keanekaragaman fitoplankton dan status trofik Perairan Danau Maninjau di Sumatera Barat, Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Masy Biodiversitas Indonesia*, *5* (2), 242–250. doi: <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050217>
- Sumantri, A. (2010). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.
- Suprpto, D., Purnomo, P.W., & Sulardiono, B. (2014). Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Hubungan Fisika Kimia Sedimen Dasar dengan NO<sub>3</sub>-N dan PO<sub>4</sub>-P di Muara Sungai Tuntang Demak. *Jurnal Sainstek Perikanan*, *10* (1), 56–61.
- Sutrisyani & Rohani, S. (2009). *Panduan Praktis Analisis Kualitas Air Payau*. Jakarta Selatan: Pusat Ristek Perikanan Budidaya.
- Syawal, M.S., Wardiyato, Y., & Haryadi, S. (2016). Pengaruh Aktivitas Antropogeniik terhadap Kualitas Air, Sedimen dan Moluska di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, *16* (1): 1-14.
- Tammi, T., Pratiwi, N., Hariyadi, S., & Radiarta, I.N. (2015). Aplikasi Analisis Klaster dan Indeks TRIX untuk Mengkaji Variabilitas Status Trofik di Teluk Pegametan, Singaraja, Bali. *Jurnal Riset Akuakultur*, *10* (2), 271-281. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/jra.10.2.2015.271-281>
- Wei, D., Yuan, G., & Simon, F. (2016). Seasonal characteristics of chlorophyll- A and its relationship with environmental factors in Yunmeng Lake of China. *Journal of Environmental Biology*, *37*(5), 1073–1076. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.084996550820&partnerID=40&md5=21ff8b89c035c7aeed3682341e53d5b4>
- Xue, W., Marks, A.D.G., Hine, D.W., Phillips, W.J., & Zhao, S. (2016). The New Ecological Paradigm and Responses to Climate Change in China. *Journal of Risk Research*, *23* (1): 1-17. doi: <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1200655>
- Zulfia, N. & Aisyah. (2013). Status Trofik Perairan Rawa Pening Ditinjau dari Kandungan Unsur Hara (NO<sub>3</sub> dan PO<sub>4</sub>) serta Klorofil-a. *Bawal*, *5* (3), 189-199. doi: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.5.3.2013.189-199>