

## Dinamika komunitas plankton berdasarkan gradien vertikal dan kecerahan di Danau Rawa Pening

## Plankton community dynamics based on vertical gradients and transparency in Lake Rawa Pening

Received: 22 May 2025, Revised: 24 November 2025, Accepted: 10 December 2025

DOI: 10.29103/aa.v12i3.21897

Belia Kharisma Balqis Trismara<sup>a</sup>, Arif Rahman<sup>a\*</sup>, dan Oktavianto Eko Jati<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, 5027

### Abstrak

Kondisi perairan Rawa Pening yang terlampau subur berakibat pada pesatnya pertumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Keberadaan eceng gondok yang tidak terkendali mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam kolom perairan dan berpengaruh terhadap kelimpahan plankton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui sebaran vertikal kelimpahan plankton, faktor utama yang mempengaruhi kelimpahan plankton, serta plankton yang berasosiasi terhadap intensitas cahaya. Penelitian dilakukan pada bulan Januari dan Juli 2024 menggunakan metode survei, dengan total 3 stasiun dan 2 kedalaman (0 m dan 1 m). Teknik analisis statistik yang digunakan yaitu uji t dan regresi linear sederhana, uji korelasi Pearson, dan analisis multivariat menggunakan *Nonmetric Multidimensional Scaling* (NMDS) dengan analisis *envfit*. Kedalaman tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap kelimpahan fitoplankton dan zooplankton, namun waktu sampling di bulan Januari dan Juli berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton ( $p > 0,05$ ). Jenis fitoplankton yang ditemukan yaitu kelas Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Zygnematomyxozoa, Trebouxiophyceae, Euglenophyceae, dan Chrysophyceae, sedangkan zooplankton yang ditemukan yaitu kelas Monogononta, Branchiopoda, dan Maxillopoda. Nilai kelimpahan fitoplankton berkisar antara 740.447 – 3.650.523 sel/L, sedangkan kelimpahan zooplankton berkisar antara 0 – 3.335 ind/L. Tidak terdapat hubungan yang signifikan (homogen) antara intensitas cahaya dan kelimpahan fitoplankton berdasarkan hasil NMDS dan analisis asosiasi *envfit*. Kadar nitrat berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan plankton berdasarkan nilai  $r$  (0,901) dan  $R^2$  (0,812).

Kata kunci: Distribusi Vertikal, *Envfit*, Kelimpahan, Plankton, Rawa Pening

### Abstract

The eutrophic conditions of Rawa Pening waters results in the rapid growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). The uncontrolled presence of water hyacinth affects the intensity of sunlight entering the water column and affects plankton abundance. The purpose of this study was to determine the vertical distribution of plankton abundance, the main factors affecting plankton abundance, and plankton associated with light intensity. The study was conducted in January and July 2024 using survey methods, with a total of 3 stations and 2 depths (0 m and 1 m). The statistical analysis used was the t-test and simple linear regression, Pearson correlation test, and multivariate analysis using *Nonmetric Multidimensional Scaling* (NMDS) with *envfit* analysis. The results showed that depth did not significantly affect the abundance of phytoplankton and zooplankton, but sampling time in January and July had an effect on the abundance of phytoplankton. The types of phytoplankton found were Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Zygnematomyxozoa, Trebouxiophyceae, Euglenophyceae, and Chrysophyceae, while the zooplankton found were Monogononta, Branchiopoda, and Maxillopoda. Phytoplankton abundance values ranged from 740,447 - 3,650,523 cells/L, while zooplankton abundance ranged from 0 - 3,335 ind/L. There was no significant (homogeneous) relationship between light intensity and phytoplankton abundance based on the results of NMDS and *envfit* association analysis. Nitrate levels significantly affected plankton abundance based on the  $r$  value (0.901) and  $R^2$  (0.812).

Keywords: Abundance, *Envfit*, Plankton, Rawa Pening, Vertical Distribution

\* Korespondensi: Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Tel: +62-85224031177  
e-mail: arifbintaryo@live.undip.ac.id

### 1. Introduction

Rawa Pening merupakan salah satu perairan lentik yakni perairan yang dicirikan dengan air yang menggenang tanpa

adanya aliran air. Rawa Pening termasuk ke dalam danau alam yang terletak di Kabupaten Semarang tepatnya di Kecamatan Ambarawa, Bawen, Tuntang dengan luas area permukaan danau mencapai 2.670 ha. Rawa Pening termasuk dalam 15 danau prioritas nasional yang menyajikan bentang pemandangan yang alami (Lathifah *et al.*, 2020). Keberadaan Rawa Pening dijadikan sebagai salah satu sumber air baku, irigasi lahan pertanian pada Daerah Irigasi Tuntang, selain itu Rawa Pening juga dimanfaatkan menjadi tempat budidaya ikan air tawar oleh warga setempat. Rawa Pening merupakan sumber daya alam yang mempunyai potensi ekonomi, baik bagi wilayah sekitar rawa maupun di sebelah hilirnya. Sebagai sumber ekonomi di sekitarnya, Rawa Pening mempunyai potensi sumber daya gambut yang bisa dimanfaatkan untuk bahan media tanam dan pupuk organik (Soewandita, 2017).

Potensi yang dapat dimanfaatkan pada Danau Rawa Pening tidak hanya memberikan implikasi positif melainkan menimbulkan implikasi negatif. Beberapa contoh implikasi negatif dari pemanfaatan Danau Rawa Pening berasal dari kegiatan manusia seperti pembuangan limbah-limbah baik rumah tangga maupun limbah pertanian ke danau. Berbagai macam polutan yang masuk ke dalam Rawa Pening berasal dari aliran sungai (Prabandini, 2021). Kegiatan yang menimbulkan dampak negatif lainnya yaitu keberadaan tambak budidaya ikan air tawar yang ada di kawasan danau. Keberadaan tambak budidaya yang menggunakan pakan buatan cenderung akan merusak ekosistem perairan. Berbagai macam fungsi yang bersifat sangat strategis tersebut, di pihak lain berdampak menimbulkan permasalahan ekosistem yang sangat kompleks (Piranti *et al.*, 2018). Rawa Pening memiliki perairan yang tergolong subur dan bahkan terlampaui subur. Hal tersebut dilihat dari adanya tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang banyak tumbuh di daerah perairan tersebut. Keberadaan eceng gondok menjadi suatu masalah tersendiri yang sulit diatasi pada perairan danau.

Eceng gondok tumbuh subur karena adanya bahan organik yang melimpah. Sayangnya, pertumbuhan eceng gondok yang sulit dikendalikan berpengaruh kepada berkurangnya intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan. Pertumbuhan vegetasi yang tidak terkontrol ini menyebabkan penutupan permukaan perairan serta serasahnya akan terakumulasi di dasar perairan serta mengakibatkan sedimen yang terperangkap di akar sehingga berakibat pada pendangkalan danau (Heriza *et al.*, 2018). Hal tersebut berpengaruh pada keberadaan klorofil sebagai zat hijau yang ada pada produsen primer yakni fitoplankton. Apabila keberadaan fitoplankton yang ada di perairan berkurang maka akan berpengaruh pula pada zooplankton, sehingga kelimpahan plankton akan menurun dan berdampak pada produktivitas perairan danau Rawa Pening.

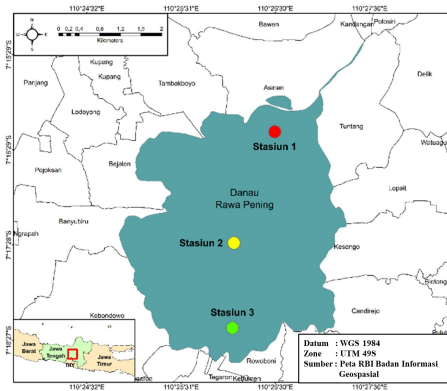
Rawa Pening pernah mengalami pendangkalan dan eutrofikasi. Kondisi ini semakin memburuk menjadi masalah besar ketika sedimentasi dan eutrofikasi mengakibatkan pencemaran air. Kondisi perairan yang dipenuhi oleh eceng gondok di beberapa lokasi akan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari yang sangat diperlukan oleh fitoplankton. Ketika intensitas cahaya matahari berkurang maka fitoplankton akan kesulitan dalam berfotosintesis. Hal tersebut akan berpengaruh kepada kelimpahan zooplankton yang mana keberadaannya dipengaruhi oleh kelimpahan fitoplankton di perairan (Anhar *et al.*, 2023). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran vertikal kelimpahan dan struktur komunitas plankton di Rawa Pening, mengidentifikasi parameter kualitas air yang menjadi faktor utama dalam mempengaruhi kelimpahan plankton, dan menganalisis pola

sebaran fitoplankton yang berasosiasi dengan intensitas cahaya (kecerahan) di Rawa Pening.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Time and place

Penelitian dilakukan pada bulan Januari dan Juli 2024 di Danau Rawa Pening yang terdiri dari 3 stasiun. Stasiun penelitian yang ditentukan sejumlah tiga stasiun dianggap mewakili keseluruhan dari wilayah Danau Rawa Pening. Stasiun 1 terletak pada titik koordinat 7°18'10.4"S dan 110°25'44.1"E, stasiun 2 terletak pada titik koordinat 7°16'55.5"S dan 110°25'58.3"E, serta stasiun 3 terletak pada titik koordinat 7°16'19.8"S dan 110°26'10.7"E. Penentuan lokasi ini didasarkan oleh titik stasiun 1 merupakan titik terdekat *outlet* (bagian utara) serta stasiun 2 dan 3 merupakan titik bagian tengah dan selatan danau.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

### 2.2. Research methods

Metode utama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode survei. Beberapa pendekatan yang dilakukan pada metode tersebut yaitu kuantitatif digunakan karena data yang diperoleh berupa angka seperti kelimpahan plankton serta parameter lingkungan perairan. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan pola distribusi vertikal kelimpahan plankton, sedangkan pendekatan analitik digunakan untuk mengetahui hubungan antara sebaran plankton dengan parameter lingkungan melalui analisis statistik.

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu plankton net, DO meter (Lutron DO-5510), rol meter, Van Dorn horizontal *water sampler*, botol sampel 50 ml, Secchi disk, oven, timbangan analitik, desikator, Spektrofotometer Hach DR 3900, Spektrofotometer Optima SP-3000, botol ulir, Mikroskop okuler Olympus CX33, Sedgewick Rafter Counting Cell (SRC). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sampel air yang sudah diambil pada 3 stasiun, data kualitas air meliputi parameter fisika (kecerahan, kedalaman, suhu), parameter kimia (pH, nitrat, fosfat, DO) dan parameter biologi (klorofil-a), akuades yang digunakan untuk kalibrasi beberapa alat pengukuran parameter fisika dan kimia serta pengenceran pada saat identifikasi plankton, lugol iodine yang digunakan sebagai bahan pengawet pada sampel plankton, kertas saring Whatman untuk menyaring air sampel pada uji klorofil, serta reagen untuk uji nitrat yaitu Nitra Ver 5 Nitrate dan Phos Ver 3 untuk uji fosfat.

### 2.3. Data analysis

#### 2.3.1. Kelimpahan Plankton

Rumus yang digunakan pada penelitian ini yaitu kelimpahan plankton menurut Fachrul (2008) yaitu sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{V_t}{V_{src}} \times \frac{A_{src}}{A} \times \frac{1}{V_d}$$

Keterangan:

N = Kelimpahan plankton (sel per liter)  
 n = jumlah plankton yang tercacah (sel)  
 Vt = Volume air yang tersaring (10 mL)  
 Vsrc = Volume air dalam *Sedgewick Rafter Counting Cell* (1 mL)  
 Asrc = Luas total petak *Sedgewick Rafter Counting Cell* (1000 mm<sup>2</sup>)  
 Aa = Luas petak yang diamati (30 petak × 1 mm<sup>2</sup>)  
 Vd = Volume air yang disaring (200 L)

### 2.3.2. Indeks keanekaragaman

Indeks keanekaragaman menunjukkan keseimbangan keanekaragaman dalam suatu pembagian jumlah individu setiap jenis dan jumlah organisme. Perhitungan indeks keanekaragaman fitoplankton dilakukan dengan menggunakan Indeks Shannon-Wiener (Basmi, 1999) yaitu sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman  
 P<sub>i</sub> = n<sub>i</sub>/N  
 n<sub>i</sub> = Jumlah individu spesies ke-i  
 N = Jumlah total individu

Berdasarkan nilai H' maka dapat dilakukan penggolongan kondisi komunitas fitoplankton tersebut (Basmi, 1999), apabila Kadar H' berkisar pada:

<2,30 = Keanekaragaman kecil, kestabilan komunitas rendah  
 2,30 – 6,9 = Keanekaragaman sedang, kestabilan komunitas Sedang  
 >6,91 = Keanekaragaman tinggi, kestabilan komunitas tinggi

### 2.3.3. Indeks keseragaman

Indeks keseragaman adalah komposisi setiap individu pada suatu spesies dalam sebuah komunitas. Indeks keseragaman dihitung dengan membandingkan Kadar H' dengan Kadar maksimumnya. Adapun rumus perhitungan indeks keseragaman menurut Odum (1993) yaitu sebagai berikut:

$$e = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Keterangan:

e = Indeks keseragaman  
 H' = Indeks keanekaragaman  
 H max = ln S  
 S = Jumlah total jenis

Berdasarkan nilai e tersebut dapat dilakukan penggolongan keseragaman suatu populasi. Ketika Kadar e mendekati 0 maka semakin kecil keseragaman suatu populasi, yang berarti jumlah individu pada setiap genus tidak menyebar rata dan terdapat jenis yang mendominasi dalam populasi tersebut. Ketika Kadar e besar mendekati 1 maka populasi menunjukkan keseragaman yang berarti setiap jenis relatif sama atau tidak jauh berbeda (Basmi, 2000).

### 2.3.4. Indeks dominansi

Indeks dominansi menggambarkan ada atau tidaknya sebuah dominansi jenis dalam suatu komunitas. Indeks dominansi dihitung dengan menggunakan rumus Simpson menurut Odum (1993) yaitu sebagai berikut:

$$e = \sum (n_i/N)^2$$

Keterangan:

d = Indeks dominansi  
 n<sub>i</sub> = Jumlah individu jenis ke-i  
 N = Jumlah total individu

Berdasarkan nilai d yang telah diketahui, dapat dilakukan penggolongan tingkat dominansi jenis. Ketika nilai d mendekati 1 maka artinya terdapat individu yang mendominasi populasi (Odum, 1993).

### 2.3.5. Uji Statistik

Uji t dilakukan untuk melihat pengaruh perbedaan kedalaman, waktu, dan lokasi sampling terhadap kelimpahan plankton. Berikut merupakan hipotesis dari uji tersebut:

H<sub>0</sub> = Kedalaman, waktu, dan lokasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan plankton

H<sub>1</sub> = Kedalaman, waktu, dan lokasi berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan plankton

### 2.3.6. Uji korelasi pearson

Uji korelasi dilakukan untuk membuktikan variabel yang paling berhubungan dengan distribusi vertikal plankton dari hasil data penelitian yang telah dilakukan. Uji korelasi dilakukan dengan menggunakan korelasi Pearson. Uji normalitas dilakukan terlebih dahulu pada setiap variabel dengan menggunakan fitur *normality test* pada JAMOV. Nilai koefisien korelasi (r) dan p-value akan terlihat pada setiap pasangan variabel. Nilai r menunjukkan kekuatan dan arah hubungan, ketika bernilai positif maka hubungan searah di mana semakin tinggi variabel X maka semakin tinggi komponen utamanya. Ketika nilainya negatif maka memiliki hubungan yang berlawanan arah. Nilai p-value apabila <0,05 maka hubungan dianggap signifikan.

### 2.3.7. Nonmetric Multidimensional Scaling (NMDS)

NMDS digunakan untuk menganalisis pola distribusi komunitas fitoplankton yang berasosiasi dengan intensitas cahaya di Rawa Pening. Analisis dilakukan dengan membentuk matriks Bray-Curtis, yang menghitung jarak antar komunitas berdasarkan data kelimpahan dan komposisi jenis fitoplankton pada berbagai titik dan kecerahan. Hasilnya divisualisasikan dalam bentuk *ordination plot* dua dimensi, yang menggambarkan pola kemiripan antara satu komunitas dengan yang lain, semakin dekat posisi titik maka komposisinya semakin mirip. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat mengevaluasi apakah terdapat preferensi fitoplankton tertentu terhadap kondisi cahaya pada berbagai kedalaman perairan, sehingga dapat memperjelas pola sebaran vertikal plankton di ekosistem Rawa Pening.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Results

#### 3.1.1. Kualitas perairan

Kualitas perairan pada penelitian yang dilakukan meliputi parameter fisika dan kimia. Beberapa parameter yang diukur pada ketiga stasiun dan tiga kali sampling di antaranya adalah kecerahan, kedalaman, suhu, pH, DO, nitrat, fosfat, dan klorofil-a yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1

Hasil Pengukuran Kualitas Perairan Rawa Pening selama Penelitian.

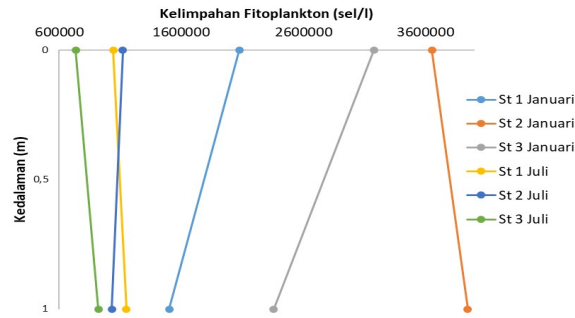
Parameter	Januari 2024			Juli 2024			Baku Mutu*
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	
Kecerahan (m)	0,85	0,16	0,75	0,845	0,73	0,58	-
Kedalaman (m)	1,04	1,81	2,48	2,06	1,21	1,58	-
Suhu (°C)	29,1	29,5	28,1	28,2	27,4	26,3	28-30
pH	7	7,1	7	7,1	7,4	7,5	7-8,5
DO (mg/L)	7,1	6,9	6,9	7,2	7,4	7,9	>4
Nitrat (mg/L)	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,75
Fosfat (mg/L)	0,22	0,23	0,28	0,25	0,48	0,26	0,03
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	11,74	17,54	24,45	21,64	40,72	39,64	50

Keterangan: S1 = Stasiun 1; S2 = Stasiun 2; S3 = Stasiun 3

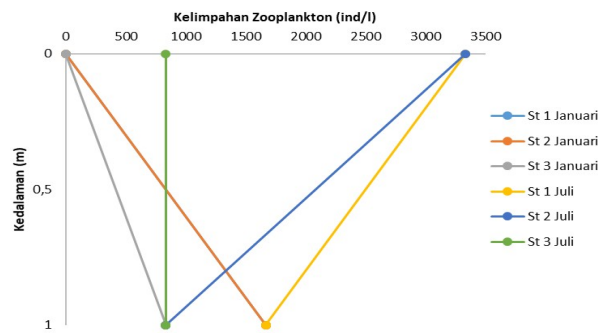
\* Sumber baku mutu: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI

3.1.2. Pengamatan dan kelimpahan plankton

Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan, ditemukan 7 kelas fitoplankton, di antaranya yaitu Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Zygnematophyceae, Trebouxiophyceae, Euglenophyceae, dan Chrysophyceae. Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 740.447 – 3650.523 sel/L. Total kelimpahan fitoplankton pada kedalaman 0 dan 1 m dapat dilihat pada Gambar 2.

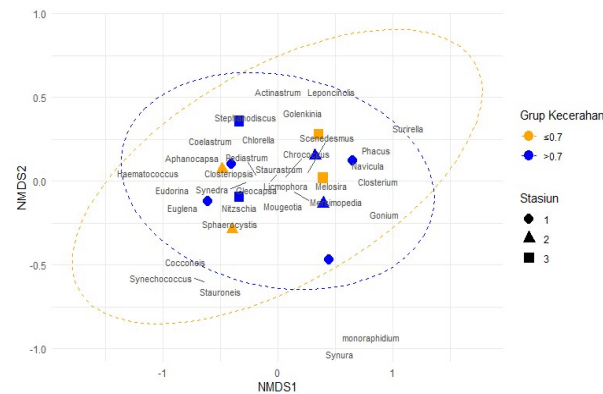


Gambar 2. Total Kelimpahan Fitoplankton kedalaman 0 dan 1 m setiap bulan



Gambar 3. Total kelimpahan zooplankton kedalaman 0 dan 1 m setiap bulan

Kelimpahan zooplankton berkisar antara 0 – 3.335 ind/L terdiri dari kelas Monogonanta, Branchiopoda, dan Maxillopoda.



Gambar 4. Biplot NMDS komunitas fitoplankton terhadap gradient kecerahan

Hasil NMDS yang ditampilkan dalam bentuk biplot dua dimensi menunjukkan bahwa titik-titik sampel tersebar membentuk pola tertentu di sepanjang dimensi NMDS1 dan NMDS2 Plot NMDS yang dihasilkan memiliki nilai stress sebesar 0,094, yang menunjukkan bahwa representasi dua dimensi dari data komunitas fitoplankton cukup baik dan dapat diinterpretasikan secara ekologis. Titik-titik dalam biplot NMDS mewakili stasiun pengambilan sampel dan dikelompokkan berdasarkan kisaran nilai kecerahan perairan. Selain itu, ditambahkan ellips berdasarkan rentang nilai kecerahan ( $\leq 0.7$

dan  $>0.7$ ) untuk menunjukkan kecenderungan pengelompokan berdasarkan parameter tersebut. Genus seperti *Cocconeis*, *Stauroneis*, dan *Synechococcus* cenderung berada di area kelompok dengan kecerahan tinggi, sedangkan *Scenedesmus*, *Phacus*, dan *Closterium* lebih dekat dengan kelompok kecerahan rendah.

3.1.3. Struktur komunitas fitoplankton

Struktur komunitas fitoplankton bulan Januari dan Juli disajikan pada Tabel 2 dan 3. Berdasarkan penggolongan kondisi komunitas fitoplankton terlihat bahwa pada bulan Januari tingkat keanekaragaman kecil dan kestabilannya rendah ( $H' < 2,30$ ). Kadar keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu 2,1395. Indeks dominansi (d) pada bulan Januari berkisar antara 0,0783 – 0,4136. Kadar d yang tertinggi pada bulan Januari berada pada stasiun 3 di kedalaman 0 m. Indeks keseragaman (e) bulan Januari berkisar antara 0,4302 – 0,7402. Kadar e tersebut termasuk dalam kategori sedang – tinggi.

Tabel 2 Struktur komunitas fitoplankton bulan Januari.

Struktur Komunitas	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	0	1	0	1	0	1
Indeks Keanekaragaman	1,879	2,1395	1,2234	1,5528	1,2189	1,2474
Indeks Keseragaman	0,6632	0,7402	0,4412	0,5372	0,4302	0,4606
Indeks Dominansi	0,2077	0,0783	0,4083	0,3673	0,4136	0,2249

Keterangan: 0 = Kedalaman 0m; 1 = Kedalaman 1m

Indeks keanekaragaman tertinggi pada bulan Juli juga terdapat pada stasiun 2 yaitu 1,7121. Berdasarkan kedalaman indeks keanekaragaman tertinggi ada di kedalaman 1 m. Indeks dominansi (d) pada bulan Juli berkisar antara 0,2289 – 0,3560. Kadar d tertinggi pada bulan Juli berada pada stasiun 3 di kedalaman 1 m. Kadar d pada bulan Januari dan Juli menunjukkan bahwa hampir tidak ada individu yang mendominasi sebuah komunitas karena Kadar d mendekati 0.

Tabel 3 Struktur komunitas fitoplankton bulan Juli

Struktur Komunitas	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	0	1	0	1	0	1
Indeks Keanekaragaman	1,6051	1,5412	1,7121	1,5074	1,6329	1,6810
Indeks Keseragaman	0,5789	0,5559	0,5815	0,5437	0,5763	0,5816
Indeks Dominansi	0,2411	0,3295	0,2289	0,2352	0,2470	0,3560

Keterangan: 0 = Kedalaman 0m; 1 = Kedalaman 1m

3.2. Discussion

3.2.1. Kualitas perairan

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika kimia perairan pada ketiga stasiun setiap bulannya, menunjukkan bahwa kedalaman perairan berkisar 1-2 m yang diikuti dengan kecerahan yang Kadarnya hampir sama. Kecerahan pada perairan Rawa Pening cukup rendah yang ditunjukkan dengan warna air yang keruh berwarna kehijauan. Suhu perairan pada masing-masing stasiun terdapat perbedaan akibat pengaruh dari waktu pengambilan sampel, di mana semakin siang maka posisi matahari semakin naik sehingga mengakibatkan suhu baik suhu udara dan suhu air meningkat.

Kecerahan menunjukkan bahwa perairan memiliki tingkat kecerahan yang cukup rendah yaitu berkisar antara 0,16-0,85 m, yang disebabkan oleh tingginya konsentrasi partikel tersuspensi yang dapat berupa sedimen maupun bahan organik. Tingkat kecerahan perairan dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan akibat material tersuspensi maupun terlarut yang ada di dalam perairan (Pratiwy et al. 2023). Peningkatan

biomassa fitoplankton atau bahan organik terlarut juga dapat mengurangi kecerahan perairan (Jane *et al.*, 2021).

Kedalaman pada bulan Januari memiliki nilai kisaran 1,04-2,48 m yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kedalaman pada bulan Juli dengan kisaran 1,21-2,06 m. Hal tersebut dapat terjadi karena faktor curah hujan. Curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan meningkatnya jumlah air yang ditampung oleh sebuah danau. Curah hujan berbanding lurus terhadap kedalaman air, curah hujan juga menunjukkan perbandingan lurus dengan suhu air (Latifa 2024). Kadar pH pada saat penelitian berkisar antara 7 hingga 7,5 yang mana menunjukkan bahwa stasiun penelitian ada pada kondisi netral hingga sedikit basa. Kadar pH sudah sesuai dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Perubahan pH yang kecil di sepanjang kolom air tidak terlalu memengaruhi distribusi vertikal plankton.

Kadar oksigen terlarut berkisar antara 6,9 mg/L hingga 7,9 mg/L. Kadar oksigen terlarut terendah ada pada stasiun 2 dan 3 bulan Januari sedangkan kadar oksigen terlarut tertinggi ada pada stasiun 3 bulan Juli. DO biasanya lebih tinggi di lapisan permukaan karena adanya proses fotosintesis fitoplankton dan kontak dengan atmosfer. DO diukur pada dua kedalaman yaitu di permukaan dan pada kedalaman 1 m. Konsentrasi DO menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman akibat dari proses dekomposisi yang terjadi. Rendahnya oksigen terlarut erat kaitannya dengan kekeruhan air yang disebabkan oleh adanya pengaruh dari buangan zat organik dari daratan, terutama adanya sampah maupun limbah organik (Patty *et al.*, 2022).

Kadar nitrat berkisar antara 0,4 mg/L hingga 0,6 mg/L yang masih berada di bawah baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Keberadaan nitrat cukup mendukung produktivitas primer di perairan penelitian. Nitrat merupakan salah satu sumber nutrisi bagi fitoplankton, sehingga distribusinya akan mengikuti pola ketersediaan nitrat. Fitoplankton membutuhkan unsur hara berupa nitrat dalam jumlah tertentu untuk kelangsungan hidupnya. Rata-rata Kadar nitrat yang dibutuhkan oleh fitoplankton yaitu pada kisaran 0,9 – 3,5 mg/L (Gurning *et al.*, 2020). Kadar fosfat pada saat penelitian memiliki Kadar yang melebihi baku mutu. Berkisar antara 0,22 – 0,48 mg/L. Kadar fosfat yang melebihi baku mutu memperlihatkan potensi eutrofikasi di perairan penelitian. Fosfat di perairan dapat berasal dari aktivitas manusia seperti pertanian atau perkebunan yang membuang limbah domestik yang mengandung fosfat (Gustina *et al.*, 2023).

Konsentrasi klorofil-a pada penelitian yang dilakukan berkisar antara 11,74 mg/m<sup>3</sup> hingga 40,72 mg/m<sup>3</sup>. Klorofil-a merupakan indikator kelimpahan fitoplankton. Konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada lapisan permukaan memperlihatkan bahwa fitoplankton terkonsentrasi di zona eufotik, yang mana cahaya masih dapat mendukung proses fotosintesis. Konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh cahaya, nutrisi, suhu, pH, oksigen terlarut dan tekanan ekologis lainnya. Kelimpahan fitoplankton umumnya meningkatkan kandungan klorofil-a di perairan (Diana *et al.*, 2021).

### 3.2.2. Jenis dan kelimpahan plankton

Jumlah genus terbanyak berasal dari kelas Bacillariophyceae yang terdiri dari 13 genera di antaranya yaitu *Melosira*, *Synedra*, *Nitzschia*, *Licmophora*, *Cocconeis*, *Stephanodiscus*, *Stauroneis*, *Navicula*, *Frustulia*, *Asterionellopsis*, *Ditylum*, *Suriella*, dan *Cyclotella*. Bacillariophyceae dikenal

sebagai diatom yang sering mendominasi komunitas fitoplankton di perairan tawar. Bacillariophyceae merupakan salah satu kelas yang banyak ditemui di Rawa Pening yang menjadi pemanfaatan fitoplankton yang paling signifikan sebagai komposisi makanan ikan *indigenous* yang meliputi *Asterionella* sp., *Fragilaria* sp., *Nitzschia* sp., dan *Synedra* sp. (Rahman *et al.*, 2024). Genera yang ditemukan pada kelas Chlorophyceae di antaranya yaitu *Pediastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Golenkinia*, *Eudorina*, *Ankistrodesmus*, *Actinastrum*, *Gonium*, *Monoraphidium*, dan *Pandorina*. Chlorophyceae dikenal sebagai alga hijau karena memiliki pigmen fotosintesis yang mengandung klorofil-a dan klorofil-b sehingga berwarna hijau. Chlorophyceae sering ditemukan di perairan yang kaya nutrisi atau disebut dengan eutrofik. Genus yang paling banyak ditemui pada kelas ini yaitu *Coelastrum*. *Coelastrum* disebut juga sebagai *coccoid algae* yang banyak ditemukan di perairan rawa (Behera *et al.*, 2021). Sebagian besar Chlorophyta merupakan bagian dari fitoplankton yang berkaitan dengan pemanfaatan nutrisi serta radiasi sinar matahari (Amintarti *et al.*, 2020).

Zooplankton yang ditemukan pada saat penelitian berlangsung terdiri dari kelas Monogonanta, Branchiopoda, dan Maxillopoda. Genus terbanyak berada di kelas Monogonanta di antaranya yaitu *Keratella*, *Polyarthra*, dan *Macrochaetus*. Berdasarkan data penelitian terlihat bahwa *Keratella* banyak ditemukan pada kedalaman 1 m. *Keratella* merupakan genus yang paling banyak ditemukan pada stasiun penelitian dan memiliki kemampuan adaptasi di kekeruhan air yang tinggi di mana cahaya yang masuk terbatas. *Keratella* merupakan zooplankton yang memiliki sebaran luas di perairan tawar (Gophen, 2012). Kelas berikutnya yaitu Branchiopoda yang terdiri dari genus *Diaphanosoma*. Kelas Branchiopoda cukup jarang ditemukan di perairan Rawa Pening. Hal tersebut terjadi karena kombinasi faktor lingkungan yang memiliki kadar oksigen terlarut rendah di beberapa stasiun.

Persaingan yang terjadi terhadap kelas Branchiopoda dengan kelas lain seperti Rotifera misalnya *Keratella* yang memiliki kemampuan adaptasi serta filtrasi yang lebih baik pada ukuran partikel kecil sehingga dapat mendominasi sumber daya makanan seperti fitoplankton apabila dibandingkan dengan kelas Branchiopoda. Rotifera bereaksi cepat terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan spesies planktonik lainnya. Berbeda dengan Rotifera, Copepoda cenderung sulit beradaptasi terhadap perairan yang dominan dengan pembuangan limbah kota atau industri (Singh *et al.*, 2021). Kelas berikutnya yaitu Maxillopoda yang terdiri dari genus *Acartia* dan *Calanoid*. Komposisi zooplankton yang ditemukan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan fitoplankton. Hal tersebut terjadi karena fitoplankton merupakan produsen primer yang memiliki posisi di dasar rantai makanan dan mampu berfotosintesis sehingga dapat memanfaatkan sinar matahari dan nutrisi untuk berkembang biak dengan cepat, sedangkan zooplankton merupakan mikroorganisme konsumen primer dan sekunder yang populasinya bergantung pada ketersediaan fitoplankton.

Faktor habitat juga mempengaruhi di mana Rawa Pening yang merupakan perairan dangkal memiliki kondisi terlampaui subur (eutrofik) sehingga menimbulkan *blooming* fitoplankton. Perbedaan laju pertumbuhan kedua mikroorganisme tersebut merupakan salah satu faktor mengapa populasi fitoplankton lebih banyak dari zooplankton. Siklus reproduksi zooplankton membuat populasinya menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan fitoplankton (Odum, 1996). Kelimpahan hanya dilakukan pada dua kedalaman karena kondisi perairan Rawa Pening yang tidak terlalu dalam ketika sampling dilaksanakan. Kelimpahan plankton akan dipengaruhi

oleh kedalaman, khususnya pada fitoplankton akan semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman. Distribusi plankton memiliki variasi berdasarkan dengan kedalaman perairan, hal tersebut dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterima fitoplankton untuk melakukan fotosintesis (Mulyawati *et al.*, 2019). Kedalaman 0 m memiliki kelimpahan fitoplankton terbaik dibanding kedalaman lainnya, hal tersebut terjadi karena keberadaan cahaya yang masih optimal untuk dimanfaatkan pada saat proses fotosintesis (Tambaru dan Suwarni 2013).

Kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat di bulan Januari, pada stasiun 2 di kedalaman 1 m. Kelimpahan fitoplankton pada kedalaman 0 m lebih besar dibandingkan kedalaman 1 m kecuali pada stasiun 2. Stasiun 2 kedalaman 0 m memiliki kelimpahan fitoplankton sebesar 3.942.364 sel/L sedangkan kedalaman 1 m hanya 3.650.522 sel/L. Kelimpahan fitoplankton yang cenderung lebih tinggi pada kedalaman tertentu dibandingkan dengan permukaan (0 m) diduga karena adanya faktor fisika perairan seperti intensitas cahaya matahari yang tinggi serta kecerahan perairan yang cukup dalam yaitu pada kisaran 4-4,5 m yang memungkinkan fitoplankton ditemukan pada kedalaman perairan, karena faktor lingkungan yang mendukung kehidupan fitoplankton (Syahbaniati dan Sunardi, 2019).

Kelimpahan zooplankton tertinggi yaitu ada pada stasiun 1 dan 2 di bulan Juli sebanyak 3.335 ind/L. Terdapat 3 kelas yang ditemukan, sebanyak 6 genus ditemukan pada sampling bulan Juli dengan jumlah individunya yaitu 12 individu. Kelimpahan zooplankton lebih tinggi pada kedalaman 1 m namun pada sampling bulan Juli terlihat bahwa kelimpahan zooplankton lebih besar di kedalaman 0 m. Kelimpahan pada bulan Januari kedalaman 0 m berkadar 0 karena tidak ditemukan individu zooplankton. Hal tersebut disebabkan oleh metode pengambilan sampel yang kurang mempertimbangkan waktu khususnya pada zooplankton yang memiliki pola vertikal harian (*diel vertical migration*). Zooplankton banyak ditemukan di dekat permukaan pada saat malam hari. Zooplankton mampu mencari makan di kedalaman kolom air dengan konsentrasi makanan yang tinggi dengan mengatur waktu pencarian makan di permukaan saat pemangsaan visual terhambat selama senja dan malam hari (Bianchi dan Mislan, 2016).

### 3.2.3. Struktur komunitas plankton

Indeks keanekaragaman dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bulan Januari memiliki Kadar yang tidak jauh berbeda pada setiap stasiun dan kedalamannya. Berkisar antara 1,2189 – 2,1395. Berdasarkan penggolongan kondisi komunitas fitoplankton terlihat bahwa pada bulan Januari tingkat keanekaragaman kecil dan kestabilannya rendah ( $H' < 2,30$ ). Kadar keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu 2,1395. Hal tersebut terjadi karena pada stasiun 2 merupakan stasiun yang berada di tengah danau yang kondisi *E. crassipes* tidak terlalu padat. Indeks keanekaragaman tertinggi pada bulan Juli juga terdapat pada stasiun 2 yaitu 1,7121. Berdasarkan kedalaman indeks keanekaragaman tertinggi ada di kedalaman 1 m. Bulan Januari kedalaman 1 m memiliki Kadar keanekaragaman yang tinggi dibandingkan dengan permukaan.

Indeks keseragaman (e) bulan Januari berkisar antara 0,4302 – 0,7402. Kadar e tersebut termasuk dalam kategori sedang – tinggi, sedangkan pada bulan Juli Kadar e tidak jauh berbeda pada setiap stasiun dan kedalamannya. Kadar e yang tidak berbeda satu sama lain menandakan bahwa kondisi komunitas memiliki keseragaman yang stabil. Jika Kadar indeks keanekaragaman tinggi maka indeks keseragaman juga tinggi, hal tersebut berarti bahwa tidak ada dominansi spesies tertentu dalam sebuah komunitas. Rendahnya keanekaragaman dan keseragaman dalam sebuah komunitas akan menyebabkan

dominansi pada spesies tertentu yang mengakibatkan pada ketidakstabilan ekosistem (Utojo, 2015).

Indeks dominansi (d) menggambarkan ada atau tidaknya sebuah dominansi jenis dalam suatu komunitas. Indeks dominansi (d) pada bulan Januari berkisar antara 0,0783 – 0,4136. Kadar d yang tertinggi pada bulan Januari berada pada stasiun 3 di kedalaman 0 m. Indeks dominansi (d) pada bulan Juli berkisar antara 0,2289 – 0,3560. Kadar d tertinggi pada bulan Juli berada pada stasiun 3 di kedalaman 1 m. Kadar d pada bulan Januari dan Juli menunjukkan bahwa hampir tidak ada individu yang mendominasi sebuah komunitas karena Kadar d mendekati 0. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Odum (1993), bahwa indeks dominansi yang mendekati 0 menunjukkan tidak adanya dominansi genus tertentu, sebaliknya apabila Kadar indeks mendekati 1 maka ada genus yang mendominasi. Kadar d akan berbanding terbalik dengan Kadar  $H'$  dan e.

### 3.2.4. Sebaran vertikal plankton

Sebaran vertikal plankton pada penelitian ini dapat dilihat dari hasil uji t. Hasil menunjukkan bahwa kedalaman tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap kelimpahan fitoplankton dan zooplankton ( $p < 0,05$ ). Kedalaman tidak menjadi faktor utama dalam perbedaan kelimpahan plankton yang ada di Rawa Pening. Menurut Tambaru *et al.* (2014), hal tersebut memperlihatkan bahwa peristiwa itu sangat mungkin terjadi sebab kedalaman tersebut masih merupakan bagian kedalaman yang produktif pada saat cahaya matahari tersedia. Waktu sampling di bulan Januari dan Juli berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton ( $p > 0,05$ ). Waktu sampling di bulan Januari memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bulan Juli. Hal tersebut mengakibatkan kelimpahan fitoplankton lebih tinggi pada bulan Januari. Peningkatan curah hujan akan diikuti dengan peningkatan nutrisi dari runoff. Hujan yang tinggi akan menambah limpasan air daratan yang mengandung nutrisi seperti dari tanah, penggunaan pupuk, limbah organik masuk ke dalam perairan. Kenaikan nutrisi tersebut dapat berdampak pada kenaikan kelimpahan fitoplankton (Naik *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil dari uji korelasi terlihat bahwa kelimpahan fitoplankton memiliki hubungan dengan nitrat. Keduanya memiliki korelasi positif kuat dan signifikan ( $p < 0,05$ ) yang menunjukkan peningkatan nitrat berhubungan dengan peningkatan kelimpahan fitoplankton. Lokasi pengambilan sampel (stasiun) memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelimpahan fitoplankton dan zooplankton. Pada fitoplankton, terdapat indikasi adanya perbedaan kelimpahan antar stasiun, terutama pada salah satu stasiun yang menunjukkan kecenderungan peningkatan dibandingkan stasiun lainnya. Hal ini memperlihatkan bahwa faktor-faktor lingkungan seperti pencemaran, ketersediaan nutrisi, atau intensitas cahaya dapat memengaruhi pertumbuhan fitoplankton di masing-masing stasiun. Sebaliknya, pada zooplankton, tidak ditemukan perbedaan kelimpahan yang berarti antar stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi zooplankton lebih merata di seluruh lokasi pengamatan. Zooplankton yang bergerak aktif memungkinkan untuk dapat bergerak bebas mengikuti kondisi yang menguntungkan, sehingga variasi spasial antar stasiun menjadi kurang signifikan bagi kelimpahan zooplankton. Genus seperti *Cocconeis* dan *Synechococcus*, yang lebih umum ditemukan pada kelompok kecerahan tinggi, kemungkinan lebih adaptif terhadap kondisi terang atau memiliki toleransi cahaya tinggi. Sebaliknya, keberadaan *Scenedesmus* dan *Phacus* pada kelompok kecerahan rendah mengindikasikan kemampuan genus tersebut untuk bertahan di perairan dengan kondisi

cahaya terbatas, yang mungkin juga dikaitkan dengan perairan yang lebih keruh atau eutrofik.

Sebaran titik pada biplot NMDS menunjukkan tingkat kemiripan atau perbedaan komposisi komunitas fitoplankton antar sampel. Titik yang saling berdekatan menunjukkan sampel dengan komposisi komunitas yang mirip. Pola sebaran ini menunjukkan bahwa kecerahan bukan merupakan faktor pembeda utama dalam struktur komunitas fitoplankton di lokasi penelitian. Terlihat pada nilai  $r^2$  yang cukup rendah dari hasil envfit (0.1221) menunjukkan bahwa kontribusi kecerahan terhadap variasi struktur komunitas fitoplankton hanya sebesar 12,2%. Nilai signifikansi  $p = 0,578$ , menunjukkan bahwa tidak signifikan secara statistik ( $p > 0,05$ ). Dengan demikian, meskipun terdapat indikasi pola visual dalam plot NMDS, tidak terdapat asosiasi yang signifikan antara nilai kecerahan dengan sebaran genus fitoplankton dalam penelitian ini. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan terdapat faktor lingkungan lain yang lebih berpengaruh terhadap struktur komunitas fitoplankton, seperti nutrisi, arus, atau faktor fisik-kimia lain (suhu, DO, nitrat, fosfat). Selain itu, keterbatasan jumlah sampel dan kisaran nilai kecerahan yang relatif sempit juga dapat memengaruhi kekuatan statistik dari analisis.

Pengaruh nitrat terhadap kelimpahan fitoplankton dibuktikan lebih lanjut dengan uji regresi linear sederhana dengan rumus  $Y = (-5,55 \times 10^6) + (1,46 \times 10^7) X$ . Setiap kenaikan 1 mg/l kadar nitrat maka kelimpahan fitoplankton akan meningkat sebesar  $1,46 \times 10^7$  sel/l. Konsentrasi nitrat dan fosfat memiliki fluktuasi seiring dengan densitas fitoplankton, hal tersebut diduga karena unsur hara dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan fitoplankton (Rumanti *et al.*, 2014). Peningkatan klorofil-a di danau Rawa Pening berbanding lurus dengan kadar nitrat dan fosfat (Astuti, 2024). Saran pengelolaan danau Rawa Pening yang dapat dilakukan yaitu dengan monitoring kualitas air secara berkala, mengurangi kegiatan yang berpotensi menambah kesuburan perairan seperti penggunaan pakan buatan pada budidaya ikan, pembuangan limbah rumah tangga yang berasal dari beberapa inlet danau. Peran pemerintah dalam melakukan pengambilan eceng gondok menggunakan alat berat juga perlu diperbaiki agar dapat dilakukan secara rutin dan berkala.

#### 4. Conclusion

Kelimpahan fitoplankton berkisar antara 740.447 – 3650.523 sel/L dan kelimpahan zooplankton berkisar antara 0 – 3.335 ind/L. Indeks keanekaragaman memiliki tingkat keanekaragaman kecil dan kestabilannya rendah. Indeks keseragaman termasuk dalam kategori sedang – tinggi. Indeks dominansi menunjukkan bahwa hampir tidak ada individu yang mendominasi. Kedalaman tidak menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap kelimpahan plankton. Kadar nitrat berpengaruh signifikan terhadap kelimpahan fitoplankton. Pola sebaran fitoplankton tidak menunjukkan kecenderungan tertentu terhadap kisaran kecerahan (homogen). Tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara intensitas cahaya dan kelimpahan fitoplankton.

#### Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro (609-07/UN7.D2/PP/VIII/2023) dan tim penelitian Rawa Pening serta semua pihak yang terlibat.

#### Bibliography

Amintarti, S., Utami, N.H., and Ajizah, A. 2020. The various type of microalgae in lentic habitats. *Journal of Physics:*

*Conference Series*, 1422(1): 1–9.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012027>

Anhar, V., Asra, R., dan Suprayogi, D. 2023. Keanekaragaman dan kelimpahan fitoplankton di Rawa Bento, Kerinci sebagai Bioindikator kualitas perairan. *Biospecies*, 16(1): 29–38.  
<https://doi.org/10.22437/biospecies.v16i1.20229>

Astuti, Y., Ain, C., Rahman, A., Jati, O.E., dan Prakoso, K. 2024. Profil lingkungan dan kesuburan perairan di Danau Rawa Pening, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Akuatiklestari*, 8(1): 85-90.  
<https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v8i1.6934>

Behera, C., Dash, S.R., Pradhan, B., Jena, M., and Hembram, P. 2021. Coccoid green algae Genus *Coelastrum* and some desmids from coastal region of Odisha, India. *The Journal of the Indian Botanical Society*, 101(03): 182–188. <https://doi.org/10.5958/2455-7218.2023.00008.6>

Bianchi, D., and Mislán, K.A.S. 2016. Global patterns of diel vertical migration times and velocities from acoustic data. *Limnology and Oceanography*, 61(1): 353-364.  
<https://doi.org/10.1002/lno.10219>

Diana, A., Zahro, N., Sari, L.A., Arsad, S., Pursetyo, K.T., and Cahyoko, Y. 2021. Monitoring of phytoplankton abundance and chlorophyll-a content in the estuary of Banjar Kemuning River, Sidoarjo Regency, East Java. *Journal of Ecological Engineering*, 22(1): 1–7.  
<https://doi.org/10.12911/22998993/128877>

Gophen, M. 2012. The ecology of *Keratella cochlearis* in Lake Kinneret (Israel). *Open Journal of Modern Hydrology*. 2(1): 1-6.

Gurning, L.F.P., Nuraini, R.A.T., dan Suryono, S. 2020. Kelimpahan fitoplankton penyebab Harmful Algal Bloom di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3): 251–260.  
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>

Gustina, A., Ezraneti, R., dan Adhar, S. 2023. Analisis parameter kualitas air di kawasan tambak Rancong Kota Lhokseumawe. *MUNGGAI: Jurnal Ilmu Perikanan dan Masyarakat Pesisir*, 9(01): 1–11.  
<https://doi.org/10.62176/v9i01.242>

Heriza, D., Sukmono, A., dan Bashit, N. 2018. Analisis perubahan kualitas perairan Danau Rawa Pening periode 2013, 2015 dan 2017 dengan menggunakan data citra Landsat 8 multitemporal. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1): 79–89.  
<https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19311>

Jane, S.F., Hansen, G.J., Kraemer, B.M., Leavitt, P.R., Mincer, J.L., North, R.L., and Rose, K.C. 2021. Widespread deoxygenation of temperate lakes. *Nature*, 594(7861): 66–70. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03550-y>

Lathifah, N., Hidayat, J.W., dan Muhammad, F. 2020. Potensi ekowisata di Bukit Cinta Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2): 228–235.  
<https://doi.org/10.14710/jil.18.2.228-235>

- Latifa, A. 2024. Perbandingan spasio-temporal keseimbangan lingkungan plankton di Embung Daerah Bantul Yogyakarta. *Berita Biologi*, 23(1): 1–25. <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2024.390>
- Mulyawati, D., Ario, R., dan Riniatsih, I. 2019. Pengaruh perbedaan kedalaman terhadap fitoplankton dan zooplankton di Perairan Pulau Panjang, Jepara. *Journal of Marine Research*, 8(2): 181–188. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i2.25101>
- Naik, S., Mishra, R.K., Sahu, K.C., Lotliker, A.A., Panda, U.S., and Mishra, P. 2020. Monsoonal influence and variability of water quality, phytoplankton biomass in the tropical coastal waters—a multivariate statistical approach. *Frontiers in Marine Science*, 7(1): 648. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00648>
- Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga. Gajah mada University Press. Yogyakarta: 134–162.
- Odum, E.P. 1996. Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Patty, S.I., Rizqi, M.P., Huwae, R., Oseanografi, P.R., dan Nasional, B.R.D.I. 2022. Oksigen terlarut di perairan Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 10(1): 216–223. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.40434>
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PP No. 22 Tahun 2021). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Piranti, A.S., Rahayu, D.R.U.S., dan Waluyo, G. 2018. Evaluasi status mutu air Danau Rawapening. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(2): 151–160. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.2.151-160>
- Prabandini, F.A., Rudiyaniti, S., dan Taufani, W.T. 2021. Analisis kelimpahan dan keanekaragaman gastropoda sebagai indikator kualitas perairan di Rawa Pening. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 20(1): 1–9. <https://doi.org/10.31941/penaakuatika.v20i1.1267>
- Pratiwy, E., Handoyo, G., dan Suryoputro, A.A.D. 2023. Evaluasi kesesuaian lahan perairan untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di perairan Pulau Panjang, Banten. *Indonesian Journal of Oceanography*, 5(4): 199–205. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v5i4.16837>
- Rahman, A., Jati, O.E., and Dewi, S.R. 2024. Food habits of indigenous fish groups caught in Lake Rawa Pening, Indonesia. *International Journal of Research Publication and Reviews*. 5(6): 3514–3522. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0624.1528>
- Rumanti, M., Rudiyaniti, S., dan Suparjo, M.N. 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. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4434>
- Singh, S., Kumari, V., Usmani, E., Dutta, R., Kumari, R., Kumari, J., and Arif, M. 2021. Study on zooplankton diversity in a fresh water pond (Raja Bandh) of Jamtara, Jharkhand, India. *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*, 4(2): 5–13. <https://doi.org/10.31632/ijalsr.2021.v04i02.002>
- Soewandita, H. 2017. Studi Ekologi lahan koridor sungai dan status kualitas penggunaan lahan di Wilayah DAS Rawapening. *Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 1(1): 33–42. <https://doi.org/10.29122/alami.v1i1.960>
- Syahbaniati, A.P., dan Sunardi, S. 2019. Distribusi vertikal fitoplankton berdasarkan kedalaman di Pantai Timur Pananjung Pangandaran, Jawa Barat. *Pros. Sem. Nas. Masy. Biodiv. Indon.*, 5(1): 81–88. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050116>
- Tambaru, R., Muhiddin, A.H., dan Malida, H.S. 2014. Analisis perubahan kepadatan zooplankton berdasarkan kelimpahan fitoplankton pada berbagai waktu dan kedalaman di perairan Pulau Badi Kabupaten Pangkep. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 24(3): 1–9. <https://doi.org/10.35911/torani.v24i3.236>
- Utojo, U. 2015. Keragaman plankton dan kondisi perairan tambak intensif dan tradisional di Probolinggo Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 32(2): 83–97. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2015.32.2.299>