

Struktur Komunitas Mikroalga di Wisata Air Umbul Kabupaten Klaten

Microalgae Diversity as a Bioindicator of Pollution in Umbul Water Tourism, Klaten Regency

Ruth Karisma Murti¹, Nurmiyati¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, UNS, Jalan Ir. Sutami 36 A Kentingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, 57126, Indonesia

*Korespondensi: nurmiyati@staff.uns.ac.id

Disubmit: 4 Februari 2025, Direvisi: 14 April 2025, Diterima: 3 Agustus 2025

ABSTRAK

Mikroalga memberikan gambaran terhadap kesuburan suatu perairan, karena semakin banyak mikroalga di suatu perairan menandai perairan tersebut semakin subur. Tujuan penelitian untuk mengetahui struktur komunitas mikroalga di wisata air umbul Kabupaten Klaten. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan metode survey. Teknik pengumpulan data menggunakan purposive sampling dengan teknik hand collection. Teknik analisis data menggunakan indeks keanekaragaman Shanon-Wiener (H'), Indeks pemerataan jenis, indeks dominasi dan indeks kekayaan jenis serta melihat parameter fisika dan kimianya untuk menentukan kualitas air. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ketiga stasiun berada pada kategori stabil tetapi nilai indeks tertinggi terdapat pada stasiun III sebesar 2,860 dan nilai indeks terendah pada stasiun II sebesar 2,427. Indeks pemerataan jenis tertinggi pada stasiun I yaitu sebesar 0,864 dan indeks terendah pada stasiun II sebesar 0,764 sehingga indeks pemerataan jenis stabil. Indeks Dominasi tertinggi pada stasiun II yaitu sebesar 0,13 tetapi masih mendekati 0 sehingga indeks dominasi rendah. Indeks kekayaan jenis tertinggi pada stasiun III dan terendah pada stasiun II sebesar 4,83. Menurut hasil indeks keanekaragaman Umbul Nilo, Umbul Ponggok dan Umbul Sigidang termasuk dalam kategori tidak tercemar.

Kata kunci: Keanekaragaman, Mikroalga, Bioindikator, Umbul, Klaten

ABSTRACT

Microalgae give an idea of the fertility of a body of water because the more microalgae in a body of water, the more fertile the water is. This research aims to determine the structure of the microalgae community in the Umbul water tourism area of Klaten Regency. This type of research is descriptive quantitative with a survey method. The data collection technique uses purposive sampling with hand-collection techniques. The data analysis technique uses the Shanon-Wiener diversity index (H'), species evenness index, dominance index, and species richness index as well as looking at physical and chemical parameters to determine water quality. The most common microalgae come from the Bacillariophyceae and Cyanophyceae classes. The Shannon-Wiener diversity index for the three stations is in the stable category but the highest index value is at station III at 2.860 and the lowest index value at station I is 2.427. The highest species evenness index was at station I, namely 0.864, and the lowest index at station II was 0.764, so the species evenness index was stable. The highest Dominance Index at station II is 0.13 but is still close to 0 so the dominance index is low. The highest species richness index was at station III and the lowest at station II was 4.83. According to the results of the Umbul Nilo diversity index, Umbul Ponggok and Umbul Sigidang are included in the unpolluted category.

Keywords: Microalgae, Diversity, Bioindicators, Umbul, Klaten

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara mega biodiversity dengan kelimpahan dan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman makhluk hidup yang meliputi seluruh organisme, spesies dan populasi yang membentuk komunitas dan ekosistem yang kompleks.

Salah satu ekosistem terbesar yang ada di Indonesia adalah ekosistem perairan. Perairan adalah area yang kaya akan sumber daya alam, baik hayati maupun non-hayati, dalam media air tertentu. Perairan terdiri dari air laut, air payau dan air tawar. Perairan tawar biasanya berada di daratan dan lebih tinggi dari permukaan laut. Perairan tawar terdiri dari dua jenis: perairan mengalir (*lotic water*), misalnya sungai, dan perairan menggenang (*lentic water*), misalnya umbul.

Istilah Jawa "umbul" berarti mata air. Mata air berasal dari air tanah yang muncul ke permukaan, atau berasal dari sumber air di dasar tanah. Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah pada ruang antara partikel tanah dan di dalam retakan bebatuan. Kualitas dan kuantitas air yang berasal dari tanah tidak dipengaruhi oleh musim sehingga tetap sama seperti saat berada di dalam tanah.

Kabupaten Klaten memiliki tempat wisata umbul, yang biasanya digunakan oleh masyarakat untuk pemandian. Tidak hanya satu umbul, Kabupaten Klaten dijuluki sebagai "Kabupaten Seribu Satu Umbul". Keberadaan umbul ini memberikan banyak manfaat bagi warga sekitar. Berdasarkan hasil observasi, umbul-umbul dimanfaatkan warga untuk kebutuhan sehari-hari, seperti pertanian, perikanan, PDAM, air minum, mencuci, pemandian dan tempat wisata.

Salah satu biota air yang terdapat di umbul adalah mikroalga. Mikroalga adalah organisme mikroskopik dengan ukuran, bentuk dan jenis yang beragam, mempunyai pigmen fotosintetik, bersifat autotroph dan dapat ditemukan di lingkungan perairan (Rahayu & Susilo, 2021). Mikroalga termasuk dalam

fitoplankton yang mendominasi perairan tawar yang umumnya terdiri dari divisi Bacillariophyta (diatom) dan Chlorophyta (ganggang hijau) dengan kemampuan baik menyesuaikan lingkungan dan berkembang biak dengan cepat (Pambudi *et al.*, 2016)

Mikroalga dapat digunakan sebagai indikator kualitas suatu perairan sebab mikroalga mempunyai batas toleransi tertentu terhadap faktor-faktor kimia dan fisika perairan sehingga dapat memberikan gambaran mengenai keadaan perairan dan termasuk ke komponen biotik penting yaitu sebagai mata rantai primer pada rantai makanan di ekosistem perairan (Sulastri *et al.*, 2019).

Mikroalga memberikan gambaran terhadap kesuburan suatu perairan, karena semakin banyak mikroalga di suatu perairan menandai perairan tersebut semakin subur. Jumlah jenis mikroalga di perairan menunjukkan tingkat diversitasnya. Jumlah jenis mikroalga yang lebih banyak di perairan menunjukkan tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi, dan hubungan antara jumlah jenis dan jumlah individu ditunjukkan dengan indeks diversitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas mikroalga di wisata air umbul Kabupaten Klaten.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan metode survei. Teknik pengumpulan data menggunakan purposive sampling dengan teknik hand collection.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga, yodium, kalium iodida, aquades, MnSO_4 , NaOH, Na-tiosulfat, Na_2CO_3 , indikator pp, dan amilum.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut: plankton net No 25, ember, pH meter, termometer, botol sampel, kertas label,

mikroskop binokuler OlymPus CX22, alat tulis, tisu, object glass, coverglass, kamera.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian untuk masing-masing stasiun antara lain penentuan stasiun pengambilan sampel mikroalga, pengukuran faktor fisik dan kimia meliputi suhu air, suhu udara, pH air, kelembaban udara, DO, BOD dan CO. Pengambilan sampel mikroalga dilakukan pada setiap stasiun dengan menyaring air umbul menggunakan plankton net sebanyak 100 liter. Hasil saringan ditempatkan di botol sampel 100 ml, ditambahkan lugol sebanyak 3 tetes dan diberi label. Selanjutnya, sampel dibawa ke laboratorium untuk diamati

Analisis Klasifikasi Mikroalga

Sampel air diamati menggunakan sedgewick rafter dan mikroskop cahaya. Hasil pengamatan kemudian diidentifikasi menggunakan studi literatur seperti data mikroalga yang diperoleh kemudian dianalisis komposisi komunitas mikroalga yang meliputi indeks kemelimpahan, indeks keanekaragaman, dan indeks dominasi. Data keanekaragaman kemudian dianalisis secara deskriptif dalam bentuk gambar dan table. Mikroalga kemudian dikelompokkan berdasarkan hirarki taksonomi.

Analisis Indeks Keanekaragaman, Kekayaan Jenis, Dominasi dan Kekayaan Jenis

Parameter uji yang digunakan dalam penelitian ini meliputi indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), Indeks kemerataan (J'), indeks dominasi (D), indeks kekayaan (S) dan kemelimpahan spesies mikroalga ditentukan sebagai berikut:

- a. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H'):

$$H' = -\sum_{i=1}^S [(P_i) \times (\ln P_i)]$$

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') adalah sebagai berikut;

$H' < 1$	: tingkat keanekaragaman rendah
$1 < H' \leq 3$	: tingkat keanekaragaman sedang
$H' > 3$	: tingkat keanekaragaman tinggi

- b. Indeks Kemerataan Jenis (Evenness):

$$E' = H' / \ln S$$

Keterangan :

E' : indeks kemereataan jenis

H' : indeks keragaman jenis

S : jumlah jenis

Kriteria nilai indeks kemerataan berkisar antara 0-1, yaitu sebagai berikut:

$E < 0,5$	: tingkat kemeraataan komunitas tertekan
$0,5 \leq E \leq 0,75$	: tingkat kemerataan komunitas tidak stabil
$0,75 < E \leq 1,00$	: tingkat kemerataan komunitas stabil

- c. Indeks Dominasi (D)

$$D = P_i^2$$

Keterangan :

P_i : kelimpahan jenis

Kriteria nilai indeks dominasi (D) adalah sebagai berikut:

$0 < D \leq 0,5$	: tingkat dominasi rendah
$0,5 < D \leq 0,74$	: tingkat dominasi sedang
$0,75 < D \leq 1$	: tingkat dominasi tinggi

- d. Indeks Kekayaan Jenis (*Richness*)

$$R = (S-1)/\ln N$$

Keterangan:

R : indeks kekayaan jenis

Ni : jumlah jenis

N : jumlah total individu spesies

Kriteria nilai indeks kekayaan jenis (R) adalah sebagai berikut:

$R < 3,5$: tingkat kekayaan jenis rendah

$3,5 \leq R < 5$: tingkat kekayaan jenis sedang

$R \geq 5$: tingkat kekayaan jenis tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Mikroalga

Keragaman spesies mikroalga dan jumlah individu yang diperoleh dari sampel yang diambil di umbul pada stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil penelitian pada tiga umbul di Desa Ponggok Kabupaten Klaten mikroalga yang ditemukan terdiri dari 8 kelas, 31 famili dan 40 spesies dengan jumlah total 458 individu.

Pada stasiun I, ditemukan spesies *Ulothrix sp.*, *Isthmia sp.*, *Synedra sp.*, *Spyrogyra sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Amphora sp.*, *Meugeotia viridis*, *Cladophora sp.*, *Chlorella sp.*, *Calothrix sp.*, *Blacillaria paxillifera*, *Spirulina sp.*, *Actinastrum gracillimum*, *Aulacoseira sp.*, *Navicula sp.*, *Nitzschia sp.*, *Nostoc sp.*, *Synura sp.*, *Lemanea fluviatilis*, *Melosira sp.*, *Characium sp.*, dan *Closterium sp.* pada sampel yang diambil.

Pada stasiun II, ditemukan spesies *Nitzschia sp.*, *Ulothrix sp.*, *Calothrix sp.*, *Audouinella sp.*, *Cladophora sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Chroodactylon sp.*, *Nostoc sp.*, *Spyrogyra sp.*, *Chroococcus sp.*, *Diatoma vulgaris*, *Craticula sp.*, *Diploneis sp.*, *Isthmia sp.*, *Blacillaria paxillifera*, *Chlorella sp.*, *Zygonium ericetorum*, *Stauroneis sp.*, *Caloneis sp.*, *Amphora sp.*, *Actinastrum gracillimum*, *Lemanea fluviatilis*, dan *Fragilaria sp.* pada sampel air yang diambil.

Pada stasiun III, ditemukan spesies *Cladophora sp.*, *Amphora sp.*, *Synechococcus sp.*, *Diploneis sp.*, *Audouinella sp.*, *Calothrix sp.*, *Diatoma vulgaris*, *Nitzschia sp.*, *Nostoc sp.*, *Stauroneis sp.*, *Surirella sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Blacillaria paxillifera*, *Gomphonema sp.*, *Spyrogyra sp.*, *Caloneis sp.*, *Cocconeis sp.*, *Synedra sp.*, *Melosira sp.*, *Chlorella sp.*, *Navicula sp.*, *Closterium porrectum*, *Cymbella sp.*, *Ulothrix sp.*, *Terpsinoe musica*, *Pinnularia sp.*, *Synura sp.*, dan *Chroodactylon sp.* pada sampel air yang diambil. Jumlah total dari semua spesies tersebut sekitar 40 spesies. Spesies yang dapat dijumpai pada setiap stasiun adalah *Amphora sp.* dan *Nitzschia sp.* *Amphora sp.* berbentuk seperti batang seperti perahu. *Nitzschia sp.* memiliki bentuk sel elips yang berwarna kecoklatan. *Amphora* dan *Nitzschia sp.* termasuk dalam kelas Bacillariophyceae yang banyak didapat di berbagai tipe perairan karena diatom pennales, karena memiliki raphe yang dapat menghasilkan lendir pada tubuhnya sehingga dapat menempel lebih kuat pada substrat (Devayani et al., 2019).

Kelas Bacillariophyceae merupakan mikroalga yang paling banyak ditemukan pada tiga stasiun terdiri atas 14 famili yaitu famili Biddulphiaceae, Fragillariaceae, Catenulaceae, Bacillariaceae, Melosiraceae, Aulacoseiraceae, Fragilariaceae, Diploneidaceae, Stauroneidaceae, Naviculaceae, Pinnulariaceae, Gomphonemataceae, Cocconeidaceae dan Cymbellaceae. Spesies yang ditemukan adalah *Isthmia sp.*, *Terpsinoe musica*, *Synedra sp.*, *Amphora sp.*, *Blacillaria paxillifera*, *Nitzschia sp.*, *Melosira sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Diatoma vulgaris*, *Fragilaria sp.*, *Diploneis sp.*, *Stauroneis sp.*, *Craticula sp.*, *Caloneis sp.*, *Navicula sp.*, *Pinnularia sp.*, *Gomphonema sp.*, *Cocconeis sp.* dan *Cymbella sp.*

Anggota Bacillariophyceae berupa diatom-diatom yang hidup di air tawar, air laut maupun didalam tanah lembab, bersifat uniseluler, hidup dalam koloni dan pada setiap sel hanya terdapat satu nucleus (Mann et al., 2016). Pada rantai

makanan diatom berperan sebagai produsen dalam menghasilkan bahan organik dan oksigen (B-Béres *et al.*, 2023).

Mikroalga kelas Bacillariophyceae adalah bioindicator untuk mengetahui tingkat pencemaran pada suatu perairan (Khalil *et al.*, 2021). Anggota Bacillariophyceae dapat beradaptasi pada aliran arus yang kuat hingga yang lambat karena memiliki tangkai bergelatin yang merupakan alat untuk menempel pada substrat (Masithah & Islamy, 2023). Saat penelitian berlangsung lokasi penelitian tidak mempunyai arus yang deras, mikroalga yang ditemukan diduga menempel pada bebatuan yang ada di umbul. Hal ini diperkuat bahwa sebagian besar kelas Bacillariophyceae mempunyai sitoplasma yang mengandung mukopolisakarida yang dapat mengeluarkan cairan perekat yang dapat menempel pada substrat (Fu *et al.*, 2022).

Kelas Cyanophyceae merupakan jenis mikroalga kedua yang paling banyak ditemukan pada tiga stasiun yang terdiri dari famili Oscillatoriaceae, Rivulariaceae, Synechococcaceae, Spirulinaceae, Nostocaceae, dan Chroococcaceae. Spesies yang ditemukan adalah *Oscillatoria sp.*, *Calothrix sp.*, *Surirella sp.*, *Synechococcus sp.*, *Spirulina sp.*, *Nostoc sp.*, dan *Choroococcus sp.*

Anggota Cyanophyceae atau alga ganggang biru-hijau yang hidup di dapat hidup di air tawar, air laut, dan air payau khususnya di perairan tenang (Samosir *et al.*, 2022). Cyanophyta merupakan sel ekuariotik bernukleus dengan dinding sel tebal, bersifat lentur (peptifoglikan) dan tidak memiliki flagel (De Almeida Gonçalves & Figueredo, 2020). Mikroalga ini mempunyai kombinasi klorofil berwarna hijau dan fikosianin berwarna biru (Elumalai *et al.*, 2014). Melimpahnya Cyanophyceae menyebabkan warna perairan yang awalnya jernih menjadi pekat dan kadang-kadang berubah menjadi biru terang, kehijauan, abu-abu, cokelat, atau merah jika populasi mereka meningkat (Hairunnadawiah *et al.*, 2022).

Kelas Zygnematophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun yang terdiri dari famili Zygnemataceae dan Closteriaceae. Anggota kelas Zygnematophyceae adalah organisme eukariot dan multiseluler yang mempunyai pigmen klorofil a dan b beserta karotenoid sehingga dapat menghasilkan makanan sendiri dengan cara fotosintesis (Amatullah *et al.*, 2024). Kelas Zygnemataceae tidak memiliki kemampuan yang baik untuk melekat pada substrat sehingga tidak banyak jenis yang dapat ditemukan pada substrat bebatuan dengan air mengalir deras di lokasi penelitian. Komposisi spesies Zygnematophyceae dapat mencerminkan kondisi abiotik karena dapat digunakan sebagai bioindicator perairan (Pichrtová *et al.*, 2018).

Kelas Ulvophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun yang terdiri dari famili Ulotrichaceae dan Cladophoraceae. Kelas Ulvophyceae tumbuh di habitat yang terpengaruh oleh aktivitas manusia, seperti perikanan tambak, tanggul drainase, air hujan dari penguapan limbah jalan raya, limbah pertanian, limbah rumah tangga, dan limbah domestik yang kaya akan nitrat dan fosfat. Karena konsentrasi klorida yang rendah dan tingginya konsentrasi nutrisi yang mempengaruhi pigmentasi thalli dan rasio fotosintesis mengakibatkan warna thalli Ulvophyceae yang hidup di air tawar lebih gelap (Khan *et al.*, 2024).

Kelas Chlorophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun yang terdiri dari famili Oocystaceae dan Characiaceae. Alga ini memiliki bentuk yang beragam yaitu ada yang bersel tunggal, berkoloni dan bersel banyak. Kelompok Chlorophyceae disebut alga hijau, selain itu merupakan rheofitoplankton yang mempunyai kandungan pigmen klorofil a dan klorofil b yang menyebabkan Chlorophyceae lebih membutuhkan Cahaya untuk proses fotosintesis (Pelczar, 2008). Selain itu kecepatan arus yang rendah menyebabkan kelimpahan yang tinggi pada kelas Chlorophyceae dan kelimpahan yang

tinggi menunjukkan bahwa perairan tersebut sudah tercemar ringan (Whitton, 1975).

Kelas Florideophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun yang terdiri dari famili Lemaneaaceae dan Audouinellaceae. Kelas Florideophyceae adalah anggota Rhodophyta atau alga merah yang paling banyak ditemukan di laut dan ada sedikit di air tawar (Husni & Budhiyanti, 2021). *Lemanea fluviatilis* dan *Audouinella sp* adalah jenis mikroalga yang hidup di air tawar (Eloranta, 2019). Alga merah mengandung pigmen klorofil a dan *phycobilisomes* yang terdiri atas kompleks pigmen dengan *allophycocyanin*, *phycocyanin*, dan *phycoerythrin* (Andersen, 2013).

Kelas Trebouxiophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun adalah famili Chlorellaceae. Kelas Trebouxiophyceae adalah spesies alga hijau yang memiliki bentuk yang beragam mulai dari unisel kokoid hingga ellipsoid, filamen, dan berkoloni yang dapat hidup di

lingkungan darat dan perairan (Muggia et al., 2018).

Kelas Chrysophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun adalah famili Mallomonadaceae. Anggota Chrysophyceae adalah alga coklat keemasan yang berbentuk uniseluler atau berkoloni (Jeong et al., 2019). Kelas Chrysophyceae menyukai habitat perairan yang mempunyai pH netral dan sedikit basah di perairan tawar, tetapi beberapa dari mereka juga hidup di laut (Van den Hoek et al., 1995).

Kelas Stylonematophyceae yang ditemukan pada tiga stasiun adalah famili Stylonemataceae. Ciri-ciri umum kelas Stylonematophyceae adalah uniseluler, berkolonial, dan filamen tegak (Holzinger et al., 2021). Sebagian besar hidup di laut dan hanya sedikit yang hidup di perairan tawar dan darat. Beberapa diantaranya menempel di substrat lain (seberti alga, tanaman, kayu, jarring-jaring dan kaca) dan tidak mempunyai pola biogeografis yang jelas (West et al., 2016).

Tabel 1. Keanekaragaman Mikroalga

No	Kelas	Famili	Spesies	Stasiun		
				I	II	III
1	<i>Ulvophyceae</i>	<i>Ulothrixaceae</i>	<i>Ulothrix sp.</i>	13	3	2
		<i>Cladophoraceae</i>	<i>Cladophora sp.</i>	4	11	13
2	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Biddulphiaceae</i>	<i>Isthmia sp.</i>	6	1	-
			<i>Terpsinoe musica</i>	-	-	5
		<i>Fragillariaceae</i>	<i>Synedra sp.</i>	4	-	20
		<i>Catenulaceae</i>	<i>Amphora sp.</i>	11	9	38
		<i>Bacillariaceae</i>	<i>Blacillaria paxillifera</i>	17	1	31
			<i>Nitzchia sp.</i>	12	29	24
		<i>Melosiraceae</i>	<i>Melosira sp.</i>	1	-	5
		<i>Aulacoseiraceae</i>	<i>Aulacoseira sp.</i>	2	2	5
		<i>Fragilariaceae</i>	<i>Diatoma vulgaris</i>	-	4	2
			<i>Fragilaria sp.</i>	-	1	-
		<i>Diploneidaceae</i>	<i>Diploneis sp.</i>	-	1	1
		<i>Stauroneidaceae</i>	<i>Stauroneis sp.</i>	-	1	3
			<i>Craticula sp.</i>	-	1	-
		<i>Naviculaceae</i>	<i>Caloneis sp.</i>	-	1	4
			<i>Navicula sp.</i>	1	-	4
		<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia sp.</i>	-	-	3
		<i>Gomphonemataceae</i>	<i>Gomphonema sp.</i>	-	-	12
		<i>Cocconeidaceae</i>	<i>Cocconeis sp.</i>	-	-	6
		<i>Cymbellaceae</i>	<i>Cymbella sp.</i>	-	-	1
2	<i>Zygnematophyceae</i>	<i>Zygnemataceae</i>	<i>Spyrogyra sp.</i>	10	4	8
			<i>Closterium porrectum</i>	-	-	3

		<i>Zygogonium ericetorum</i>	-	5	-
		<i>Meugeotia viridis</i>	1	-	-
		<i>Clostenum sp.</i>	1	-	-
3	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoria sp.</i>	1	-	-
		<i>Calothrix sp.</i>	3	17	8
		<i>Surirella sp.</i>	-	-	1
		<i>Synechococcus</i>	-	-	6
		<i>Spirulina sp.</i>	5	-	-
		<i>Nostoc sp.</i>	1	1	3
		<i>Choroococcus sp.</i>	-	1	-
4	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlorella sp.</i>	11	1	5
		<i>Characium sp.</i>	2	-	-
5	<i>Trebouxiophyceae</i>	<i>Actinastrum gracillimum</i>	3	1	-
6	<i>Chrysophyceae</i>	<i>Synura sp.</i>	1	-	1
7	<i>Florideophyceae</i>	<i>Lemanea fluviatilis</i>	1	1	-
		<i>Audouinella sp.</i>	-	19	10
8	<i>Stylonematophyceae</i>		-	2	6
		<i>Chroodactylon sp.</i>			

Indeks Keanekaragaman Shanon-Wiener (H')

Berdasarkan hasil penelitian di perairan tiga stasiun diperoleh indeks keanekaragaman yang dapat dilihat pada Tabel 2. Indeks keanekaragaman jenis adalah hubungan antara kemelimpahan jenis dan kekayaan jenis di suatu lokasi (Safanah *et al.*, 2017). Keanekaragaman tinggi menunjukkan bahwa keseimbangan dan dianggap lebih tahan terhadap tekanan lingkungan dan struktur organisme yang ada dalam keadaan baik (Warti *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') mikroalga di tiga stasiun menunjukkan hasil yang sama yaitu sedang. Indeks keanekaragaman pada stasiun I sebesar 2,670 (kategori sedang), indeks keanekaragaman pada stasiun II sebesar 2,427 (kategori sedang) dan indeks keanekaragaman pada stasiun III sebesar 2,864 (kategori sedang).

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener Mikroalga

Stasiun	Lokasi	Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H')	Kategori
I	Umbul Nilo	2,670	Sedang
II	Umbul Ponggok	2,427	Sedang
III	Umbul Sigedang	2,860	Sedang

Indeks Kemerataan Jenis (Eveness)

Berdasarkan hasil penelitian di perairan tiga stasiun diperoleh indeks keragaman jenis yang disajikan pada

Indeks keanekaragaman kategori sedang ada di nilai $1 < H' \leq 3$. Nilai H' dengan kategori sedang menunjukkan bahwa meskipun terdapat beberapa spesies mikroalga yang mendominasi tetapi masih terdapat variasi yang signifikan dalam komunitas mikroalga di lokasi ini (Hamidi *et al.*, 2024). Spesies yang paling banyak ditemukan di ketiga stasiun penelitian berasal dari kelas Bacillariophyta. Kelas Bacillariophyta mampu beradaptasi dengan baik dengan lingkungan karena dapat menempel pada substrat. Pelekat pada Bacillariophyta berupa gelatin (*gelatinous extrusion*) yang mempermudah melekat pada benda dan substrat (Harmoko & Sepriyaningsih, 2017). Walaupun indeks keanekaragaman pada tiga stasiun memiliki kategori yang sama tetapi nilai indeks keanekaragaman pada stasiun 3 memiliki nilai indeks lebih tinggi dibandingkan nilai indeks stasiun yang lainnya yaitu sebesar 2,906.

Tabel 3. Indeks kemerataan jenis digunakan untuk seberapa stabil suatu komunitas, apabila indeks diatas 0,75 menunjukkan bahwa komunitas stabil dan

nilai indeks kesamarataan spesies yang lebih rendah menunjukkan penyebaran spesies yang tidak merata; dengan kata lain, tidak ada spesies yang mendominasi dalam komunitas ini, sehingga kemungkinan besar tidak ada persaingan dalam mencari kebutuhan hidup (Lestari et al., 2016). Indeks kemerataan pada stasiun I sebesar 0,864 (kategori stabil), indeks kemerataan pada stasiun II sebesar 0,764 (kategori stabil) dan indeks kemerataan pada stasiun IiI sebesar 0,860 (kategori stabil). Indeks keanekaragaman kategori stabil ada di nilai $0,21 \leq E \leq 1$. Dari data yang ada menunjukkan bahwa

indeks keanekaragaman suatu wilayah akan stabil jika dihuni banyak jenis mikroalga dan begitu juga sebaliknya (Dani et al., 2024). Berdasarkan pada nilai indeks kemereataan bahwa tiga stasiun umbul mempunyai nilai indeks kemerataan yang tinggi karena mempunyai jenis individu yang relatif seragam dan tida ada spesies yang mendominasi. Perbedaan perolehan nilai H' dan E' tidak pada tipe habitat yang sana, karena terdapat perbedaan komposisi jenis dan individu yang berbeda sehingga hasil perhitungan nilai tidak sama (Fajari et al., 2024).

Tabel 3. Indeks Kemerataan Jenis Mikroalga

Stasiun	Lokasi	Indeks Kemerataan (J')	Kategori
I	Umbul Nilo	0,864	Stabil
II	Umbul Ponggok	0,764	Stabil
III	Umbul Sigedang	0,860	Stabil

Indeks Dominasi (D)

Berdasarkan hasil penelitian di perairan tiga stasiun diperoleh indeks dominasi yang dapat dilihat pada Tabel 4. Indeks dominasi tinggi menunjukkan jumlah individu jenis yang tinggi, begitu sebaliknya apabila jumlah individu suatu jenis rendah daripada jenis lainnya (Fahmi & Saepuloh, 2023). Hasil perhitungan indeks dominasi (D) pada tiga stasiun memiliki nilai mendekati angka 0 dibandingkan angka 1, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada jenis

individu yang mendominasi di stasiun tersebut. Indeks dominasi pada stasiun I sebesar 0,09, stasiun II sebesar 0,13 dan stasiun II sebesar 0,08. Hubungan antara indeks dominasi (D) dan indeks keanekaragaman jenis (H) adalah berlawanan, apabila tingkat keanekaragaman yang tinggi menunjukkan dominansi yang lebih rendah, dan tingkat keanekaragaman yang rendah menunjukkan dominansi yang lebih tinggi.

Tabel 4. Indeks Dominasi Mikroalga

Spesies	Indeks Dominasi Pada Stasiun			Total
	I	II	III	
<i>Ulothrix sp.</i>	0,01233	0,00063	0,00007	0,01303
<i>Cladophora sp.</i>	0,00118	0,00854	0,00306	0,01278
<i>Isthmia sp.</i>	0,00267	0,00007	0	0,00274
<i>Terpsinoe musica</i>	0	0	0,00045	0,00045
<i>Synedra sp.</i>	0,00118	0	0,00724	0,00842
<i>Amphora sp.</i>	0,00899	0,00571	0,02614	0,04084
<i>Blacillaria paxillifera</i>	0,02147	0,00007	0,01740	0,03894
<i>Nitzchia sp.</i>	0,01070	0,05938	0,01043	0,08051
<i>Melosira sp.</i>	0,00007	0	0,00045	0,00052
<i>Aulacoseira sp.</i>	0,00029	0,00007	0,00045	0,00081
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0,00112	0,00007	0,00119
<i>Fragilaria sp.</i>	0	0,00007	0	0,00007
<i>Diploneis sp.</i>	0	0,00007	0,00001	0,00008
<i>Stauroneis sp.</i>	0	0,00007	0,00016	0,00023
<i>Craticula sp.</i>	0	0,00007	0	0,00007

<i>Caloneis sp.</i>	0	0,00007	0,00028	0,00035
<i>Navicula sp.</i>	0,00007	0	0,00028	0,00035
<i>Pinnularia sp.</i>	0	0	0,00016	0,00016
<i>Gomphonema sp.</i>	0	0	0,00260	0,00260
<i>Cocconeis sp.</i>	0	0	0,00065	0,00065
<i>Cymbella sp.</i>	0	0	0,00001	0,00001
<i>Spyrogyra sp.</i>	0,00743	0,00112	0,00115	0,00743
<i>Closterium porrectum</i>	0	0	0,00016	0,00016
<i>Zygogonium ericetorum</i>	0	0,00176	0	0,00176
<i>Meugeotia viridis</i>	0,00007	0	0	0,00007
<i>Closterium sp.</i>	0,00007	0	0	0,00007
<i>Oscillatoria sp.</i>	0,00007	0	0	0,00007
<i>Calothrix sp.</i>	0,00066	0,02040	0,00115	0,02221
<i>Surirella sp.</i>	0	0	0,00001	0,00001
<i>Synechococcus sp.</i>	0	0	0,00065	0,00065
<i>Spirulina sp.</i>	0,00185	0	0	0,00185
<i>Nostoc sp.</i>	0,00007	0,00007	0,00016	0,00030
<i>Choroococcus sp.</i>	0	0,00007	0	0,00007
<i>Chlorella sp.</i>	0,00899	0,00007	0,00045	0,00922
<i>Characium sp.</i>	0,00007	0	0	0,00007
<i>Actinastrum gracillimum</i>	0,00066	0,00007	0	0,00073
<i>Synura sp.</i>	0,00007	0	0,00001	0,00008
<i>Lemanea fluviatilis</i>	0,00007	0,00007	0	0,00014
<i>Audouinella sp.</i>	0	0,02459	0,00181	0,02640
<i>Chroodactylon sp.</i>	0	0,00028	0,00065	0,00093
D	0,09	0,13	0,08	

Indeks Kekayaan Jenis (Richness)

Berdasarkan hasil penelitian di perairan tiga stasiun diperoleh indeks kekayaan jenis yang dapat dilihat pada Tabel 5. Indeks kekayaan jenis berguna untuk mengetahui berapa banyak jenis (spesies) yang ada dalam komunitas, semakin banyak spesies yang ada dalam komunitas maka semakin tinggi indeks kekayaan jenisnya (Wahyuningsih *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil perhitungan indeks kekayaan jenis (R) yang diperoleh dari tiga stasiun yang berbeda menunjukkan bahwa stasiun III memiliki kekayaan jenis tinggi yaitu sebesar 5,15. Sedangkan stasiun I dan stasiun II memiliki indeks kekayaan jenis sedang. Indeks kekayaan jenis kategori tinggi memiliki nilai $R \geq 5$. Indeks kekayaan jenis secara keseluruhan ataupun di setiap habitat apabila memiliki nilai yang lebih besar dari 4,00 maka kondisi habitat tersebut termasuk dalam kategori baik dan mengindikasikan bahwa habitat tersebut

mampu mendukung kehidupan komunitas (Rifai *et al.*, 2024). Nilai indeks kekayaan jenis akan lebih tinggi pada komunitas dengan kekayaan jenis yang lebih tinggi pula yang berarti semakin banyak jumlah jenis (spesies) yang dijumpai, maka nilai indeks kekayaan jenis akan semakin tinggi juga (Ismaini, 2015). Nilai indeks stasiun III lebih tinggi karena stasiun III memiliki lingkungan yang mendukung kehidupan spesies. Stasiun III memiliki lingkungan terbuka yang memungkinkan pertukaran gas yang optimal antara air dan udara, terutama oksigen dan karbon dioksida. Pencahayaannya yang optimal memungkinkan proses fotosintesis berlangsung dengan baik, terutama bagi mikroalga dan tumbuhan air (Razzak *et al.*, 2024). Indeks kekayaan jenis mempunyai sensitivitas yang lebih baik dalam merespon perbedaan kekayaan jenis suatu komunitas (Mulya *et al.*, 2021)

Tabel 5. Indeks Kekayaan Jenis Mikroalga

Stasiun	Lokasi	Indeks Kekayaan Spesies (R)	Kategori
I	Umbul Nilo	4,88	Sedang

II	Umbul Ponggok	4,83	Sedang
III	Umbul Sigedang	5,15	Tinggi

Parameter Kualitas Air

Kelimpahan mikroalga berkaitan erat dengan perubahan lingkungan perairan baik fisik, kimia dan biologis. Adapun hasil pengukuran parameter kualitas air menunjukkan nilai rata-rata pengukuran parameter kualitas air yakni suhu udara, suhu air, pH, kelembaban, DO, BOD, dan CO yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter Fisik-Kimia Air Sungai

No	Parameter	Stasiun		
		I	II	III
1	Suhu air	24,5 °C	24,3 °C	24,8 °C
2	pH air	6,52	6,89	6,54
3	DO	6,8 mg/L	6 mg/L	6,4 mg/L
4	BOD	1,3 mg/L	1,6 mg/L	1,2 mg/L
5	CO	2,3 mg/L	2,7 mg/L	1,9 mg/L

Nilai derajat keasaman (pH) perairan sering digunakan sebagai indikator menentukan kualitas lingkungan walaupun terdapat berbagai faktor yang mempengaruhib lainnya. Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata derajat keasaman (pH) di umbul dengan pengukuran pada stasiun satu yaitu 6,52, stasiun dua 6,89 dan stasiun tiga adalah 6,54. Hasil pengukuran pH masih sesuai dengan standar baku mutu air yaitu 6-9. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga stasiun penelitian tergolong kategori subur. Perairan dengan pH antara 6-9 adalah perairan yang tergolong produktif dan memiliki tingkat kesuburan tinggi karena mempunyai rentang pH yang dapat mendorong menguraikan senyawa organik menjadi mineral oleh fitoplankton yang ada dalam perairan (Buana et al., 2021). Sebagian besar biota dalam air sensitif terhadap perubahan pH karena dapat menyebabkan perubahan fisiologis, terutama reaksi enzimatis pada berbagai jaringan (Manurung et al., 2023).

Suhu rata-rata pada ketiga stasiun penelitian berkisar antara 24,5°- 24,8°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu air

ketiga stasiun penelitian relatif normal dan ideal untuk pertumbuhan mikroalga. Suhu air yang mendukung pertumbuhan mikroalga berkisar antara 20°-30°C karena pada suhu tersebut fitoplankton melakukan proses forosintesis secara optimal (Selviana et al., 2021). Suhu mempengaruhi proses fotosintesis baik secara langsung maupun tidak langsung. Suhu berperan langsung mengatur reaksi enzimatik selama proses fotosintesis, dan suhu yang tinggi dapat meningkatkan laju fotosintesis. Sedangkan suhu berperan tidak langsung dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang memengaruhi distribusi fitoplankton (Xu et al., 2021). Suhu juga mempengaruhi kadar oksigen terlarut karena semakin tinggi suhu maka oksigen terlarut semakin rendah. Suhu tinggi akan meningkatkan proses dekomposisi senyawa organik oleh mikroba di perairan sehingga meningkatkan konsumsi oksigen serta mengakibatkan turunnya kelarutan oksigen di dalam air (Afwa et al., 2021).

Oksigen terlarut sangat penting untuk kehidupan ikan dan organisme lainnya untuk pernapasan, metabolisme yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan organisme. Oksigen terlarut berpartisipasi dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik serta menentukan aktivitas biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik dan anaerobic (Handoko et al., 2021). Peran oksigen terlarut dalam kondisi aerobik, oksigen akan mengoksidasi bahan organik dan anorganik dan menghasilkan nutrien yang menyuburkan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen akan mengurangi senyawa-senyawa kimia menjadi gas dan nutrient. Karena proses oksidasi dan reduksi ini, oksigen terlarut sangat penting untuk mengurangi beban pencemaran yang dapat dicapai secara alami maupun melalui perlakuan aerobik, yang digunakan untuk memurnikan air buangan rumah tangga dan industri. Kadar DO digunakan untuk mengukur kualitas perairan, perairan yang memiliki nilai DO

yang semakin tinggi dianggap bagus, sehingga DO menjadi parameter yang paling penting karena dapat mencerminkan kualitas air dan kesehatan ekosistem perairan. Nilai DO pada tiga stasiun yang memiliki nilai DO paling rendah dibandingkan dengan dua stasiun lainnya adalah stasiun dua. Hasil pemeriksaan DO air rata-rata pada stasiun satu sebesar 6,8 mg/l, stasiun dua sebesar 6 mg/l dan stasiun tiga sebesar 6,4 mg/l. Kadar oksigen terlarut pada ketiga stasiun memenuhi standar baku mutu air kelas II berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 karena melebihi batas minimal 4 mg/l. Kualitas air pada ketiga stasiun bagus karena berasal dari permukaan tanah yang terbentuk oleh tekanan bumi dan tidak terkontaminasi oleh zat pencemar. Jika ditinjau dari kondisi lingkungan perairan tergolong bersih, tidak ada sampah, dan digunakan masyarakat sebagai lokasi wisata pemandian. Selain itu lokasi stasiun dua dekat dengan permukiman rumah warga dan berada di pinggir jalan raya sehingga meningkatkan aktivitas mobilisasi motor, mobil dan bus wisata. Hasil DO tertinggi terdapat pada stasiun tiga, jika ditinjau dari kondisi lingkungan perairan tergolong bersih, tidak terdapat sampah, dan jauh dari permukiman warga dan jalan raya serta lokasi stasiun ini juga digunakan sebagai wisata pemandian.

BOD atau kadar bahan organik adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Hasil perhitungan BOD dari ketiga stasiun penelitian yaitu pada stasiun satu sebesar 1,3 mg/l, stasiun dua sebesar 1,6 mg/l dan pada stasiun tiga adalah 1,2 mg/l. Hal ini berarti pada ketiga stasiun penelitian memiliki tingkat pencemaran yang masih rendah dan tergolong sebagai perairan yang bagus. Stasiun pengambilan sampel air berada di lokasi mata air alami yang belum banyak aktivitas-permukiman yang dapat meningkatkan kadar BOD sehingga perairan masih tetap terjaga. Konsentrasi BOD antara 0 - 10 mg/l memiliki tingkat pencemaran rendah dan dapat

dikategorikan sebagai perairan yang baik. Perairan yang mempunyai BOD lebih dari 10 mg/l atau semakin besar konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah mengalami pencemaran (Cahyono *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mikroalga yang ditemukan di Umbul Nilo terdiri dari 8 kelas, 20 famili, dan 111 individu dari 22 spesies. Mikroalga yang ditemukan di Umbul Ponggok terdiri dari 8 kelas, 19 famili, dan 117 individu dari 23 spesies. Mikroalga yang ditemukan di Umbul Sigedang terdiri dari 8 kelas, 24 famili, dan 230 individu dari 28 spesies.

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ketiga stasiun berada pada kategori stabil dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun III dan terendah pada stasiun I. Indeks kemerataan jenis termasuk kategori stabil dengan nilai tertinggi pada stasiun I dan terendah pada stasiun II. Indeks dominasi tertinggi pada stasiun II. Indeks kekayaan jenis tertinggi pada stasiun III dan terendah pada stasiun II.

DAFTAR PUSTAKA

- Afwa, R. S., Muskananfolo, M. R., Rahman, A., Suryanti, & Sabdaningsih, A. (2021). Analysis of the Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Amatullah, D., Sukmono, T., Ihsan, M., Wulandari, T., & Suprayogi, D. (2024). Kelimpahan Perifiton pada Substrat Alami di Air Terjun Muara Karing Kawasan Geopark Merangin Jambi. *IJCCS*, 6(1), 82–93.
- Andersen, R. A. (2013). The Microalgal Cell. *Handbook of Microalgal Culture*.

- B-Béres, V., Stenger-Kovács, C., Buczkó, K., Padisák, J., Selmeczy, G. B., Lengyel, E., & Tapolczai, K. (2023). Ecosystem services provided by freshwater and marine diatoms. *Hydrobiologia*, 850(12–13), 2707–2733. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04984-9>
- Buana, S., Tambaru, R., Selamat, M. B., Lanuru, M., & Massinai, A. (2021). The role of salinity and Total Suspended Solids (TSS) to abundance and structure of phytoplankton communities in estuary Saddang Pinrang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012081>
- Cahyono, A., Nurhayati, & Gani, U. A. (2018). Karakteristik Kualitas Air Pada Daerah Tangkapan Hujan Parit Bansir. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, Dan Tambang*, 5(1).
- Dani, R. R., Indra, G., & Subrata, W. (2024). Jenis dan Populasi Primata di Lokasi Pemulihan Ekosistem (PE) di Kawasan Taman Nasional Kerinci Seblat. *Strofor Journal*, 8(2).
- De Almeida Gonçalves, C., & Figueredo, C. C. (2020). What we really know about the composition and function of microalgae cell coverings? - An overview. In *Acta Botanica Brasilica* (Vol. 34, Issue 4, pp. 599–614). Sociedade Botanica do Brasil. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0309>
- Devayani, C. S., Hartati, R., Taufiq-Spj, N., Endrawati, H., & Suryono, S. (2019). Analisis Kelimpahan Mikroalga Epifit Pada Lamun Enhalus acoroides Di Perairan Pulau Karimunjawa, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2), 67. <https://doi.org/10.14710/buloma.v8i2.23739>
- Eloranta, P. (2019). Freshwater red algae in Finland. *Plant and Fungal Systematics*, 64(1), 41–51. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0006>
- Elumalai, S., Kanna, R., & Mrsb, G. (2014). Extraction Of Phycocyanin An Important Pharmaceutical Phycobiliproteins From Cyanobacteria. www.ijprd.com
- Fahmi, R., & Saepuloh, A. (2023). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Berkayu di Situs Budaya Eyang Dalem Cageur Kabupaten Kuningan. *Journal of Forestry and Environment*, 6(2), 107–115.
- Fajari, M. F., Qohhar, J. A., Rahmawati, N., Affandi, M. R., Aeni, A. Z. K., & Kurnia, I. (2024). Keanekaragaman Jenis Burung di Kawasan Wisata Pantai Sawarna Kecamatan Bayah Kabupaten Lebak Provinsi Banten. *Konservasi Hayati*, 20(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.33369/hayati.v20i1.32199>
- Fu, W., Shu, Y., Yi, Z., Su, Y., Pan, Y., Zhang, F., & Brynjolfsson, S. (2022). Diatom morphology and adaptation: Current progress and potentials for sustainable development. In *Sustainable Horizons* (Vol. 2). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2022.100015>
- Hairunnadawiah, H., Khairuddin, K., & Zulkifli, L. (2022). Microalgae Diversity as a Bioindicator of Water Quality in Batujai Dam, Central Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1), 315–322. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3084>
- Hamidi, I., Safnowandi, S., & Khairiyah, U. (2024). Indeks Keanekaragaman Kepiting (Scylla Sp) di Pantai Cemara sebagai Dasar Penyusunan Petunjuk Praktikum Ekologi. *Journal of Authentic Research*, 3(2), 174–190.

- <https://doi.org/10.36312/jar.v3i2.2107>
- Handoko, M., Jansen Sutrisno, A., & Wacana, S. (2021). Spatial And Temporal Analysis of Dissolved Oxygen (DO) And Biological Oxygen Demand (BOD) Concentrations In Rawa Pening Lake, Semarang Regency. In *Jurnal Geografi Gea* (Vol. 21, Issue 1). <https://ejournal.upi.edu/index.php/gea>
- Harmoko, & Sepriyaningsih. (2017). Keanekaragaman Mikroalga di Sungai Kati Lubuklinggau. *Scripta Biologica*, 4(3), 201. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.3.452>
- Husni, A., & Budhiyanti, S. A. (2021). Rumput Laut Sebagai Sumber Pangan, Kesehatan dan Kosmetik. Gadjah Mada University Press.
- Ismaini, L. (2015). Analisis komposisi dan keanekaragaman tumbuhan di Gunung Dempo, Sumatera Selatan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1(6). <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010623>
- Jeong, M., Kim, J. I., Jo, B. Y., Kim, H. S., Siver, P. A., & Shin, W. (2019). Surviving the marine environment: two new species of Mallomonas (Synurophyceae). *Phycologia*, 58(3), 276–286. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1565718>
- Khalil, S., Mahnashi, M. H., Hussain, M., Zafar, N., Waqar-Un-Nisa, Khan, F. S., Afzal, U., Shah, G. M., Niazi, U. M., Awais, M., & Irfan, M. (2021). Exploration and determination of algal role as Bioindicator to evaluate water quality – Probing fresh water algae. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5728–5737. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.004>
- Khan, N., Sudhakar, K., & Mamat, R. (2024). Eco-friendly nutrient from ocean: Exploring Ulva seaweed potential as a sustainable food source. In *Journal of Agriculture and Food Research* (Vol. 17). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101239>
- Lestari, J. S., Adelina, M., Harianto, S. P., Nurcahyani, N., Kehutanan, J., Pertanian, F., Lampung, U., Biologi, J., & Matematika, F. (2016). Keanekaragaman Jenis Burung di Hutan Rakyat Pekon Kelungu Kecamatan Kotaagung Kabupaten Tanggamus (Bird Diversity In Community Forest Kelungu Village Kotaagung Sub District Tanggamus District). 4(2), 51–60.
- Mann, D. G., Crawford, R. M., & Round, F. E. (2016). Bacillariophyta. In *Handbook of the Protists* (pp. 1–62). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32669-6_29-1
- Manurung, M., Warpopor, I. E., & Masengi, M. C. (2023). Identifikasi Jenis Fitoplankton di Perairan Sungai Remu, Kota Sorong. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(6).
- Masithah, E. D., & Islamy, R. A. (2023). Checklist of freshwater periphytic diatoms in the midstream of Brantas River, East Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(6), 3269–3281. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240621>
- Muggia, L., Leavitt, S., & Barreno, E. (2018). The hidden diversity of lichenised Trebouxiophyceae (Chlorophyta). In *Phycologia* (Vol. 57, Issue 5, pp. 503–524). Allen Press Publishing Services. <https://doi.org/10.2216/17-134.1>
- Mulya, H., Santosa, Y., & Hilwan, I. (2021). Comparison of four species diversity indices in mangrove community. *Biodiversitas*, 22(9), 3648–3655.

- <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220906>
- Pambudi, A., Priambodo, T. W., Noriko, N., Studi Biologi, P., & Sains dan Teknologi, F. (2016). *Keanekaragaman Fitoplankton Sungai Ciliwung Pasca Kegiatan Bersih Ciliwung* (Vol. 3, Issue 4).
- Pelczar, M. J. (2008). *Dasar-dasar mikrobiologi 1*. UI-Press.
- Pichrtová, M., Holzinger, A., Kulichová, J., Ryšánek, D., Šoljaková, T., Trumhová, K., & Nemcova, Y. (2018). Molecular and morphological diversity of Zygnema and Zygnemopsis (Zygnematophyceae, Streptophyta) from Svalbard (High Arctic). *European Journal of Phycology*, 53(4), 492–508. <https://doi.org/10.1080/09670262.2018.1476920>
- Rahayu, R. I., & Susilo, H. (2021). KEANEKARAGAMAN MIKROALGA SEBAGAI BIOINDIKATOR PENCEMARAN DI SITU CIBANTEN KECAMATAN CIOMAS KABUPATEN SERANG BANTEN. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 4(2), 104–116. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i2.1459>
- Razzak, A. S., Bahar, K., Islam, K. M. O., Haniffa, A. K., Faruque, M. O., Hossain, S. M. Z., & Hossain, M. M. (2024). Microalgae cultivation in photobioreactors: sustainable solutions for a greener future. In *Green Chemical Engineering* (Vol. 5, Issue 4, pp. 418–439). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.gce.2023.10.004>
- Rifai, B. A., Febriyanti, E. N., Kardina, J. R., Azzahra, R. N. A., Satriawan, M. H., & Kurnia, I. (2024). KEANEKARAGAMAN JENIS BURUNG DI PULAU UNTUNG JAWA KEPULAUAN SERIBU PROVINSI DKI JAKARTA. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil: Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan Dan Pertanian*, 8(1).
- Safanah, N. G., Nugraha, C. S., Partasasmita, R., & Husodo, T. (2017, June 1). *Keanekaragaman jenis burung di Taman Wisata Alam dan Cagar Alam Pananjung Pangandaran, Jawa Barat*. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m030218>
- Samosir, D. E., Pramesti, R., & Soenardjo, N. (2022). Kelimpahan Mikroalga Epifit Pada Daun Lamun Thalassia hemprichii dan Cymodocea rotundata Di Pulau Sintok Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 11(2), 284–294. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.33855>
- Selviana, D., Harmoko, H., & Arisandy, D. A. (2021). KEANEKARAGAMAN MIKROALGA DI BENDUNGAN BARATA DESA E.WONOKWERTO KABUPATEN MUSI RAWAS. *Florea : Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 8(2), 112. <https://doi.org/10.25273/florea.v8i2.9746>
- Song, Y., Guo, Y., Liu, H., Zhang, G., Zhang, Z., Thangaraj, S., & Sun, J. (2022). Water quality shifts the dominant phytoplankton group from diatoms to dinoflagellates in the coastal ecosystem of the Bohai Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 183(114078). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114078>
- Sulastri, Henny, C., & Nomosatryo, S. (2019). Keanekaragaman fitoplankton dan status trofik Perairan Danau Maninjau di Sumatera Barat, Indonesia. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 5(2). <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050217>
- Tillmann, U., Gottschling, M., Wietkamp, S., & Hoppenrath, M. (2023).

- Morphological and Phylogenetic Characterisation of *Prorocentrum spinulentum*, sp. nov. (Prorocentrales, Dinophyceae), a Small Spiny Species from the North Atlantic. *Microorganisms*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11020271>
- Tresna, S. (1991). *Pencemaran lingkungan* (Vol. 1). Penerbit PT. Rineka Cipta.
- Van den Hoek, C., Mann, D. G., & Jahns, H. M. (1995). *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi, B., & Syahbudin, A. (2019). KOMPOSISI DAN KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN PADA HABITAT KETAK (*Lygodium circinatum* (BURM.(SW.) DI PULAU LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT. *Jurnal Hutan Tropis*, 7(1).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/jht.v7i1.7285>
- Warti, S., Fajri, N. El, & Adriman. (2015). JENIS DAN KELIMPAHAN FITOPLANKTON SERTA PERIFITON EPILITIK DI PERAIRAN SUNGAI KAMPAR KANAN KELURAHAN AIR TIRIS KECAMATAN KAMPAR KABUPATEN KAMPAR PROVINSI RIAU. *Jom FMIPA*, 1.
- Whitton, B. A. (1975). *River Ecology*. BlackwellScientific Publication.
- Xu, D., Wang, H., Han, D., Chen, A., & Niu, Y. (2021). Phytoplankton community structural reshaping as response to the thermal effect of cooling water discharged from power plant. *Environmental Pollution*, 285.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117517>