

# Keanekaragaman mikroalga dan fungsinya sebagai bioindikator dalam ekosistem perairan sungai

Nur Ramadhaniaty \*, Dewi Amelia Widiyastuti

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia, 70123

\*Email Penulis Korespondensi: [2210119320009@mhs.ulm.ac.id](mailto:2210119320009@mhs.ulm.ac.id)

## Abstrak

Mikroalga merupakan organisme fotosintesis mikroskopis yang berperan penting dalam ekosistem perairan termasuk sungai. Keanekaragaman mikroalga pada air sungai sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu, pH, kandungan nutrisi dan kualitas air. Mikroalga juga berfungsi sebagai bioindikator yaitu mengukur kondisi lingkungan dan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman mikroalga dan potensinya sebagai bioindikator. Metode penulisan yang digunakan dalam artikel ini adalah kajian pustaka dan literatur sehingga data yang diambil adalah data sekunder dari berbagai penelitian sebelumnya. Analisis data sekunder menunjukkan bahwa jenis mikroalga tertentu, seperti diatom dan cyanobacteria, sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air, terutama tingkat nutrisi, konsentrasi unsur hara dan polutan. Keanekaragaman mikroalga yang tinggi menunjukkan kondisi perairan yang sehat dengan kondisi yang stabil. Dominasi spesies tertentu seringkali dikaitkan dengan kondisi perairan yang tercemar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beberapa jenis mikroalga tidak hanya berfungsi sebagai produsen primer dalam rantai makanan, tetapi juga mempunyai potensi besar sebagai bioindikator untuk mendukung pemantauan kualitas air pada ekosistem sungai secara berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi pengelolaan lingkungan perairan dan pengembangan metode pemantauan kualitas air yang berkelanjutan serta dapat mendukung upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem.

**Kata kunci:** bioindikator; ekosistem sungai; keanekaragaman; mikroalga; kualitas air

## PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang kaya akan ekosistem perairan. Ekosistem air tawar memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan manusia, karena menjadi sumber yang paling efisien dan terjangkau untuk memenuhi kebutuhan domestik dan industri (Putri dkk., 2024).

Biodiversitas mikroalga meliputi seluruh variasi jenis mikroalga, baik di lingkungan perairan tawar maupun laut. Mikroalga adalah kelompok organisme mikroskopis yang sangat beragam, mencakup ribuan spesies dengan berbagai perbedaan dalam hal bentuk, ukuran, dan peran ekologis. Keanekaragaman ini tampak pada berbagai jenis mikroalga, seperti diatom, dinoflagellata, chlorophyta (alga hijau), dan cyanobacteria, yang masing-masing memiliki karakteristik unik, struktur seluler khas, serta kemampuan adaptasi khusus terhadap lingkungan (Widiarti dkk., 2024).

Biodiversitas dapat berfungsi sebagai indikator perubahan lingkungan dan menggambarkan apakah kondisi lingkungan masih terjaga atau sudah tercemar (Setiawan dkk., 2024). Alga adalah organisme fotosintetik yang hidup di berbagai jenis perairan, seperti laut, danau, dan sungai. Mereka bervariasi dalam ukuran, mulai dari mikroalga yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop hingga alga besar seperti kelp. Pertumbuhan alga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, nutrisi, pH, dan salinitas. Sebagai contoh, alga hijau lebih banyak ditemukan di perairan tawar, sementara alga merah dan coklat lebih dominan di laut. Ketika perairan kaya nutrisi, alga dapat berkembang pesat, menyebabkan ledakan alga yang bisa mengurangi oksigen dan merusak ekosistem air. Alga termasuk tumbuhan talus yang hidup di perairan laut maupun tawar, serta di habitat yang lembab atau basah. Pergerakan alga bisa berupa motil atau non-motil, tergantung pada jenisnya (Setiawan dkk., 2024).

Mikroalga memainkan peran krusial dalam ekosistem perairan dan memiliki karakteristik unik yang membedakannya. Sebagai organisme mikroskopis bersel tunggal, mikroalga hadir dalam berbagai ukuran, bentuk, dan jenis, serta memiliki kemampuan fotosintesis berkat pigmen fotosintetik yang dimilikinya. Sebagai fotoautotrof, mikroalga mampu menghasilkan makanannya sendiri dengan memanfaatkan energi dari cahaya dan umumnya ditemukan di berbagai jenis perairan (Rahayu & Susilo, 2021). Mikroorganisme ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kualitas air. Kondisi fisik dan kimia dalam air saling berinteraksi, menghasilkan perbedaan dalam jenis mikroalga yang dominan di berbagai lingkungan perairan. Zakiyah & Mulyanto (2020) menyebutkan bahwa jumlah spesies mikroalga tertentu cenderung meningkat seiring dengan peningkatan pencemaran organik di perairan.

Kehadiran mikroalga di dalam perairan bisa mencerminkan kondisi kualitas air di lokasi tersebut. Mikroalga memiliki tingkat toleransi tertentu terhadap faktor fisik dan kimia yang ada di perairan, sehingga mereka dapat berfungsi sebagai indikator untuk menilai kondisi lingkungan perairan tersebut (Dayana dkk., 2022). Mikroalga juga berperan sebagai indikator dalam menilai tingkat kesuburan perairan. Semakin tinggi jumlah mikroalga yang ditemukan di suatu perairan, semakin subur pula perairan tersebut (Setyowardani, 2021). Mikroalga yang terapung di permukaan air tergolong dalam kelompok fitoplankton. Di perairan tawar, fitoplankton yang paling umum ditemukan berasal dari dua divisi utama, yaitu Bacillariophyta (diatom) dan Chlorophyta (ganggang hijau). Kedua divisi ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan dan dapat berkembang biak dengan cepat (Rahayu & Susilo, 2021).

Keanekaragaman hayati, termasuk alga dan mikroalga, dapat digunakan untuk memantau perubahan lingkungan serta mengukur tingkat polusi. Mikroalga, sebagai organisme uniseluler yang mampu melakukan fotosintesis, sangat sensitif terhadap kondisi kualitas air dan berfungsi sebagai indikator status ekosistem. Peningkatan jumlah jenis mikroalga tertentu sering kali terjadi akibat polusi organik yang tinggi, yang dapat mencerminkan tingkat kesuburan dan kualitas air di suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi keanekaragaman mikroalga dan potensinya sebagai bioindikator dalam pemantauan kondisi lingkungan perairan, serta memberikan informasi yang bermanfaat untuk pengelolaan lingkungan perairan dan pengembangan metode pemantauan kualitas air yang berkelanjutan, mendukung upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode penelitian kepustakaan untuk mengumpulkan data dari literatur. Penelitian kepustakaan merupakan Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara mempelajari dan menelaah teori-teori dari berbagai literatur yang relevan dengan topik penelitian. Terdapat empat tahapan dalam proses pembelajaran perpustakaan yang digunakan dalam penelitian ini (Kurniadi dkk., 2022). Ini berarti mempersiapkan alat yang dibutuhkan, menyiapkan referensi yang relevan, mengatur jadwal, serta membaca atau mencatat materi yang berkaitan dengan penelitian. Kajian kepustakaan mengacu pada kajian teoritis, bibliografi, dan literatur ilmiah lainnya yang berkaitan dengan budaya, nilai, dan norma yang berkembang dalam konteks sosial yang diteliti (Sari & Asmendri, 2020).

Tujuan penelitian menggunakan teknik tinjauan pustaka untuk mengkaji keanekaragaman mikroalga dan potensinya sebagai bioindikator dalam pemantauan status lingkungan perairan dengan menggunakan data sekunder. Data sekunder merupakan sumber data yang tidak langsung memberikan datanya kepada pengumpul data, misalnya melalui orang lain atau dokumen. Penulis memperoleh jenis data ini dari dokumen bisnis dan buku literatur yang menjelaskan isu-isu terkait penelitian. Data sekunder yang diperoleh berasal dari situs internet atau referensi yang sesuai dengan sumber yang diteliti penulis (Warhamah & Jailani, 2023).

Penelitian ini mengandalkan literatur dari jurnal artikel dan buku yang membahas keanekaragaman mikroalga dalam ekosistem perairan sungai, dengan fokus pada sumber dari tahun 2020 hingga 2024 untuk memastikan informasi yang digunakan terkini dan relevan. Jurnal artikel membahas berbagai aspek ekologis mikroalga, termasuk peranannya dalam rantai makanan, interaksi dengan faktor lingkungan, serta perannya sebagai bioindikator untuk memantau kualitas air dan dampak polusi. Buku-buku yang digunakan memperdalam pemahaman tentang teori dasar, metodologi penelitian, dan studi kasus terkait penerapan mikroalga dalam pemantauan kualitas air di sungai. Selain itu, literatur ini mencakup inovasi terbaru dalam teknologi dan teknik analisis mikroalga (Kurniadi dkk., 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Data mikroalga yang diperoleh dari berbagai penelitian sebelumnya akan dianalisis untuk mengetahui komposisi komunitas mikroalga, yang meliputi kelimpahan, indeks keanekaragaman, dan indeks dominansi, akan dianalisis. Hasil analisis mengenai keanekaragaman mikroalga dan hubungannya dengan kualitas air di Sungai, seperti Sungai Air Lais, akan disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1 Kelimpahan, indeks keanekaragaman (H'), dan indeks dominansi (Pmax) mikroalga**

No	Divisi	Kelas	Spesies	Jumlah			
				1	2	3	
1	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Botryococcus braunii</i>			4	
			<i>Chlorella vulgaris</i>	4		12	
			<i>Chlorella sp.</i>	12		12	
		Chlorophyceae	<i>Coelastrum microporum</i>				4
			<i>Comasiella arcuta</i>		4		
			<i>Monoraphidium sp.</i>				4
			<i>Planktonishperia gelatinosa</i>				4
			<i>Tetraedron caudatum</i>	4	4		
			<i>Scenedesmus quadricauda</i>	4	8		
			<i>Golenkinia radiata</i>				4
			<i>Monoraphidium contortum</i>		4		12
			<i>Westella botryoides</i>				4
			<i>Chlorococcum infusionum</i>	8			5
2	Ochrophyta	Xanthophyceae	<i>Centrtractus belanophorus</i>			4	
			<i>Ophiocytium capitatum</i>		4		

No	Divisi	Kelas	Spesies	Jumlah		
				1	2	3
3	Charophyta	Zygnematophyceae	<i>Cosmarium angulosum</i>			4
			<i>Staurastrum tetracerum</i>	4	4	8
			<i>Closterium pritchardianum</i>			4
4	Euglenophyta	Euglenophyceae	<i>Euglena minuta</i>	4	4	
			<i>Strombomonas</i> sp.			4
5	Pyrrophyta	Dinophyceae	<i>Glenodinium amphiconicum</i>		4	
6	Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i> sp.		4	
			<i>Pinnularia viridis</i>		4	
			<i>Navicula cuspidata</i>	4		6
7	Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	4	6	8
			<i>Merismopedia punctata</i>			8
			<i>Merismopedia</i> sp.			4
			<i>Chroococciopsis kashayi</i>	4		
<b>Jumlah</b>				<b>52</b>	<b>50</b>	<b>115</b>
<b>H'</b>				<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.59</b>
<b>Pmax</b>				<b>0.21</b>	<b>0.20</b>	<b>0.14</b>

Ket: 1 = lokasi hulu, 2 = lokasi tengah, 3 = lokasi hilir

Menurut data pada Tabel 1, ditemukan sekitar 28 spesies mikroalga yang terbagi ke dalam 7 divisi dan 8 kelas. Komposisi spesies ini meliputi 13 spesies dari divisi Chlorophyta, 4 spesies dari Cyanophyta, 3 spesies dari Bacillariophyta, 3 spesies dari Charophyta, 2 spesies dari Euglenophyta, 2 spesies dari Ocrophyta, dan 1 spesies dari Pyrrophyta yang terdapat di sungai tersebut. Mikroalga paling melimpah ditemukan di Stasiun hilir, mencapai 115 individu per mililiter, sedangkan di Stasiun tengah jumlahnya paling sedikit, hanya sekitar 50 individu per mililiter. Kelompok yang dominan di Stasiun ketiga adalah Chlorophyta, yang terdiri dari 13 spesies. Dua spesies yang paling sering ditemukan di setiap stasiun adalah *Microcystis aeruginosa* dan *Staurastrum tetracerum*. Dalam penelitian ini, indeks keanekaragaman mikroalga ( $H'$ ) berkisar antara 2,2 hingga 2,59, yang mencerminkan tingkat keanekaragaman sedang. Nilai tertinggi, yaitu 2,59, tercatat di Stasiun hilir.

Berbagai jenis spesies yang ditemukan di lokasi tertentu merupakan jumlah spesies mikroalga maksimum yang ditemukan pada suatu lokasi tertentu. Menurut ke Salimah dkk. (2023), keragaman mikroalga merupakan jumlah spesies mikroalga maksimum yang ditemukan pada suatu area tertentu. Keragaman mikroalga adalah jumlah maksimal spesies mikroalga yang terdapat pada suatu wilayah tertentu. Jenis-jenis mikroalga yang ditemukan lebih beragam dibandingkan dengan yang ditemukan oleh Salimah dkk. (2023) pada bahan baku. Terdapat sekitar 19 spesies yang termasuk dalam 16 spesies Chlorophyceae dan 3 spesies Bacillariophyceae dari mikroalga.

## Pembahasan

### 1. Faktor yang mempengaruhi keanekaragaman mikroalga

Jumlah spesies mikroalga terbanyak yang ditemukan di hilir Stasiun adalah 19 spesies dengan kepadatan individu mencapai 115 individu per mililiter. Keberagaman spesies ini kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang menciptakan lingkungan rumah tangga di sekitar aliran sungai. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah yang berfungsi menyerupai bahan organik, yang kemudian menjadi sumber nutrisi bagi perairan di sekitarnya. Mikroalga memanfaatkan nutrisi ini untuk mendukung proses pertumbuhannya. Peningkatan kandungan nutrisi dalam air akan meningkatkan produktivitas perairan, yang selanjutnya berkontribusi pada pertumbuhan dan peningkatan jumlah mikroalga (Gurning dkk., 2020). Selain itu, pertumbuhan jumlah penduduk di sekitar tepi sungai menyebabkan peningkatan jumlah limbah domestik yang dihasilkan. Akibatnya, kadar oksigen terlarut (DO) di stasiun hilir lebih rendah dibandingkan dengan yang terukur di stasiun hulu dan tengah. Fenomena ini menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas manusia di daerah sekitar sungai, termasuk limbah domestik, dapat mempengaruhi kualitas air, khususnya dalam hal kandungan oksigen terlarut yang mendukung kehidupan akuatik. Nilai rendah DO menunjukkan bahwa terdapat banyak pencemar organik. Semakin banyak bahan organik dalam air, kadar oksigen terlarut dalam air akan turun (Pratiwi, 2021).

Stasiun hilir yang berada di sekitar area perkebunan sawit berpotensi mengalami peningkatan jumlah mikroalga. Aktivitas yang berlangsung di perkebunan tersebut dapat menghasilkan limbah pertanian yang mengalir ke sungai. Limbah ini mengandung bahan-bahan yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi mikroalga, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kelimpahan mikroalga di perairan tersebut. Dengan kata lain, limbah pertanian yang masuk ke dalam sungai berperan dalam mendorong pertumbuhan mikroalga di stasiun hilir (Widiyanti dkk., 2020). Unsur hara seperti nitrat dan fosfat, yang berasal dari aktivitas pertanian dan limbah, berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi organisme yang hidup di perairan (Riyandini, 2020). Kecepatan arus di tiga stasiun, yaitu hulu, tengah, dan hilir, masing-masing tercatat sebesar 0,625 m/det, 0,512 m/det, dan 0,14 m/det. Variasi kecepatan arus ini secara langsung memengaruhi kelimpahan mikroalga di setiap lokasi. Pada stasiun dengan kecepatan arus yang lebih kecil, seperti di hilir, ditemukan jumlah mikroalga yang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena arus yang kuat di stasiun hulu dan tengah dapat mengalirkan mikroalga ke hilir, mengurangi keberadaannya di bagian hulu. Kecepatan arus yang lebih tenang, seperti di hilir, menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi mikroalga untuk tumbuh dan berkembang karena mikroalga tidak mudah terbawa arus. Dengan demikian, arus yang lambat berfungsi sebagai habitat yang lebih ideal bagi mikroalga, memungkinkan mereka untuk bertahan lebih lama dan berkembang lebih banyak (Widiyanti dkk., 2020).

Spesies yang secara konsisten ditemukan di ketiga lokasi adalah *Staurastrum tetracerum* dan *Microcystis aeruginosa*. Keberadaan *Staurastrum tetracerum* mengindikasikan bahwa spesies ini kemungkinan memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap perubahan signifikan dalam faktor fisik dan kimia perairan, menunjukkan toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi kondisi lingkungan. Sebagai bagian dari kelompok Chlorophyta, spesies ini dapat hidup dalam berbagai jenis habitat. Sementara itu, keberadaan *Microcystis aeruginosa* diduga disebabkan oleh masuknya polutan ke dalam badan air. Peningkatan kadar unsur hara di perairan akan mendorong pertumbuhan *Microcystis aeruginosa*, sehingga keberadaannya dapat menjadi indikator adanya pencemaran di wilayah perairan tersebut (Sulastri dkk., 2019).

**Tabel 2 Peran/fungsi mikroalga sebagai ekosistem sungai**

No.	Divisi mikroalga	Fungsi
1.	Chlorophyta	Proses fotosintesis berkontribusi dalam meningkatkan kandungan oksigen terlarut di air, yang sangat krusial untuk mendukung kelangsungan hidup berbagai organisme yang hidup di perairan. Selain itu, fotosintesis juga menghasilkan sumber makanan bagi beragam makhluk air, termasuk zooplankton dan larva ikan, yang merupakan bagian dari rantai makanan akuatik. Proses ini turut membantu dalam siklus karbon, di mana karbon dioksida dari lingkungan diubah menjadi bahan organik yang bermanfaat bagi organisme lain dan membantu menjaga keseimbangan karbon dalam ekosistem perairan (Arsad <i>et al.</i> , 2021).
2.	Ochrophyta	Sebagai produsen utama dalam ekosistem perairan, tumbuhan memanfaatkan fotosintesis untuk menghasilkan energi yang mendukung pasokan makanan bagi organisme lain dalam rantai makanan akuatik. Melalui proses ini, tumbuhan juga membentuk senyawa-senyawa esensial yang berperan dalam pembentukan endapan sedimen di dasar perairan, yang pada gilirannya mendukung struktur dan stabilitas lingkungan tersebut. Selain itu, tumbuhan berperan penting dalam menjaga keseimbangan nutrisi di perairan, mengendalikan kadar unsur hara, dan memastikan ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup berbagai organisme dalam ekosistem tersebut (Apriani <i>et al.</i> , 2022).
3.	Charophyta	Berfungsi sebagai sumber oksigen yang sangat penting untuk menjaga kualitas air dalam ekosistem perairan. Selain itu, dengan tumbuhnya tumbuhan air di sepanjang aliran sungai, struktur sungai dapat ditingkatkan sehingga menyediakan habitat bagi berbagai hewan akuatik yang memerlukan tempat berlindung dan berkembang biak. Tumbuhan ini juga membantu menjaga stabilitas sedimen di dasar sungai, sehingga mengurangi erosi dan mempertahankan kondisi dasar perairan yang mendukung keseimbangan ekosistem. (Apriani <i>et al.</i> , 2022).
4.	Euglenophyta	Sebagai produsen utama dalam ekosistem perairan, terutama di lingkungan yang kaya akan nutrisi, tumbuhan dan mikroorganisme akuatik berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Mereka tidak hanya menyediakan energi bagi

No.	Divisi mikroalga	Fungsi
		organisme lain melalui fotosintesis tetapi juga berperan aktif dalam proses pembusukan dan sirkulasi nutrisi, membantu mengurai bahan organik menjadi unsur hara yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Selain itu, beberapa spesies berkontribusi dalam proses alami pemurnian air dengan menyerap zat-zat pencemar, sehingga meningkatkan kualitas air dan mendukung kesehatan ekosistem perairan (Apriani <i>et al.</i> , 2022).
5.	Pyrrophyta	Beberapa spesies dapat menjadi indikator kualitas air, terutama ketika terjadi proses eutrofikasi. Plankton, yang sebagian besar menjadi sumber makanan bagi zooplankton, berperan penting dalam rantai makanan akuatik. Namun, ada juga beberapa spesies plankton yang dapat menghasilkan toksin, yang berpotensi berdampak negatif pada makhluk akuatik lainnya. Toksin ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, merusak kualitas air, dan membahayakan organisme yang hidup di dalamnya (Apriani <i>et al.</i> , 2022).
6.	Bacillariophyta	Mikroalga menghasilkan oksigen melalui fotosintesis, terutama di perairan yang kaya akan nutrisi. Proses ini turut berperan dalam pembentukan lapisan dasar laut dan akumulasi silika. Selain itu, mikroalga juga memainkan peran penting dalam sistem rantai makanan planktonik, plankton berfungsi sebagai sumber utama pangan bagi berbagai organisme akuatik lainnya, menyediakan nutrisi yang diperlukan untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan spesies yang lebih tinggi dalam ekosistem perairan planktonik lainnya. Dengan demikian, mikroalga tidak hanya berkontribusi pada siklus biogeokimia perairan, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekosistem akuatik melalui keterlibatannya dalam jaringan makanan (Apriani <i>et al.</i> , 2022).
7.	Cyanophyta	Kemampuan fiksasi nitrogen pada mikroalga berperan dalam meningkatkan kandungan nutrisi di perairan dengan menambah kadar nitrogen. Proses ini mempengaruhi siklus karbon dan nitrogen dalam ekosistem sungai, yang penting untuk keseimbangan ekosistem tersebut. Di sisi lain, beberapa spesies hewan dapat menghasilkan senyawa beracun yang dapat mencemari kualitas air. Zat beracun ini dapat merusak keseimbangan ekosistem perairan, mempengaruhi organisme akuatik lainnya, dan menurunkan kualitas air secara keseluruhan (Arsad <i>et al.</i> , 2021).

Mikroalga memiliki peran yang sangat krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem sungai. Sebagai produsen primer, mikroalga menjadi dasar dari rantai makanan akuatik, menyediakan sumber nutrisi utama bagi zooplankton dan organisme kecil lainnya yang berada di dalam perairan. Selain itu, mikroalga berperan dalam siklus biogeokimia dengan cara menyerap karbon dioksida dan memengaruhi kualitas air, menjaga kadar oksigen dan unsur hara dalam ekosistem. Di dalam ekosistem sungai, mikroalga mendukung keanekaragaman hayati dan kesehatan ekosistem secara keseluruhan, berkontribusi pada kelangsungan hidup berbagai spesies. Secara keseluruhan, mikroalga merupakan elemen penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem sungai dan mendukung keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan (Apriani dkk., 2022).

**Tabel 3 Data pengukuran faktor fisika-kimia (kualitas udara yang terpengaruh oleh mikroalga)**

No	Parameter	Lokasi		
		Hulu	Tengah	Hilir
1	Suhu udara	21	32	27
2	Suhu air	21	26	20
3	pH air	7,4	7,9	7,3
4	<i>Total Dissolved Solids</i>	17	19	15
5	<i>Dissolved Oxygen</i>	9,2	9,3	8,2
6	Kecerahan (cm)	57	82	90
7	Kecepatan	0,625	0,512	0,14
8	Tekanan udara	976,8	1005,4	1013,3
9	Waktu	16.40	13.16	09.35
10	Cuaca	Mendung	Mendung	Cerah

Berdasarkan hasil pengukuran fisika dan kimia yang tercatat dalam Tabel 2, kondisi sungai secara keseluruhan dapat dikatakan baik. Parameter-parameter seperti suhu, kadar oksigen terlarut (DO), dan pH air berada dalam rentang yang sesuai untuk mendukung kehidupan organisme akuatik. Suhu air tercatat berkisar antara 21 °C hingga 27 °C, sementara kadar oksigen terlarut terukur lebih dari 6 ppm, dan pH air tercatat di atas angka 7. Dengan mempertimbangkan data-data ini, dapat disimpulkan bahwa kondisi sungai relatif bersih dan berada dalam kondisi yang optimal untuk kelangsungan hidup mikroalga.

## 2. Studi literatur

(Judul, tahun, penulis)	Sampel	Metode penelitian	Temuan	Kesimpulan
Setyani, A. I., Sari, D. D., Permatasari, M. A., Izat, M., Bintang, S., Suryanda, A., & Azrai, E. P. (2024). Studi Keanekaragaman Mikroalga Di Sungai Margasatwa Ragunan Sekitar Kandang Buaya.	Mikroalga dari Sungai di sekitar kandang buaya di Taman Margasatwa Ragunan, Jakarta.	Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober hingga November 2023, dengan pengambilan sampel melalui target sampling pada dua titik pengamatan yang berjarak 5 meter. Identifikasi mikroalga dilakukan dengan pengamatan visual dan morfologi di laboratorium. Alat yang digunakan antara lain jaring plankton, mikroskop, dan indikator serba guna. Data dianalisis menggunakan rumus indeks keanekaragaman Shannon-Wiener.	Pada stasiun 1 ditemukan enam spesies mikroalga antara lain <i>Surirella tenera</i> , <i>Brachionus angleis</i> , dan <i>Oscillatoria</i> sp. Pada stasiun 2 ditemukan tujuh spesies antara lain <i>Aphanothece</i> sp., <i>Scenedesmus dimorphus</i> , dan <i>Euglena</i> sp. Kepadatannya dimiliki <i>Aphanothece</i> sp. di stasiun 2 (293,3 ind/ml). Kepadatan terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar 120 ind/ml. Indeks keanekaragaman dihitung sebesar 0,793, menunjukkan keanekaragaman yang rendah.	Ekosistem sungai di sekitar habitat buaya mengalami tekanan ekologis yang relatif rendah. Indeks keanekaragaman yang rendah menandakan bahwa ekosistem tersebut tidak dalam kondisi stabil. Selain itu, faktor-faktor lingkungan seperti suhu dan pH juga memiliki peran signifikan dalam memengaruhi distribusi serta kepadatan mikroalga di wilayah tersebut.
Rahayu, R. I., & Susilo, H. (2021). Keanekaragaman mikroalga sebagai bioindikator pencemaran di situ cibanten kecamatan ciomas kabupaten serang banten.	Mikroalga diperoleh dari Situ Cibanten yang berada di Kecamatan Ciomas, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.	Penelitian ini dilaksanakan selama periode antara bulan Desember 2019 dan Januari 2020. Secara spesifik pengambilan sampel dilakukan dengan menyaring air menggunakan jaring plankton dengan ukuran mesh 50 µm. Sampel yang dibubuhi formalin 4N diamati di bawah mikroskop di laboratorium, Analisis data mencakup perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks kemerataan, indeks dominasi, serta indeks kelimpahan relatif.	Kami menemukan 249 mikroalga dari 26 spesies, antara lain <i>Oedogonium</i> sp., <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , dan <i>Spirogyra</i> sp. dan <i>Oscillatoria</i> tenui. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi Pada stasiun 1, nilai yang diperoleh adalah 3,110, yang tergolong dalam kategori tinggi, sedangkan pada stasiun 2, nilai terendah yang tercatat adalah 2,360, yang termasuk dalam kategori sedang. Indeks kelimpahan relatif tertinggi diamati pada <i>Spirogyra</i> sp. Menemukannya. sebesar 17,7%, dan yang terendah adalah <i>Phaculongicaida</i> dan <i>Lemanea annulata</i> sebesar 0,4%.	Situ Cibanten tergolong tercemar sedang. Mikroalga yang ditemukan dapat berfungsi sebagai bioindikator pencemaran air. Perbedaan keanekaragaman mikroalga menunjukkan dampak ekologis yang berbeda-beda di setiap lokasi penelitian.

(Judul, tahun, penulis)	Sampel	Metode penelitian	Temuan	Kesimpulan
Selviana, D., Harmoko, H., & Arisandy, D. A. (2021). Keanekaragaman Mikroalga Di Bendungan Barata Desa E. Wonokwerto Kabupaten Musi Rawas. <i>Florea</i> .	Di Kabupaten Musi Lawas, tepatnya di Desa E. Wonokeruto dan Bendungan Barata, telah diidentifikasi sebanyak lima belas spesies mikroalga. Beberapa spesies yang ditemukan antara lain adalah <i>Synedra ulna</i> , <i>Cyclotella</i> , <i>Asterionella</i> , <i>Surirella</i> , <i>Pleurotaenium</i> , <i>Spirogyra</i> , <i>Oscillatoria</i> , dan beberapa spesies lainnya.	Dalam penelitian ini, diterapkan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan. Sampel dikumpulkan di tiga stasiun di Tikungan Barata dan diperiksa secara mikroskopis di STKIP-PGRI Lubukringgau. Keanekaragaman mikroalga dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Faktor abiotik seperti suhu air, nilai pH, dan kecerahan juga diukur.	Keanekaragaman mikroalga; 3 divisi, 5 kelas, 14 ordo, 15 famili, 15 genera, 15 spesies. Rata-rata indeks keanekaragaman sebesar 2,622 yang tergolong sedang. Faktor abiotik: Suhu air tercatat sebesar 27,6 °C, pH air mencapai 7,7, dan tingkat kecerahan air adalah 76,1 cm. Filum Bakteri dan Planta serta Chlorophyta memiliki jumlah spesies terbanyak.	Keanekaragaman mikroalga Bendungan Bharata tergolong sedang dengan rata-rata indeks sebesar 2,622. Stasiun 3 mempunyai keanekaragaman tertinggi (2.836). Tidak ada spesies tertentu yang menjadi dominan dan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan mikroalga. Indikator kualitas air menunjukkan bahwa bendungan tersebut memiliki keanekaragaman sedang dan tidak mengalami polusi berat.
Andika, Y., Syahrin, A., Siregar, D. F., & Ramadansyah, S. (2022). Identifikasi Mikroalga Laut Potensial Sebagai Bahan Baku Biodiesel Di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe.	Mikroalga laut yang dikoleksi dari perairan kawasan Banda Sakti kota Loksุมawe. Ditemukan 143 spesies mikroalga, empat spesies mikroalga yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel.	Survei dilakukan selama periode Oktober hingga November 2021, yang mencakup empat stasiun yang telah ditentukan sebagai lokasi pengambilan data, dengan menerapkan metode pengambilan sampel secara target sampling. Sampel mikroalga dikumpulkan menggunakan jaring plankton, kemudian dilakukan identifikasi morfologi menggunakan mikroskop di laboratorium.	Sebanyak 143 spesies mikroalga ditemukan, termasuk spesies yang paling melimpah yaitu spesies Laphidonema. Jumlah kelimpahan mikroalga bervariasi antara 350,00 hingga 561,11 individu per liter. Parameter kualitas air tetap menguntungkan bagi habitat mikroalga.	Perairan Kabupaten Banda Sakti mempunyai potensi keberadaan mikroalga khususnya Raphidonema sp. sebagai bahan baku biodiesel. Hal ini memerlukan pertimbangan lebih lanjut. Nilai parameter air menunjukkan kondisi yang mendukung kelangsungan hidup mikroalga.
Salimah, S., Amintarti, S., & Ajizah, A. (2023). Kajian Keragaman Mikroalga di Kawasan Rawa Komplek Persada Permai Baru III Sebagai Booklet Pada Materi Protista Kelas X SMA.	Mikroalga di kawasan Persada Permai Baru III kompleks Rawa. Terdiri dari delapan spesies yang termasuk dalam tiga divisi. Dua spesies alga biru-hijau ( <i>Oscillatoria</i> sp. dan <i>Microcystis</i> sp. lima spesies alga hijau, dan satu spesies <i>Euglena</i> ( <i>Euglenoid</i> sp.).	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menjelaskan keanekaragaman mikroalga dan metode yang dikembangkan untuk membuat media pembelajaran dalam bentuk pamflet. Morfologi mikroalga diamati menggunakan buku identifikasi.	Delapan spesies mikroalga ditemukan di lahan basah ini, meliputi dua spesies alga biru-hijau, lima spesies alga hijau, dan satu spesies <i>Euglena</i> . Efektivitas brosur yang dikembangkan sangat baik dengan rata-rata rating 86-87%.	Mikroalga di lahan basah beragam dan pamflet yang dikembangkan dengan tingkat keabsahan dan kemudahan yang baik, sehingga dapat diterapkan secara efektif sebagai media pembelajaran di tingkat SMA Kelas X. Booklet ini memfasilitasi siswa untuk mempelajari materi protista seperti tumbuhan.

(Judul, tahun, penulis)	Sampel	Metode penelitian	Temuan	Kesimpulan
Sepriyaningsih, S., & Harmoko, H. (2022). Keanekaragaman Mikroalga Charophyta Di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur I Kota Lubuklinggau.	Mikroalga Charophyta dikumpulkan dari Sungai Mesat di 3 stasiun: dekat pemukiman (Stasiun 1), perkolakan (Stasiun 2), dan perkebunan serta perkolakan (Stasiun 3). Sampel yang digunakan mencakup 1 kelas, 2 ordo, 3 famili, 10 genus, dan 20 spesies mikroalga dari kelompok Charophyta.	Penelitian dilakukan dengan survei yang melibatkan pengumpulan data melalui observasi dari Februari hingga April 2020. Sampel diambil tiga kali dari tiga stasiun berbeda mengikuti aliran sungai. Identifikasi mikroalga dilakukan di laboratorium dengan menggunakan literatur untuk menentukan keanekaragaman, dominansi, dan keseragaman spesies.	Keanekaragaman mikroalga paling tinggi terjadi di Stasiun 1 (1,27), sedangkan yang paling rendah terjadi di Stasiun 2 (0,98). Nilai dominansi terendah tercatat di Stasiun 3 dengan angka 0,006, sementara nilai dominansi tertinggi ditemukan di Stasiun 1 dengan angka 0,019. Untuk indeks keseragaman, nilai tertinggi tercatat di Stasiun 1 yaitu 0,42, sedangkan nilai terendah tercatat di Stasiun 2 dengan angka 0,32. Secara keseluruhan, kondisi perairan dapat dikategorikan berada dalam kondisi sedang.	Sungai Mesat memiliki keanekaragaman mikroalga Charophyta yang tergolong dalam kategori sedang dengan 20 spesies yang telah ditemukan. Nilai keanekaragaman, dominansi, dan keseragaman mengindikasikan kondisi perairan tetap stabil dan tidak ada dominansi spesies yang signifikan.
Pane, R. R. F., & Harahap, A. (2023). Studi Keanekeragaman Mikroalga di Perairan Sungai Barumon.	Mikroalga ditemukan di tiga titik di Sungai Barumon, yaitu di bagian hulu, tengah, dan hilir. Sebanyak 47 spesies mikroalga teridentifikasi, yang berasal dari 42 genus dan 27 ordo. Kelompok mikroalga dari divisi Chlorophyta dan kelas Bacillariophyceae menjadi yang paling dominan.	Metode eksplorasi dilakukan dengan systematic purposive sampling di tiga titik. Pengumpulan data dilakukan dengan Plankton Net dan analisis dilakukan di laboratorium.	Total ada 47 spesies yang ditemukan. Faktor-faktor lingkungan yang diamati menunjukkan suhu rata-rata 27°C, pH rata-rata 6,7, dan tingkat kecerahan sebesar 57 cm. Kelompok Chlorophyta menjadi kelompok dominan dalam ekosistem tersebut.	Faktor lingkungan berpengaruh besar terhadap keanekaragaman mikroalga di Sungai Barumon. Mikroalga bisa dipakai sebagai penanda kualitas air sungai.
Dayana, M. E., Singkam, A. R., & Jumiarni, D. (2022). Keanekaragaman mikroalga sebagai bioindikator di perairan sungai.	Sampel mikroalga diambil dari Sungai di Bengkulu Utara. Terdapat tiga stasiun pengambilan sampel: hulu, tengah, dan hilir.	Metode survei dilakukan dengan pengambilan sampel secara purposive sampling. Pengamatan mikroalga dilakukan di laboratorium dan identifikasi dilakukan dengan menggunakan literatur. Pengukuran parameter fisika dan kimia air mencakup suhu, pH, TDS ( <i>Total Dissolved Solids</i> ), DO ( <i>dissolved oxygen</i> atau oksigen terlarut), kecepatan arus, kecerahan, dan tekanan udara.	Terdapat 28 spesies mikroalga yang dikelompokkan ke dalam 7 divisi. Kelimpahan mikroalga tersebut bervariasi sesuai dengan spesies yang ada tertinggi terjadi di stasiun hilir sebesar 115 ind/ml, sementara yang terendah terdapat di stasiun tengah sebesar 50 ind/ml. Indeks keanekaragaman berada dalam rentang nilai antara 2,2 hingga 2,59, yang tergolong dalam kategori sedang. Sementara itu, indeks dominansi menunjukkan nilai yang rendah, antara 0,14 hingga 0,21.	Sungai Air Lais memiliki ragam mikroalga sedang dan dominansi rendah, menandakan kebersihan dan kondisi baik untuk kehidupan mikroalga.

(Judul, tahun, penulis)	Sampel	Metode penelitian	Temuan	Kesimpulan
Silviani, O., Karyadi, B., Sipriyadi, S., Jumiarni, D., & Singkam, A. R. (2022). Studi keanekaragaman mikroalga di sungai dan danau Bengkulu sebagai bioindikator perairan.	Mikroalga yang ditemukan di Sungai Selagan dan Danau Tes, yang terletak di Bengkulu.	Penelitian eksploratif dilakukan dengan pengambilan sampel dilakukan dengan metode <i>systematic purposive sampling</i> , di mana sampel mikroalga diambil secara spesifik menggunakan teknik tertentu. plankton net nomor 10 dan diidentifikasi menggunakan mikroskop trinokuler.	Di Sungai Selagan, terdapat 38 spesies mikroalga dari 8 kelas. Di Danau Tes, terdapat 48 spesies mikroalga dari 9 kelas. Kelimpahan mikroalga paling tinggi tercatat di hulu Sungai Selagan (3714 Ind/ml) dan stasiun tengah Danau Tes (204 Ind/ml). Indeks keanekaragaman di Sungai Selagan berkisar antara 0,25 hingga 1,93, sementara di Danau Tes berkisar antara 2,05 hingga 2,70. Dominansi tertinggi terjadi di hulu Sungai Selagan dengan indeks dominansi sebesar 0,95, yang mengindikasikan adanya pencemaran yang signifikan. Di Danau Tes, dominansi rendah dengan indeks dominansi antara 0,10 hingga 0,28, menandakan stabilitas relatif dalam ekosistem.	Sungai Selagan tercemar berat di bagian hulu karena dominasi spesies tertentu, namun relatif bersih di bagian tengah dan hilir. Danau Tes diklasifikasikan sebagai bersih dan stabil untuk kehidupan mikroalga.
Zakiah, U., & Mulyanto, M. (2020). Biodiversitas dan sebaran mikroalga berbasis sistem informasi geografis (SIG) di Perairan Selatan Kabupaten Malang, Jawa Timur.	Sungai Selagan tercemar berat di bagian hulu karena dominasi spesies tertentu, namun relatif bersih di bagian tengah dan hilir. Danau Tes diklasifikasikan sebagai bersih dan stabil untuk kehidupan mikroalga.	Penelitian deskriptif menggunakan teknik pengambilan sampel secara purposive. Pengukuran in situ meliputi: suhu, salinitas, pH, nitrat, fosfat, silica, klorofil-a Data dianalisis dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).	Indeks biodiversitas yang tercatat di Stasiun 1 adalah 3,312, sementara di Stasiun 2 sebesar 3,184, yang menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman di kedua stasiun tersebut tergolong tinggi. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu yang berkisar antara 27 hingga 29 °C, salinitas antara 32 hingga 35 ppt, pH yang berada dalam rentang 7,8 hingga 8,2, kandungan nitrat antara 0,0142 hingga 0,082 mg/l, fosfat yang bervariasi antara 0,024 hingga 0,074 mg/l, silika dengan kisaran nilai antara 1,249 hingga 1,393 mg/l, serta klorofil-a yang tercatat antara 1,773 hingga 1,777 mg/l.	Keanekaragaman mikroalga di perairan Sendang Biru tergolong tinggi, dengan parameter kualitas air yang mendukung keberlangsungan hidup mikroalga. Sebaran mikroalga ditemukan secara merata di seluruh lokasi penelitian.

### 3. Dampak lingkungan terhadap keanekaragaman mikroalga di sungai

Sungai ini menerima pembuangan limbah dari berbagai aktivitas di sepanjang alirannya. Kegiatan perkebunan yang mengandalkan penggunaan kandungan nutrisi tanah, serta pembuangan sampah masyarakat, berkontribusi pada pencemaran sungai karena limbah-limbah tersebut langsung

dibuang ke dalam aliran air. Pencemaran ini dapat mengurangi mutu air sungai. Selain daripada itu, aktivitas eksplorasi pasir yang dilakukan pada arus sungai juga berisiko merusak keseimbangan ekosistem yang ada, karena dapat mengganggu struktur dasar sungai dan memengaruhi organisme yang bergantung pada perairan tersebut (Riyandini, 2020). Kegiatan yang dilakukan oleh penduduk sepanjang arus sungai terpengaruh langsung terhadap kualitas air di sungai tersebut. Degradasi kualitas air yang terjadi nanti berdampak pada keragaman biota yang hidup di dalamnya. Komunitas mikroalga, sebagai bagian penting dari ekosistem perairan, kemungkinan terpengaruh oleh penurunan kualitas air sungai, yang memengaruhi kelangsungan hidup dan distribusinya di perairan tersebut.

Menurut penelitian sebelumnya, salah satu masalah lingkungan utama adalah potensi pencemaran yang terjadi di perairan pesisir akibat aktivitas manusia. Pencemaran ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti sedimentasi, eutrofikasi, dan anoksia. Pencemaran ini tidak hanya membahayakan kelangsungan hidup biota laut dan merusak ekosistem perairan, tetapi juga dapat merusak keindahan lingkungan pesisir. Lebih jauh lagi, pencemaran tersebut berisiko menyebabkan kerugian sosial dan ekonomi bagi komunitas yang menggantungkan hidupnya pada sumber daya alam pesisir sebagai mata pencaharian mereka (Zakiyah & Mulyanto, 2020).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai keanekaragaman mikroalga, dapat disimpulkan bahwa mikroalga berfungsi sebagai bioindikator yang sensitif terhadap perubahan kualitas air. Penelitian ini menemukan keanekaragaman mikroalga yang tergolong sedang, dengan indeks keanekaragaman antara 2,2 hingga 2,59, serta dominansi yang rendah. Kehadiran spesies seperti *Staurostrum tetracerum* dan *Microcystis aeruginosa* menunjukkan adanya pencemaran di sungai. Sebagai rekomendasi, penelitian lebih lanjut sebaiknya mencakup analisis mendalam mengenai faktor antropogenik yang mempengaruhi ekosistem sungai dan pengembangan metode pemantauan yang lebih komprehensif untuk menjaga keberlanjutan ekosistem perairan.

### REFERENSI

- Andika, Y., Syahrin, A., Siregar, D. F., & Ramadansyah, S. (2022). Identifikasi Mikroalga Laut Potensial Sebagai Bahan Baku Biodiesel Di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(1), 147-160. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v14i1.39258>
- Apriani, R., Astuti, S. P., Candri, D. A., Ahyadi, H., Suropto, S., & Novida, S. (2022). Keanekaragaman Fitoplankton Di Padang Lamun Kawasan Pesisir Mandalika Kabupaten Lombok Tengah. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 322-332. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.5260>
- Arsad, S., Aprilianita, L., Herawati, E. Y., Musa, M., Hertika, A. M. S., Putra, R. B. D. S., & Siswanto, D. P. (2021). *Distribusi Mikroalga Di Perairan Indonesia*. Universitas Brawijaya Press. <https://www.ubpress.ub.ac.id>
- Dayana, M. E., Singkam, A. R., & Jumiarni, D. (2022). Keanekaragaman Mikroalga Sebagai Bioindikator Di Perairan Sungai. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 5(1), 77-84. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3531>
- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & 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>
- Kurniadi, R., Riki, C., & Nurkamilah, M. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Perpustakaan Berbasis Web Dengan Menggunakan Framework Codeigniter. *Formosa Journal Of Science And Technology*, 1(5), 507-518. <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i5.1209>
- Pane, R. R. F., & Harahap, A. (2023). Studi Keanekaragaman Mikroalga Di Perairan Sungai Barumun. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 6(1), 198-207. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i1.5442>
- Pratiwi, S. S. D. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal Of Research And Education Chemistry*, 3(2), 122-122. [https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3\(2\).7774](https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3(2).7774)

- Putri, A. K., Arianti, A., Negara, K. D. A., Sulistiyono, P. A., Hajar, D., & Tjahyoko, K. N. K. D. (2024). Tingkat Keanekaragaman Hayati Dan Pemanfaatannya Di Rawa Pening Ambarawa. *Jurnal Analis*, 3(1), 123-133. <http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/Analis>
- Rahayu, R. I., & Susilo, H. (2021). Keanekaragaman Mikroalga Sebagai Bioindikator Pencemaran Di Situ Cibanten Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang Banten. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (Jurnal)*, 4(2), 104-116. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i2.1459>
- Riyandini, V. L. (2020). Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Air Sungai Batang Tapakis Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 20(2), 203-209. <https://doi.org/10.36275/stsp.v20i2.297>
- Salimah, S., Amintarti, S., & Ajizah, A. (2023). Kajian Keragaman Mikroalga Di Kawasan Rawa Komplek Persada Permai Baru Iii Sebagai Booklet Pada Materi Protista Kelas X Sma. *Jisip (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 7(1), 155-169. <https://dx.doi.org/10.58258/jisip.v7i1.4100>
- Sari, M., & Asmendri, A. (2020). Penelitian Kepustakaan (Library Research) Dalam Penelitian Pendidikan Ipa. *Natural Science*, 6(1), 41-53. <https://doi.org/10.15548/nsc.v6i1.1555>
- 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), 112-120. <https://doi.org/10.25273/florea.v8i2.9746>
- Sepriyaningsih, S., & Harmoko, H. (2022). Keanekaragaman Mikroalga Charophyta Di Sungai Mesat Kecamatan Lubuklinggau Timur I Kota Lubuklinggau. *Nusantara Hasana Journal*, 2(2), 215-224. <https://nusantarahasanajournal.com/index.php/nhj/article/view/371>
- Setiawan, B., Webliana, K., Prasetyo, A. R., Gozali, M. R., Hadi, M. A., & Syahrunda, E. (2024). Studi Awal Pengembangan Tumbuhan Obat-Obatan Sebagai Destinasi Wisata Kesehatan Berbasis Biodiversitas Di Desa Karang Sidemen, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan Ipa*, 7(2), 691-6700. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v7i2.7800>
- Setyani, A. I., Sari, D. D., Permatasari, M. A., Izat, M., Bintang, S., Suryanda, A., & Azrai, E. P. (2024). Studi Keanekaragaman Mikroalga Di Sungai Margasatwa Ragunan Sekitar Kandang Buaya. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup*, 24(1), 1-8. <https://doi.org/10.33751/ekologia.v24i1.9393>
- Setyowardani, D. (2021). Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Kelimpahan Fitoplankton Di Muara Sungai Porong, Sidoarjo. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research) (J-Tropimar)*, 3(1), 24-33. <https://doi.org/10.30649/jrkt.v3i1.54>
- Silviani, O., Karyadi, B., Sipriyadi, S., Jumiarni, D., & Singkam, A. R. (2022). Studi Keanekaragaman Mikroalga Di Sungai Dan Danau Bengkulu Sebagai Bioindikator Perairan. *Jurnal Biosilampari*, 4(2), 127-138. <https://doi.org/10.31540/biosilampari.v4i2.1614>
- Sulastri, S., Henny, C., & Nomosatryo, S. (2019). Keanekaragaman Fitoplankton Dan Status Trofik Perairan Danau Maninjau Di Sumatera Barat, Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(1), 242-250. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050217>
- Warahmah, M., & Jailani, M. S. (2023). Pendekatan Dan Tahapan Penelitian Dalam Kajian Pendidikan Anak Usia Dini. *Dzurriyat: Jurnal Pendidikan Islam Anak Usia Dini*, 1(2), 72-81. <https://doi.org/10.61104/jd.v1i2.32>
- Widiarti, R., Hendrayanti, D., Humaida, M., & Sani, L. M. I. (2024). Eksplorasi Biodiversitas Mikroalga Epifit Di Perairan Teluk Hurun, Lampung, Menggunakan Analisa Morfologi Dan Metode Metabarkoding. *Jurnal Kelautan Nasional*, 19(2), 139-148. <https://doi.org/10.15578/jkn.v19i2.14509>
- Widiyanti, W. E., Iskandar, Z., & Herawati, H. (2020). Distribusi Spasial Plankton Di Sungai Cilalawi, Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Limnotek*, 27(2), 117-130. <https://dx.doi.org/10.15578/jkn.v19i2.14509>
- Wulandari, A., Yuantina, Y., Wardani, D. K., & Sholihah, F. N. (2023). Keanekaragaman Makrozoobentos Pada Ekosistem Air Tawar Lentik Di Desa Gumulan Kecamatan Kesamben. *Exact Papers In Compilation (Epic)*, 5(3), 35-40. <https://doi.org/10.32764/epic.v5i3.991>
- Zakiah, U., & Mulyanto, M. (2020). Biodiversitas Dan Sebaran Mikroalga Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Perairan Selatan Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Depik*, 9(3), 478-483. <https://doi.org/10.13170/depik.9.3.17772>