

## STUDI KEANEKERAGAMAN MIKROALGA DI PERAIRAN SUNGAI BARUMUN

Ria Resti Fauzi Pane<sup>1</sup>, Arman Harahap<sup>2\*)</sup>  
Universitas Labuhanbatu<sup>1,2</sup>  
armanhrahap82@gmail.com\*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman mikroalga di perairan Sungai Barumun sebagai data dasar. Penelitian ini melakukan survei pada keanekaragaman mikroalga di perairan Sungai Barumun yang terletak di Kabupaten Panai Hulu, Kabupaten Labuhanbatu, Provinsi Sumatera Utara dari Oktober sampai Desember 2022. Metode yang digunakan adalah eksplorasi. Penentuan dalam pengambilan sampel dilakukan secara *systematic purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan melalui tiga titik, yaitu hulu, tengah dan hilir Sungai Barumun. Penelitian ini menemukan 47 spesies mikroalga milik 42 genera dan 27 ordo, anggota *Chlorophyta* dan *Bacillariophyceae* sebagai mikroalga yang paling melimpah. Pada titik 1 ditemukan 36 spesies, sedangkan pada titik 2 ditemukan 30 spesies, dan pada titik 3 sebanyak 22 spesies. Faktor fisikokimia perairan Sungai Barumun juga diukur, suhu air rata-rata adalah 27 RAM C, pH rata-rata adalah 6,7, dan kecerahan air rata-rata adalah 57 cm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa faktor lingkungan sangat mempengaruhi keanekaragaman mikroalga di perairan Sungai Barumun.

**Kata kunci:** Keanekaragaman, Mikroalga, Sungai Barumun

### ABSTRAK

*This study aims to determine the diversity of microalgae in the waters of the Barumun River as basic data. This study conducted a survey on the diversity of microalgae in the waters of the Barumun River which is located in Panai Hulu Regency, Labuhanbatu Regency, North Sumatra Province from October to December 2022. The method used is exploration. Determination of the sampling was carried out by systematic purposive sampling. Sampling was carried out through three points, namely the upstream, middle and downstream of the Barumun River. This study found 47 species of microalgae belonging to 42 genera and 27 orders, members of Chlorophyta and Bacillariophyceae as the most abundant microalgae. At point 1 found 36 species, while at point 2 found 30 species, and at point 3 as many as 22 species. The physicochemical factors of the Barumun River waters were also measured, the average water temperature was 27 RAM C, the average pH was 6.7, and the average water brightness was 57 cm. This study concluded that environmental factors greatly affect the diversity of microalgae in the Barumun River waters.*

**Keywords:** Diversity, Microalgae, Barumun River

### PENDAHULUAN

Perairan adalah kesatuan antara komponen biologi, kimia, dan fisika pada suatu wilayah tertentu dalam lingkungan perairan. Ketiga komponen tersebut saling berinteraksi dan saling mempengaruhi perubahan (Kumaji et al., 2019). Sebagian air permukaan tertutup secara permanen oleh air, baik air laut, air payau maupun air tawar. Air tawar adalah lingkungan perairan yang terletak di daratan dan biasanya di atas permukaan laut (Silviani et al., 2022). Air tawar terbagi dalam dua kategori, yaitu sistem lentik (tergenang) seperti danau sistem lotik (mengalir) seperti sungai (Hendrawati et al., 2019). Sungai adalah saluran terbuka yang terbentuk secara alami atau buatan dipermukaan tanah dan menampung serta mengeluarkan air dari hulu ke hilir dan muara sungai. Sungai-sungai di Indonesia tersebar di seluruh pulau termasuk pulau Sumatera. Menurut BPDAS (2018) Sumatera memiliki 3.459 Daerah Aliran Sungai (DAS) salah satunya sungai barumun yang merupakan sungai yang berada di Kabupaten Labuhanbatu.

Sungai merupakan salah satu bentuk ekosistem perairan terbuka yang juga rawan dengan adanya suatu pencemaran (Ananta & Harahap, 2022). Pencemaran yang terjadi pada suatu sungai umumnya disebabkan oleh kondisi lingkungan serta aktivitas manusia di sekitar sungai. Nursaini & Harahap (2022) menyatakan bahwa lingkungan perairan terdiri dari komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi melalui aliran energi dan daur hara (nutrien), apabila interaksi keduanya terganggu akan menyebabkan terjadinya perubahan atau gangguan pada ekosistem perairan sehingga menjadi tidak seimbang.

Sungai Barumun mengalir di sepanjang wilayah beberapa Kecamatan di Kabupaten Labuhanbatu. Sungai Barumun merupakan sungai besar dengan lebar 750-1050 m. Muara Sungai Barumun adalah Selat Malaka (Siagian et al., 2017). Masyarakat sekitar memanfaatkan Sungai Barumun secara luas untuk berbagai kegiatan seperti pembuangan limbah industri, pembuangan limbah rumah tangga, pelelangan ikan, pelabuhan dan penangkapan ikan. Kegiatan ini menyebabkan pencemaran sungai barumun dan warna air menjadi semakin keruh. Sungai Barumun merupakan sumber penghasilan bagi sebagian masyarakat Kecamatan Panai Hulu dan sekitarnya. Aktivitas tersebut mempengaruhi perubahan struktur ekosistem, terutama pada organisme yang hidup di sungai barumun tersebut. Salah satu organisme di sungai adalah mikroalga. Harmoko et al. (2019) menyatakan bahwa alga atau ganggang merupakan organisme yang paling banyak ditemui di perairan tawar.

Sejak fenomena ini, pengaruhnya terhadap kualitas air sungai dapat dilihat pada kelimpahan dan komposisi organisme akuatik, salah satunya adalah mikroalga. Mikroalga merespon dengan cepat terhadap perubahan lingkungan. Kombinasi antara faktor fisika kimia di lingkungan akan menciptakan berbagai komunitas mikroalga. Faktor fisika dan kimia seperti cahaya, suhu, pH, kedalaman dan kecerahan, oksigen terlarut (DO) dan padatan tersuspensi (TDS) merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi keanekaragaman, kelimpahan dan dominasi biota, termasuk mikroalga akuatik. Penelitian Nurdiana et al. (2021) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nitrat dan fosfat dalam air, maka semakin tinggi juga jumlah mikroalganya.

Keberadaan mikroalga dapat digunakan sebagai pantauan kondisi dan keberlanjutan ekosistem perairan (Zakiyah & Mulyanto, 2020). Mikroalga dapat digunakan sebagai indikator kualitas air karena memiliki siklus hidup yang pendek dan sangat cepat merespon perubahan lingkungan (Husamah & Rahardjanto, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga memiliki fungsi ekologis yang sangat menentukan stabilitas ekosistem perairan. Perubahan lingkungan yang merugikan mengurangi keanekaragaman spesies, kelimpahan individu dan menyebabkan dominasi mikroalga tertentu. Arsad et al. (2019) mengemukakan bahwa dominasi mikroalga di perairan dapat digunakan sebagai bioindikator perairan. Oleh karena itu, mikroalga dapat digunakan sebagai parameter kualitas air. Selain itu, kelimpahan mikroalga di perairan juga dapat digunakan sebagai ukuran kesuburan suatu perairan. Tingginya keberadaan spesies tertentu dapat menjadi indikator perairan yang bersih atau tercemar.

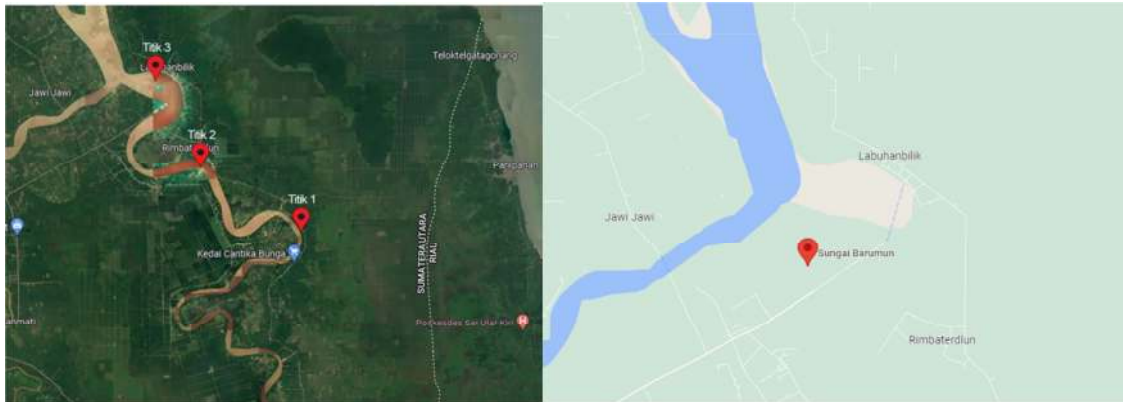
Studi terkait mikroalga di Kabupaten Labuhanbatu sejauh ini masih sangat jarang bahkan terbilang belum ada penelitian tentang mikroalga khususnya di perairan sungai barumun. Artinya belum ada informasi spesifik mengenai komposisi mikroalga terhadap pencemaran perairan tersebut. Mengingat mikroalga berperan sebagai salah satu parameter ekologi yang dapat memberikan wawasan tentang keadaan perairan dan merupakan produsen utama rantai makanan di ekosistem perairan (Samudra et al., 2022), maka penelitian keanekaragaman mikroalga di perairan tersebut perlu dilakukan di daerah tersebut sebagai langkah awal dalam pengolahan perairan sungai.

Berdasarkan uraian tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas Sungai Barumun ditinjau dari komposisi mikroalga sebagai bioindikator perairan. Penelitian ini seharusnya menjadi barometer kualitas perairan sungai Barumun saat ini. Informasi yang diperoleh diharapkan menjadi langkah dalam pengelolaan sungai agar terjaga kualitas airnya.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan di perairan Sungai Barumun di Kabupaten Labuhanbatu pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2022. Metode yang digunakan adalah eksplorasi. Penentuan dalam pengambilan sampel dilakukan secara *systematic purposive sampling*. Penentuan lokasi sampling bertujuan agar titik pengambilan sampel dapat mewakili keseluruhan bagian perairan sungai. Pengambilan sampel di Sungai Barumun ditentukan pada tiga titik, yaitu hulu (Panai Tengah), tengah (Panai Hulu) dan hilir (Labuhanbilik).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah plankton net ukuran *mesh* 20, mikroskop binokuler, pH-meter, *Secchi-disk*, dan termometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air sampel dan etanol 85% sebagai pengawet sampel mikroalga.



**Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Perairan Sungai Barumun Kabupaten Labuhanbatu**

## HASIL PENELITIAN

Mikroalga yang ditemukan di Sungai Barumun Kecamatan Panai Hulu Kabupaten Labuhanbatu adalah 47 *species* yang terbagi dalam 42 genera, 27 ordo, dan 5 divisio. Jumlah jenis terbanyak ditemukan di titik 1 yaitu 36 *species*, sedangkan pada titik 2 ditemukan 30 *species*, dan di titik 3 sebanyak 22 *species* (Tabel 1). Faktor lingkungan Sungai Barumun pada saat pengambilan sampel tercatat untuk rata-rata suhu adalah 27°C, nilai rerata pH 6,7, dan rerata kecerahan air 57 cm (Tabel 2).

Keanekaragaman mikroalga di Sungai Barumun berkisar antara 22–36 jenis dengan total jenis 47 dari 3 titik pengambilan sampel. *Chlorophyta* merupakan kelompok mikroalga dengan diversitas jenis yang paling banyak ditemukan di Sungai Barumun, serta *Bacillariophyta* pada urutan kedua. *Chlorophyta* yang ditemukan di Sungai Barumun tersusun atas 20 *species* dari 20 genera. Genera dari *Chlorophyta* yang ditemukan tersebut yaitu *Oocystis*, *Micractinium*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Chlorococcum*, *Tetraedron*, *Cloesterium*, *Cosmarium*, *Gonatozygon*, *Ulothrix*, *Drafanaldia*, *Chlorella*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Zygnema*, *Eudorina*, *Chlamydomonas*, *Oedogonium*, *Microspora* dan *Ankistrodesmus*. Hal yang sama dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menemukan *Chlorophyta* merupakan mikroalga yang banyak ditemukan di perairan Sungai Musi (Hairunnadawiah et al., 2022), Sungai Pepe (Harmoko et al., 2019), termasuk Sungai Kelingi (Suripto, 2017). Qomariya (2017) menyatakan tingginya jumlah *species Chlorophyta* pada suatu lingkungan perairan dapat mengindikasikan bahwa kemungkinan besar telah mengalami pencemaran kategori sedang, dan oleh karena itu *Chlorophyta* dapat menjadi bioindikator dari lingkungan ekosistem air yang sedang mengalami stres.

**Tabel 1. Jenis Mikroalga di Sungai Barumun**

No Divisio	Ordo	Species	Titik		
			Hulu	Tengah	Hilir
1. <i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorococcales</i>	<i>Oocystis sp</i>		1	
		<i>Micractinium sp</i>	1	1	1
		<i>Scenedesmus sp</i>	1		
		<i>Pediastrum sp</i>		1	1

Tabel 1. (Lanjutan)

No Divisio	Ordo	Species	Titik		
			Hulu	Tengah	Hilir
		<i>Chlorococcum sp</i>	1		
		<i>Tetraedron sp</i>	1	1	1
	<i>Desmidiiales</i>	<i>Cloesterium sp</i>	1	1	1
		<i>Cosmarium sp</i>	1	1	1
		<i>Gonatozygon sp</i>		1	
	<i>Ulotricales</i>	<i>Ulothrix sp sp</i>	1	1	
	<i>Chaetophorales</i>	<i>Drafanaldia sp</i>	1	1	
	<i>Chlorellales</i>	<i>Chlorella sp</i>	1	1	
	<i>Zygnematales</i>	<i>Spirogyra sp</i>	1	1	1
		<i>Mougeotia sp</i>	1	1	
		<i>Zygnema sp</i>		1	1
	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Eudorina sp</i>	1		1
	<i>Oedogoniales</i>	<i>Oedogonium sp</i>	1		
	<i>Sphaeropleales</i>	<i>Microspora sp</i>	1	1	1
		<i>Ankistrodesmus sp</i>			1
2. <i>Bacillariophyta</i>	<i>Tabellariales</i>	<i>Tabellaria sp</i>	1	1	1
		<i>Tabellaria flocculosa</i>	1		
	<i>Biddulphiales</i>	<i>Melosira sp</i>		1	
	<i>Naviculales</i>	<i>Navicula sp</i>	1	1	1
		<i>Pinnularia sp</i>		1	
	<i>Eunotiales</i>	<i>Asterionella sp</i>	1	1	
		<i>Eunotia sp</i>			1
	<i>Surirellales</i>	<i>Surirella sp</i>	1	1	1
		<i>Surirella elegans</i>	1	1	
		<i>Surirella robusta</i>	1	1	1
	<i>Bacillariales</i>	<i>Nitschia sp</i>	1		1
		<i>Pleurosigma sp</i>		1	
	<i>Fragillariales</i>	<i>Synedra sp</i>	1		1
		<i>Fragillaria sp</i>	1	1	1
	<i>Pennales</i>	<i>Gomphonema sp</i>	1	1	
	<i>Thalassiosirales</i>	<i>Cylotella sp</i>	1		1
		<i>Cylotella quilensis</i>	1		
	<i>Centrales</i>	<i>Aulacaseira sp</i>	1		
	<i>Rhizosoleniales</i>	<i>Guinardia sp</i>	1	1	
3. <i>Cyanobacteria</i>	<i>Chroococcales</i>	<i>Actinastrum sp</i>	1	1	1
	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoria sp</i>	1	1	
		<i>Oscillatoria limosa</i>		1	
	<i>Nostocales</i>	<i>Anabaena sp</i>	1		
		<i>Calothrix sp</i>	1		
	<i>Synechococcales</i>	<i>Agmenellum sp</i>	1		
4. <i>Xanthophyta</i>	<i>Tribonematales</i>	<i>Tribonema sp</i>			1
5. <i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenales</i>	<i>Euglena sp</i>	1		
	Total		36	30	22

Sumber : Olah Data Tahun 2022

*Bacillariophyta* yang ditemukan di Sungai Barumun terdiri atas 19 *species* dari 15 genera. Genera dari *Bacillariophyta* yang merupakan mikroalga terbanyak kedua setelah *Chlorophyta* yang ditemukan yaitu *Tabellaria*, *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Asterionella*, *Eunotia*, *Surirella*, *Nitschia*, *Pleurosigma*, *Synedra*,

*Fragillaria*, *Gomphonema*, *Cylotella*, *Aulacoseira* dan *Guinardia*. *Bacillariophyta* atau *diatom* umum ditemukan sebagai kelompok produsen primer dominan maupun subdominan kecuali pada sungai berlumpur (Winahyu & Primadiami, 2020). *Bacillariophyta* memiliki kemampuan beradaptasi terhadap arus yang kuat maupun lambat karena memiliki alat penempel pada substrat berupa tangkai bergelatin (Majewska et al., 2019). *Bacillariophyta* juga merupakan bioindikator yang telah banyak digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu perairan (Rosanti & Harahap, 2022).

*Cyanobacteria* yang ditemukan di Sungai Barumun terdiri atas 6 species dari 5 genera. Genera dari *Cyanobacteria* yang ditemukan meliputi *Actinastrum*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Calothrix*, dan *Agmenellum*. *Cyanobacteria* biasanya terdiri dari beberapa mikroalga hijau-biru dan bersifat unisesuler, berfilamen atau berkoloni, tidak memiliki membran internal, tidak memiliki organel/nukleus, dan warna alga ini hijau-biru, hijau-hijau, ungu, cokelat, merah-jingga tergantung pada konsentrasi *pigmen klorofil*, *fikosianin*, dan *fikoeritin* (Baek et al., 2020). *Cyanobacteria* membutuhkan suhu yang relatif lebih tinggi untuk berkembang dengan baik. Pada penelitian ini suhu rata-rata perairan Sungai Barumun pada saat penelitian adalah 27°C, kisaran suhu tersebut bukanlah suhu ideal bagi pertumbuhan *Cyanobacteria* (Majewska et al., 2019).

Kelompok mikroalga yang paling sedikit ditemukan di Sungai Barumun yaitu *Xanthophyta* dan *Euglenophyta*. Pada saat pengambilan sampel hanya ditemukan 1 genus dari *Xanthophyta* yaitu *Tribonema*, dan 1 genus dari *Euglenophyta* yaitu *Euglena*. *Xanthophyta* merupakan alga hijau-kuning, mempunyai dua *flagel* yang tidak sama panjang, unisesuler, membentuk koloni, berfilamen, atau berbentuk tabung dan produk metabolit cadangannya adalah minyak (Simon et al., 2017). *Xanthophyta* biasa ditemukan sebagai *fitoplankton* danau dan waduk terutama yang kaya akan bahan organik dan humat (Agustina & M.Poke, 2016). *Euglenophyta* merupakan mikroalga unisesuler, bergerak aktif atau berenang bebas menggunakan satu atau dua flagel, berbentuk memanjang tapi dapat ditemukan berbentuk spindel atau bengkok, periplast fleksibel, biasanya melimpah pada kolam dan perairan dangkal, reproduksi terjadi secara pembelahan biner, memiliki sista dorman dan memiliki bintik mata yang jelas (Harmoko & Sepriyaningsih, 2017). Kondisi sungai yang deras menjadi alasan kuat kenapa *Euglenophyta* sangat jarang ditemukan di Sungai Barumun.

## PEMBAHASAN

Faktor lingkungan mikroalga berupa suhu di Sungai Barumun tercatat dengan rata-rata 27 °C. Suhu dengan nilai tersebut merupakan suhu yang ideal untuk pertumbuhan mikroalga. Suhu lingkungan di suatu perairan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga dan batas suhu optimum pertumbuhan mikroalga adalah sekitar 20–30°C (Sari et al., 2021).

Nilai pH rata-rata Sungai Barumun yang diperoleh saat penelitian yaitu 6,7. Nilai pH yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam suatu perairan mencerminkan keseimbangan asam-basa perairan tersebut (Winahyu & Primadimanti, 2020). Penyerapan CO<sub>2</sub> bebas dan bikarbonat oleh mikroalga menyebabkan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut dalam air dan mengakibatkan peningkatan nilai pH (Andika et al., 2017). Derajat pH suatu lingkungan perairan sering dipakai untuk menentukan baik buruknya suatu lingkungan hidup, meskipun kondisi suatu perairan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain (Rahayu & Susilo, 2021). Nilai pH optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah berkisar antara 4–11 (Yudana et al., 2021).

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Faktor Lingkungan Sungai Barumun**

No.	Parameter	Rata-rata
1	Suhu	27°C
2	pH	6,7
3	Kecerahan	57 cm

Sumber : Olah Data Tahun 2022

Faktor lingkungan lain berupa kecerahan perairan, diukur dengan menggunakan *secchi-disk*. Kecerahan rata-rata Sungai Barumun yaitu sebesar 57 cm atau 0,57 m. Kecerahan ini termasuk rendah karena saat pengambilan data kondisi air Sungai Barumun keruh akibat hujan. Kecerahan atau penetrasi cahaya merupakan salah satu faktor penting bagi pertumbuhan mikroalga karena berpengaruh secara langsung untuk proses fotosintesis. Kondisi perairan dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan tingkat kecerahannya, yakni perairan keruh apabila nilai kecerahannya 0,25–1,00 m, perairan sedikit keruh apabila memiliki nilai kecerahan 1,00–5,00 m, dan perairan jernih memiliki nilai kecerahan di atas 5,00 m (Hutari et al., 2022).

## SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa faktor lingkungan sangat mempengaruhi keanekaragaman mikroalga di perairan Sungai Barumun.

## REFERENSI

- Agustina, S. S., & M.Poke, A. A. (2016). Keanekaragaman Fitoplankton sebagai Indikator Tingkat Pencemaran Perairan Teluk Lalong Kota Luwuk. *Jurnal Balik Diwa*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/10.31219/Osf.Io/Bq37p>
- Ananta, S., & Harahap, A. (2022). Distribusi dan Keanekaragaman Makrozoobentos. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 286–294. <https://doi.org/10.31539/Bioedusains.V5i1.3522>
- Andika, D. P., Istirokhatun, T., & Praharyawan, S. (2017). Pemanfaatan Air Lindi TPA Jatibarang sebagai Media Alternatif Kultivasi Mikroalga untuk Perolehan Lipid. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–15. <https://www.neliti.com/publications/140686/>

- Arsad, S., Zsalszabil, A. N., Prasetya, F. S., Safitri, I., Saputra, D. K., Musa, M., Studi, P., Sumber, M., Perairan, D., Perikanan, F., Kelautan, I., Brawijaya, U., Studi, M. P., Kelautan, D. I., Padjadjaran, U., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., & Tanjungpura, U. (2019). Microalga Peryphyton Community on Different Substrates and Its Role as Aquatic Environmental Bioindicator. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 15(1), 73–79. <https://doi.org/10.14710/ijfst.15.1.73-79>.
- Baek, S. S., Pyo, J. C., Pachepsky, Y., Park, Y., Ligaray, M., Ahn, C. Y., Kim, Y. H., Ahn Chun, J., & Hwa Cho, K. (2020). Identification and Enumeration of Cyanobacteria Species using a Deep Neural Network. *Ecological Indicators*, 115, 106395. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106395>.
- 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>.
- Harmoko, H., Lokaria, E., & Anggraini, R. (2019). Keanekaragaman Mikroalga di Air Terjun Sando, Kota Lubuklinggau, Sumatra Selatan. *Limnotek : Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 26(2), 77–87. <https://doi.org/10.14203/limnotek.v26i2.261>
- Harmoko, H., & Sepriyaningsih, S. (2017). Keanekaragaman Mikroalga di Sungai Kati Lubuklinggau. *Scripta Biologica*, 4(3), 201. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.3.452>.
- Hendrawati, T. D., Maulana, N., & Al Tahtawi, A. R. (2019). Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kawasan Industri Berbasis WSN dan Iot. *Jtera (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(2), 283. <https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i2.2019.283-292>
- Husamah, & Rahardjanto, A. (2019). *Bioindikator (Teori dan Aplikasi dalam Biomonitoring) - Husamah, Abdulkadir Rahardjanto - Google Buku*. Umm Press. [https://Books.Google.Co.Id/Books?Hl=Id&Lr=&Id=Qbhpdwaaqbaj&Oi=Fnd&Pg=Pp2&Dq=Biomonitoring,+Biomarker,+Kesehatan+Lingkungan&Ots=Oadqwio7sh&Sig=\\_Ebelrogcku1nozjcid3sqzego&Redir\\_Esc=Y#V=Onepage&Q&F=False](https://Books.Google.Co.Id/Books?Hl=Id&Lr=&Id=Qbhpdwaaqbaj&Oi=Fnd&Pg=Pp2&Dq=Biomonitoring,+Biomarker,+Kesehatan+Lingkungan&Ots=Oadqwio7sh&Sig=_Ebelrogcku1nozjcid3sqzego&Redir_Esc=Y#V=Onepage&Q&F=False)
- Hutari, A., Nisaa, R. A., Agustin, Y., & Ayunda, K. A. (2022). Eksplorasi Mikroalga Bernilai Ekonomi Tinggi di Kawasan Mangrove Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Biotechnology Research*, 8(November), 1–6.
- Kumaji, S., Katili, A. S., & Lalu, P. (2019). Identifikasi Mikroalga Epilitik Sebagai Biomonitoring Lingkungan Perairan Sungai Bulango Provinsi Gorontalo. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 1(1), 15. <https://doi.org/10.34312/jebj.v1i1.2042>
- Majewska, R., Bosak, S., Frankovich, T. A., Ashworth, M. P., Sullivan, M. J., Robinson, N. J., Lazo-Wasem, E. A., Pinou, T., Nel, R., Manning, S. R., & Van De Vijver, B. (2019). Six New Epibiotic Proschkinia (Bacillariophyta) Species and New Insights into the Genus Phylogeny. *European Journal of Phycology*, 54(4), 609–631. <https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1628307>
- Nurdiana, J. I., Candrahanifa, N., Kamilalita, N., & Hidayah, E. N. (2021). Perbandingan antara Mikroalga *Chlorella* Sp dan *Spirulina* Plantesis dalam



- Penurunan Nitrat Fosfat pada Air Limbah Domestik Menggunakan Oxidation Ditch Algae Reactor (Odar). *Prosiding Esec*, 2(1), 14–19.
- Nursaini, D., & Harahap, A. (2022). Kualitas Air Sungai. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 312–321. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3519>
- Qomariya, N. (2017). Produktivitas Primer Perairan di Waduk Lahor Kabupaten Malang, Jawa Timur. *core.ac.uk*. <https://core.ac.uk/download/pdf/290392945.pdf>
- Rahayu, R. I., & Susilo, H. (2021). Keanekaragaman Mikroalga sebagai Bioindikator Pencemaran di Situ Cibanten Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang Banten. *Jurnalis: Jurnal Lingkungan dan Sipil*, 4(2), 104–120. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i2.1459>.
- Rosanti, L., & Harahap, A. (2022). Keberadaan Plankton sebagai Indikator Pencemaran. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 182–188. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3529>.
- Samudra, S. R., Fitriadi, R., Baedowi, M., & Sari, L. K. (2022). Pollution Level of Banjaran River, Banyumas District, Indonesia: A Study Based on the Saprobic Index of Periphytic Microalgae. *Biodiversitas*, 23(3), 1527–1534. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230342>.
- Sari, N. Y., Sulastris Arsad, S.Pi., M.Si., & Evellin Dewi Lusiana, S.Si., M.Si. (2021). Distribusi Mikroalga Berdasarkan Karakteristik Habitat (Sedimen, Makroalga, Mangrove, dan Kolom Air) di Pulau Sempu.
- Siagian, G., Wahyuningsih, H., & Barus, T. A. (2017). Struktur Populasi Ikan Gulamah (*Johnius Trachycephalus P.*) di Sungai Barumun Kabupaten Labuhan Batu Sumatera Utara. *JBIO: Jurnal Biosains (The Journal of Biosciences)*, 3(2), 59–65. <https://doi.org/10.24114/jbio.v3i2.7433>.
- Silviani, O., Karyadi, B., Jumiarni, D., & Singkam, A. R. (2022). Studi Keanekaragaman Mikroalga di Sungai dan Danau Bengkulu sebagai Bioindikator Perairan. *Jurnal Biosilampari : Jurnal Biologi*, 4(2), 127–138. <https://doi.org/10.31540/biosilampari.v4i2.1614>.
- Simon, N., Foulon, E., Grulois, D., Six, C., Desdevises, Y., Latimier, M., Le Gall, F., Tragin, M., Houdan, A., Derelle, E., Jouenne, F., Marie, D., Le Panse, S., Vaultot, D., & Marin, B. (2017). Revision of the Genus *Micromonas* Manton Et Parke (Chlorophyta, Mamiellophyceae), of the Type Species *M. Pusilla* (Butcher) Manton & Parke and the Species *M. Commoda* Van Baren, Bachy and Worden and Description of Two New Species Based on the Genetic and . *Protist*, 168(5), 612–635. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2017.09.002>
- Suripto. (2017). Komunitas Mikroalga di Perairan Sungai dan Muara Sungai Pelangan Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(1). <https://doi.org/10.29303/jbt.v17i1.401>.
- Winahyu, D. A., & Primadiamanti, A. (2020). Bioaktivitas Antioksidan Lotion Senyawa Eksopolisakarida dari Mikroalga *Spirulina Sp.* *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(2), 169–177. <https://doi.org/10.23960/aec.v5i2.2020.p169-177>
- Yudana, I. G. P. G., Suprakto, B., Undu, M. C., Insani, L., Fiqriyah, A., Charunisa, A., Harijono, T., Kiswanto, A., Aras, A. C., Ayu, D., Zahid, A., Wahyu, & Fauziah, A. (2021). Distribution of Microalgae as Bioindicator

for *Sardinella Lemuru* in Bali Strait. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 860(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012009>.

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>.