

KEANEKARAGAMAN MIKROALGA SEBAGAI BIOINDIKATOR DI PERAIRAN SUNGAI

Mustika Elmi Dayana¹, Abdul Rahman Singkam², Dewi Jumiarni³
Universitas Bengkulu^{1,2,3}
mustikaelmi01@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman mikroalga dan hubungannya dengan kualitas air di Sungai Air Lais. Metode yang digunakan adalah metode survei. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 28 spesies mikroalga yang terdiri dari 7 divisi. Kelimpahan mikroalga pada stasiun hulu adalah sebanyak 52 ind/ml, stasiun tengah sejumlah 50 ind/ml dan stasiun hilir sebanyak 115 ind/ml. Indeks keanekaragaman mikroalga pada setiap stasiun secara berturut-turut adalah 2,2; 2,2; dan 2,59 dengan kriteria keanekaragaman tingkat sedang. Indeks dominansi mikroalga berada dalam kriteria dominansi rendah dengan nilai masing-masing stasiun adalah 0,21; 0,20; dan 0,14. Simpulan, kondisi Sungai Air Lais masih tergolong bersih dan menunjukkan kisaran toleransi yang normal bagi kehidupan mikroalga.

Kata Kunci: Keanekaragaman, Mikroalga, Sungai Air Lais

ABSTRACT

This study aims to determine the diversity of microalgae and their relationship with water quality in the Air Lais River. The method used is a survey method. The results showed that there were 28 species of microalgae consisting of 7 divisions. The abundance of microalgae at the upstream station was 52 ind/ml, the middle station was 50 ind/ml and the downstream station was 115 ind/ml. The microalgae diversity index at each station was 2.2; 2.2; and 2.59, with a moderate level of diversity criteria. The microalgae dominance index was in the low dominance criteria, with the value of each station being 0.21; 0.20; and 0.14. In conclusion, the condition of the Air Lais River is still relatively clean and shows a normal tolerance range for microalgae life.

Keywords: Diversity, Microalgae, Lais Water River

PENDAHULUAN

Sungai Air Lais merupakan sungai yang berada di Kabupaten Bengkulu Utara. Sungai ini berhulu di kawasan Hutan Lindung Bukit Daun dan bermuara di Samudera Hindia. Berdasarkan observasi, aliran sungai ini melewati berbagai topografi dan mengalir bersisian dengan jalan utama Lais-Argamakmur. Sungai Air Lais memiliki jenis vegetasi pinggirannya yang beragam. Vegetasi ini mencakup kelompok herba, semak, perdu, hingga pohon. Keberadaan vegetasi pinggirannya berperan untuk menjaga kualitas air dan mendukung kehidupan biota di sungai ini (Junardi et al., 2018). Selain itu, sungai ini memiliki arus sedang sampai deras dan terdapat bebatuan di sepanjang alirannya.

Keberadaan Sungai Air Lais memberikan banyak manfaat bagi warga di sekitar aliran sungai. Berdasarkan hasil observasi, Sungai Air Lais dimanfaatkan warga untuk kebutuhan sehari-hari seperti sumber air minum, mencuci, mandi, dan berbagai kebutuhan lain. Sungai ini juga dimanfaatkan untuk kegiatan pariwisata di bagian hulu, pertambangan pasir di bagian hilir, dan kegiatan perkebunan di sepanjang pinggir sungai.

Sungai Air Lais juga menjadi tempat pembuangan berbagai limbah yang dihasilkan dari aktivitas warga di sepanjang aliran sungai. Aktivitas perkebunan yang menggunakan berbagai pupuk dan herbisida, dan sampah domestik yang berasal dari pemukiman warga akan menghasilkan limbah yang langsung masuk ke sungai ini. Limbah-limbah yang dibuang di perairan sungai dapat menyebabkan pencemaran sehingga dapat menurunkan kualitas air. Selain itu, adanya kegiatan pertambangan pasir pada aliran sungai juga berpotensi merusak keseimbangan ekosistem sungai (Riyandini, 2020). Aktivitas warga di sepanjang aliran Sungai Air Lais berdampak pada kualitas air sungai. Penurunan kualitas air sungai tentu akan mempengaruhi keragaman biota di dalamnya. Salah satu biota yang mungkin terdampak akibat penurunan kualitas Sungai Air Lais adalah komunitas mikroalga.

Mikroalga adalah organisme uniseluler mikroskopik yang memiliki beragam ukuran, bentuk dan jenis, memiliki pigmen fotosintetik, bersifat fotoautotrof dan ditemukan di lingkungan perairan (Rahayu & Susilo, 2021). Mikroorganisme ini sangat rentan terhadap perubahan kualitas perairan. Adanya kombinasi pengaruh antara faktor fisika dan kimia perairan menjadikan dominansi mikroalga tidak sama antara satu perairan dengan perairan lain. Penelitian Paiki & Kalor (2017) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar nitrat dan fosfat di suatu perairan maka semakin tinggi pula kelimpahan mikroalganya. Sementara itu, Zakiyah & Mulyanto (2020) menyatakan bahwa kelimpahan jenis mikroalga tertentu akan meningkat seiring dengan peningkatan pencemar organik di perairan.

Keberadaan mikroalga di suatu perairan dapat memberikan gambaran terhadap kualitas perairan tersebut. Mikroalga memiliki batas toleransi tertentu terhadap faktor-faktor fisika kimia perairan. Adanya mikroalga di suatu perairan dapat dijadikan sebagai indikator kondisi perairan tersebut (Sulastri, 2018). Mikroalga juga dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan. Semakin banyak suatu mikroalga di perairan maka semakin subur perairan tersebut (Setyowardani, 2021).

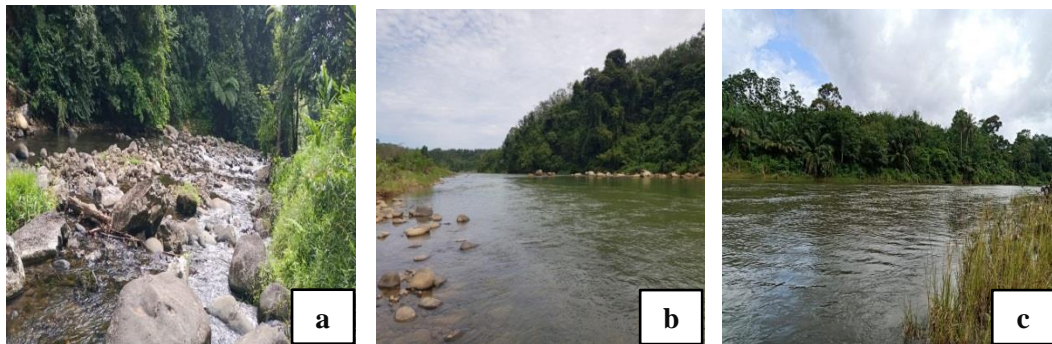
Berdasarkan hasil studi terdahulu terkait potensi mikroalga sebagai bioindikator lingkungan perairan, maka peneliti melakukan analisis keanekaragaman mikroalga di Sungai Air Lais Bengkulu Utara dengan tujuan untuk mengetahui keanekaragaman mikroalga dan hubungan keanekaragaman mikroalga dengan kualitas air di sungai tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai parameter biologi yang dapat menggambarkan tingkat pencemaran di Sungai Air Lais.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2021 hingga Mei 2021. Pengambilan sampel dilakukan di Sungai Air Lais Kabupaten Bengkulu Utara. Pengamatan dan identifikasi mikroalga dilakukan di Laboratorium Riset Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK), Universitas Bengkulu. Penentuan stasiun

pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Pada penelitian ini, ditentukan tiga stasiun yang mewakili wilayah hulu (Gambar 1(a)), tengah (Gambar 1 (b)), dan hilir sungai (Gambar 1(c)). Pengambilan data fisika kimia meliputi suhu, pH Air, TDS, DO, kecepatan arus, kecerahan, dan tekanan udara. Pengambilan sampel mikroalga dilakukan pada setiap stasiun dengan cara menyaring air sungai menggunakan *plankton net* sebanyak 100 Liter. Hasil saringan ditempatkan pada botol sampel 100 ml, ditambahkan formalin 4% sebanyak 3 tetes, dan diberi label.

Selanjutnya, sampel dibawa ke Laboratorium Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK) Universitas Bengkulu untuk diamati. Hasil pengamatan kemudian diidentifikasi menggunakan studi literatur seperti “*Freshwater Algae*”; “*How to Know the Freshwater Algae*”; “*Easy Identification of the Most Common Freshwater Algae*”; *An Annotated Key to the Identification of Commonly Occurring and Dominant Genera of Algae Observed in the Phytoplankton of the United States*; dan *An Illustrated guide to River Phytoplankton*.



Gambar 1. Stasiun Pengambilan Sampel Mikroalga; (a) Stasiun Hulu; (b) Stasiun Tengah dan (c) Stasiun Hilir

Data mikroalga yang diperoleh akan dianalisis komposisi komunitas mikroalga yang meliputi kelimpahan, indeks keanekaragaman, dan indeks dominansi. Data kelimpahan mikroalga dianalisis menggunakan metode sapuan *Sedgwick Rafter Counting Cell*. Indeks keanekaragaman dianalisis menggunakan rumus Shanon-Wiener. Sedangkan indeks dominansi dianalisis menggunakan indeks dominansi Berger-Parker.

HASIL PENELITIAN

Hasil analisis data terkait keanekaragaman mikroalga dan hubungannya dengan kualitas air di Sungai Air Lais disajikan pada tabel-tabel berikut ini:

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Faktor Fisika Kimia Sungai Air Lais

No	Parameter	Stasiun		
		Hulu	Tengah	Hilir
1	Suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)	27	30	29
2	Suhu air ($^{\circ}\text{C}$)	23	27	21
3	pH air	7,3	7,8	7,5
4	TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>) (ppm)	19	18	16
5	DO (<i>Dissolved Oxygen</i>) (ppm)	9,2	9,3	8,2

6	Kecerahan (cm)	57 (dasar)	82 (dasar)	90
7	Kecepatan arus (m/dt)	0,625	0,512	0,14
8	Tekanan udara (atm)	976,8	1005,4	1013,3
9	Waktu (WIB)	16.40	13.16	09.35
10	Cuaca	Mendung	Mendung	Cerah

Pengukuran data fisika kimia Sungai Air Lais pada tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum sungai ini berada dalam kondisi baik. Nilai suhu, DO (*Dissolved Oxygen*), dan pH perairan ini berada pada kisaran normal. Hal ini terlihat dari nilai suhu yang berkisar antara 21°C-27°C, DO lebih dari 6 ppm, dan pH air lebih dari 7. Berdasarkan hasil pengukuran faktor fisika kimia perairan ini dapat diketahui bahwa Sungai Air Lais masih tergolong bersih dan masih menunjukkan kisaran toleransi yang normal bagi kehidupan mikroalga.

Tabel 2. Data Kelimpahan, Indeks Keanekaragaman (H'), dan Indeks Dominansi (P_{max}) Mikroalga di Sungai Air Lais

No	Divisi	Kelas	Spesies	Jumlah		
				1	2	3
1	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Botryococcus braunii</i>			4
			<i>Chlorella vulgaris</i>	4		12
			<i>Chlorella</i> sp.	12		12
		Chlorophyceae	<i>Coelastrum microporum</i>			4
			<i>Comasiella arcuta</i>		4	
			<i>Monoraphidium</i> sp.			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>Centritractus belanophorus</i>			4
			<i>Ophiocytium capitatum</i>		4	
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>Chroococcidiopsis kashayi</i>	4		
Jumlah (ind/ml)				52	50	115
H'				2,2	2,2	2,59
P_{max}				0,21	0,20	0,14

Keterangan: 1= stasiun hulu, 2= stasiun tengah, 3= stasiun hilir

Berdasarkan tabel 2, data menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 28 spesies mikroalga yang berasal dari 7 divisi dan 8 kelas di Sungai Air Lais. Mikroalga yang paling banyak ditemukan pada stasiun hilir yaitu sebanyak 115 ind/ml, sedangkan spesies mikroalga yang paling sedikit ditemukan pada stasiun tengah, yaitu 50 ind/ml. Kelompok yang paling banyak ditemukan dari ketiga stasiun yaitu divisi Chlorophyta sebanyak 13 spesies. Spesies yang konsisten ditemukan pada ketiga stasiun yaitu *Staurastrum tetracerum* dan *Microcystis aeruginosa*.

Indeks keanekaragaman mikroalga (H') pada penelitian ini berkisar antara 2,2 sampai 2,59 dengan kriteria keanekaragaman pada tingkat sedang. Adapun nilai indeks keanekaragaman tertinggi ditemukan di stasiun stasiun hilir yaitu sebesar 2,59. Indeks dominansi mikroalga pada masing-masing stasiun berturut-turut dari hulu ke hilir adalah 0,21; 0,20; dan 0,14. Ketiga nilai ini berada dalam kriteria dominansi rendah.

PEMBAHASAN

Keanekaragaman mikroalga di Sungai Air Lais Bengkulu Utara yang ditemukan adalah sebanyak 28 spesies yang terdiri dari 7 divisi dan 8 kelas. Divisi yang ditemukan yaitu 13 spesies Chlorophyta, 4 spesies Cyanophyta, 3 spesies Bacillariophyta, 3 spesies Charophyta, 2 spesies Euglenophyta, 2 spesies Ocrophyta, dan 1 spesies Pyrrophyta.

Jumlah kelimpahan mikroalga tertinggi terdapat pada stasiun hilir yaitu 19 spesies dengan jumlah individu 115 ind/ml. Tingginya jumlah spesies di stasiun hilir ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas membuang limbah domestik oleh penduduk sekitar perairan sungai tersebut. Pembuangan limbah ini memicu masuknya bahan organik yang akan menjadi sumber nutrisi bagi perairan. Nutrien ini akan digunakan oleh mikroalga untuk pertumbuhannya. Peningkatan konsentrasi nutrisi dalam badan air akan meningkatkan produktivitas perairan sehingga populasi mikroalga meningkat (Gurning et al., 2020). Selain itu, pemukiman di pinggiran sungai terlihat bahwa semakin ke hilir jumlah penduduk yang mendiami pinggiran sungai semakin banyak, sehingga limbah domestik yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini juga terlihat dari nilai oksigen terlarut (DO) pada stasiun hilir lebih rendah dibandingkan stasiun hulu dan tengah. Nilai DO yang rendah mengindikasikan adanya pencemar organik yang lebih tinggi. Menurut Patty (2018) semakin tinggi kandungan bahan organik dalam perairan akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan.

Stasiun hilir memiliki perkebunan sawit di sekitar sungai yang kemungkinan berpengaruh dalam meningkatkan jumlah mikroalga. Adanya aktivitas perkebunan dapat menyebabkan limbah pertanian masuk ke badan sungai sehingga meningkatkan kelimpahan mikroalga (Widiyanti et al., 2020). Unsur hara berupa nitrat dan fosfat yang berasal dari kegiatan pertanian dan limbah merupakan nutrisi bagi biota perairan (Riyandini, 2020). Unsur hara menjadi faktor pembatas pertumbuhan mikroalga sehingga peningkatan unsur hara akan mendorong pertumbuhan mikroalga dan meningkatkan produktivitas perairan. Nutrien nitrat dan fosfat ini merupakan salah satu kebutuhan utama untuk metabolisme dan pertumbuhan mikroalga, serta digunakan oleh mikroalga dalam proses fotosintesis (Meirinawati & Fitriya, 2018).

Mikroalga terendah terdapat pada stasiun tengah yaitu 11 spesies dengan jumlah individu 50 ind/ml. Namun, jumlah ini tidak jauh berbeda dengan stasiun

hulu yang memiliki 10 spesies dengan kelimpahan 52 ind/ml. Rendahnya mikroalga pada kedua stasiun ini diduga karena kondisi arus yang kurang mendukung bagi kehidupan mikroalga. Berdasarkan pengukuran, nilai kecepatan arus pada kedua stasiun ini lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun hilir. Kecepatan arus yang besar dapat mengurangi jenis mikroalga pada lingkungan perairan (Kumaji et al., 2019).

Nilai kecepatan arus stasiun hulu dan tengah berturut turut yaitu 0,625 m/det dan 0,512 m/det, sedangkan pada stasiun hilir yaitu 0,14 m/det. Kecepatan arus ini berpengaruh terhadap kelimpahan mikroalga. Jumlah mikroalga yang ditemukan lebih banyak pada kondisi arus yang lebih kecil. Arus yang besar dapat menyebabkan mikroalga ikut terbawa arus. Kecepatan arus akan mempengaruhi pergerakan mikroalga. Arus yang tenang merupakan habitat yang cocok untuk mikroalga (Widiyanti et al., 2020).

Kelompok mikroalga yang paling banyak ditemukan di Sungai Air Lais yaitu Chlorophyta sebanyak 13 spesies. Chlorophyta menjadi kelompok yang paling banyak ditemukan karena divisi ini memiliki habitat yang luas dan jumlah spesies terbanyak dibandingkan jenis mikroalga lainnya, serta memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, jumlah Chlorophyta yang tinggi pada suatu perairan dapat menjadi indikasi bahwa perairan tersebut telah mengalami pencemaran kategori sedang (Lestari et al., 2020).

Spesies yang konsisten ditemukan pada ketiga stasiun yaitu *Staurastrum tetracerum* dan *Microcystis aeruginosa*. Spesies *Staurastrum tetracerum* diduga lebih toleran terhadap perubahan faktor fisika kimia perairan. Spesies kelompok Chlorophyta memiliki habitat yang luas. Selain itu, keberadaan *Microcystis aeruginosa* diduga karena adanya pencemaran yang masuk ke badan perairan. Semakin tinggi unsur hara maka akan meningkatkan jumlah *Microcystis aeruginosa* di perairan (Sulastri et al., 2019). Keberadaan spesies *Microcystis aeruginosa* menjadi penanda bahwa adanya pencemaran di perairan tersebut.

Secara keseluruhan, berdasarkan data hasil pengukuran faktor fisika kimia Sungai Air Lais masih menunjukkan kisaran toleransi yang normal bagi kehidupan mikroalga. Suhu udara 27⁰C-30⁰C dan suhu air 21⁰C-27⁰C. Suhu tersebut masih ideal untuk pertumbuhan mikroalga. Suhu optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah berkisar 20⁰C-30⁰C (Harmoko et al., 2019). Nilai pH yang diukur berada direntang pH optimum untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 4-11 (Jelizanur et al., 2019). DO (*Dissolved Oxygen*) lebih dari 6,5 sehingga masih mampu menunjang kehidupan organisme akuatik (Hamuna et al., 2018). Tingkat kecerahan sungai yaitu 57-90 cm dianggap cukup baik untuk pertumbuhan organisme perairan. Perairan yang memiliki kecerahan intensitas cahaya 60-90 cm dianggap cukup baik untuk keberlangsungan kehidupan ikan dan organisme perairan. Namun, jika kecerahan kurang dari 30 cm dapat menimbulkan masalah ketersediaan oksigen terlarut di perairan (Sepriyaningsih & Harmoko, 2020).

Indeks keanekaragaman (H') pada penelitian ini berkisar antara 2,2 sampai 2,59. Nilai ini termasuk kategori keanekaragaman tingkat sedang berdasarkan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Berdasarkan hasil ini, maka kondisi ekosistem Sungai Air Lais berada pada tekanan ekosistem kategori sedang. Nilai H' umumnya berkisar antara 1.5-4. Nilai yang semakin rendah menunjukkan kondisi ekosistem yang semakin tidak stabil (Kono et al., 2021).

Interpretasi H' pada penelitian ini sejalan dengan nilai indeks dominansi. Indeks dominansi mikroalga pada masing-masing stasiun berturut-turut dari hulu ke hilir adalah 0,21; 0,20 dan 0,14, dan ketiga nilai ini berada dalam kriteria dominansi rendah. Indeks dominansi rendah menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi, kondisi lingkungan stabil, dan tekanan ekologi di stasiun tersebut rendah. Jika nilai indeks dominansi mendekati nol, maka pada perairan tersebut tidak ada jenis yang mendominasi dan menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang relatif baik (Lestari et al., 2020).

SIMPULAN

Keanekaragaman mikroalga di Sungai Air Lais Bengkulu Utara berjumlah 28 spesies yang terdiri dari 7 divisi, yaitu Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta, Charophyta, Euglenophyta, Ocrophyta dan Pyrrophyta. Indeks keanekaragaman mikroalga tersebut berada pada kategori keanekaragaman tingkat sedang, sedangkan indeks dominansi berada dalam kriteria dominansi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>
- Harmoko, H., Lokaria, E., & Anggraini, R. (2019). Keanekaragaman Mikroalga di Air Terjun Sando, Kota Lubuklinggau, Sumatra Selatan. *Limnotek*, 26(2), 77–87. <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v26i2.261>
- Jelizanur, J., Padil, P., & Muria, S. R. (2019). Kultivasi Mikroalga Menggunakan Media AF6 Pada Berbagai pH. *Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK*, 6(2), 1–5. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/24578/23803>
- Junardi, I. T., Rafdinal, R., & Linda, R. (2018). Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian di Kawasan Taman Wisata Gunung Poteng Singkawang Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 7(3), 118–126. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v7i3.29854>
- Kono, S., Tiopo, A. K., Pasingi, N., & Kadim, M. K. (2021). Kelimpahan dan Indeks Ekologis Perifiton di Sungai Bone Kabupaten Bone Bolango Gorontalo. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 5(3), 235-244. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2021.Vol.5.No.3.137>
- 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), 15-22. <https://doi.org/10.34312/jebj.v1i1.2042>
- Lestari, R. D. A., Apriansyah, A., & Safitri, I. (2020). Struktur Komunitas Mikroalga Epifit Berasosiasi pada *Padina* sp. di Perairan Desa Sepempang Kabupaten Natuna. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 40-47. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v3i2.37844>

- Meirinawati, H., & Fitriya, N. (2018). Pengaruh Konsentrasi Nutrien terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Halmahera-Maluku. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(3), 183–195. <https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i3.129>
- Paiki, K., & Kalor, J. D. (2017). Nitrate and Phosphate Distribution Related to Fitoplankton Abundance in East Yapen Coastal Water. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 1(2), 65–71. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2017.001.02.3>
- Patty, S. I. (2018). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(1), 54–60. <http://lipi.go.id/publikasi/21573>
- 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>
- 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>
- Sepriyaningsih, S., & Harmoko, H., (2020). Keanekaragaman Mikroalga Bacillariophyta di Sungai Mesat Kota Lubuklinggau. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 1-10. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1863>
- 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>
- Sulastris, 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>
- Sulastris, S. (2018). *Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan*. Jakarta: LIPI Press
- Widiyanti, W. E., Iskandar, Z., & Herawati, H. (2020). Distribusi Spasial Plankton di Sungai Cilalawi, Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Limnotek*, 27(2), 117–130. <http://dx.doi.org/10.14203/limnotek.v27i2.299>
- 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>