

Pemanfaatan Diatom sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Mangrove Muara Bajulmati, Kabupaten Malang

The Utilization of Diatoms as Water Quality Bioindicators of Mangrove at Bajulmati Estuary, Malang Regency

Mohammad Mahmudi^{1,2*}, Muhammad Musa^{1,2}, Naura Shofi Elradinan¹, Evellin Dewi Lusiana^{2,3}

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

²AquaRES Research Group, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

³Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang 65145, Indonesia

Korespondensi penulis*: mudi@ub.ac.id

Abstrak

Ekosistem mangrove adalah salah satu ekosistem di kawasan pesisir yang memiliki peran krusial bagi lingkungan. Pemantauan terhadap kondisi perairan mangrove sangat penting dilakukan guna menjaga keberlanjutannya. Salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk tujuan ini adalah diatom. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi diatom di berbagai habitat (akar, kolom air dan sedimen mangrove) dan memanfaatkan mikroorganisme ini sebagai agen bioindikator pencemaran di ekosistem mangrove Muara Bajulmati. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama Maret hingga April 2024 di tiga stasiun pengambilan sampel. Data yang dikumpulkan meliputi komposisi diatom dan hasil pengukuran parameter kualitas air fisika dan kimia. Analisis data yang digunakan adalah indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 15 – 17 genus yang teridentifikasi pada akar, kolom air, dan sedimen mangrove Muara Bajulmati. Kondisi perairan di lokasi penelitian juga mendukung pertumbuhan diatom secara optimal. Selain itu, berdasarkan nilai indeks biologi yang diperoleh, maka habitat kolom air dan stasiun pengambilan sampel pertama memiliki kondisi perairan yang terbaik di kawasan mangrove Muara Bajulmati.

Kata Kunci: indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, indeks dominansi, mikroalga, pesisir

Abstract

The mangrove ecosystem is one of the ecosystems in coastal areas that has a crucial role for the environment. Monitoring the condition of mangrove waters is very important to maintain their sustainability. One bioindicator that can be used for this purpose is diatoms. This research aims to analyze the composition of diatoms in various habitats (roots, water column and mangrove sediment) and utilize these microorganisms as a bioindicator agents for pollution in the Bajulmati estuary mangrove ecosystem. Research activities were carried out from March to April 2024 at three sampling stations. The data collected includes diatom composition and measurement results of physical and chemical water quality parameters. The data analysis used is the diversity index, uniformity index and dominance index. The research results showed that there were 15 - 17 genera identified in the roots, water column and sediments of the Bajulmati estuary mangroves. Water conditions at the research location also support optimal diatom growth. In addition, based on the biological index values obtained, the water column habitat

Received: 8 October 2024

Accepted: 21 October 2024

Published: 28 October 2024

and the first sampling station have the best water conditions in the Muara Bajulmati mangrove area.

Keywords: diversity index, uniformity index and dominance index, microalgae, coastal area

PENDAHULUAN

Mangrove adalah ekosistem yang terdapat di daerah pesisir dan memiliki karakteristik selalu tergenang air laut, dipengaruhi pasang surut air laut, dan tidak terpengaruhi oleh iklim sehingga memiliki manfaat besar bagi ekosistem-ekosistem lainnya (Hossain and Nuruddin, 2016). Ekosistem ini menjadi salah satu mata rantai ekologis, memiliki produktivitas dan penguraian bahan organik yang tinggi. Serasah yang terdapat di ekosistem mangrove akan diurai melalui proses dekomposisi. Hasil dari dekomposisi ini akan dimanfaatkan oleh mangrove dan sebagian lainnya akan menjadi bahan organik untuk ekosistem di sekitarnya. Hasil dekomposisi yang belum sempurna akan dimanfaatkan oleh organisme air di sekitar mangrove, sedangkan hasil dekomposisi yang sempurna akan membentuk zat hara yang digunakan oleh mikroalga. Kondisi ini dapat memperbesar produktivitas primer perairan di sekitarnya (Wibowo et al., 2004).

Mikroalga adalah mikroorganisme autotrof yang dapat ditemukan di ekosistem perairan, tidak terkecuali di ekosistem mangrove. Diatom merupakan salah satu jenis mikroalga yang berasal dari kelas Bacillariophyceae yang memiliki dinding sel terbuat dari silika. Menurut Armanda (2013) sekitar 20–25% produktivitas primer biomassa di bumi ini dihasilkan oleh diatom. Hal tersebut menunjukkan bahwa peran besar diatom bagi ekosistem. Selain itu, diatom umumnya digunakan sebagai indikator tingkat kualitas perairan. Kelebihannya terhadap beberapa kondisi lingkungan yang berbeda, kekayaan jenisnya, dan kecepatannya dalam merespon perubahan karakteristik fisika dan kimia badan perairan membuat jenis mikroalga ini dapat digunakan sebagai indikator kualitas air. Menurut Nurbaya (2023), diatom (Bacillariophyceae) mempunyai tingkat toleransi yang tinggi terhadap faktor-faktor lingkungan, seperti pH, temperatur, oksigen terlarut, dan suhu. Namun, pada faktor-faktor spesifik diatom memiliki tingkat toleransi tertentu, seperti terhadap ketersediaan hara, gas terlarut, bahan pencemar, serta tipe substrat. Hal ini menjadikan diatom dapat digunakan sebagai indikator kualitas air.

Salah satu wilayah ekosistem mangrove terdapat di Muara Sungai Bajulmati, Kabupaten Malang. Luas total mangrove yang berada di kawasan ekowisata sepanjang Sungai Bajulmati hingga muara Sungai Bajulmati adalah $\pm 3,3$ ha. Selain itu, Sungai Bajulmati merupakan sungai yang memiliki 4 anak sungai, yaitu Sungai Kedungbanteng yang berada di daerah Kecamatan

Dampit dekat dengan kaki Gunung Semeru, Sungai Penguluran yang berada di Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Sungai Bambang yang berada di Kecamatan Gedangan, dan Sungai Bangkong yang berada di Kecamatan Gajahreji. Wilayah di sekitar aliran sungai-sungai ini banyak dimanfaatkan untuk kegiatan domestik, pertanian, dan ekowisata. Hal ini menimbulkan ancaman bagi kualitas perairan di ekosistem mangrove Muara Bajulmati. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk menganalisis distribusi diatom dan memanfaatkan mikroorganisme ini sebagai agen bioindikator pencemaran di ekosistem mangrove Muara Bajulmati. Hal ini penting sebagai upaya monitoring keberlanjutan ekosistem mangrove di kawasan tersebut.

MATERI DAN METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di kawasan Mangrove Muara Bajulmati, Kabupaten Malang, Jawa Timur pada Maret – April 2024. Terdapat tiga stasiun pengambilan sampel sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pada ketiga stasiun pengambilan sampel tersebut dapat dijumpai kawasan mangrove. Lingkungan di sekitar stasiun 1 dan 3 dimanfaatkan sebagai ekowisata. Dibandingkan Stasiun 3, kondisi di Stasiun 1 lebih banyak dijumpai sampah-sampah. Selain itu, kawasan di Stasiun 2 banyak digunakan sebagai pemukiman masyarakat, perkebunan, dan tambak udang.

Prosedur Pengambilan Sampel

Sampel mikroalga diatom dikumpulkan dari akar, kolom air, dan sedimen mangrove dengan menggunakan teknik transek berukuran 5 x 5 cm (Arsad, 2021). Selain itu, sampel dari kolom air diperoleh pada saat air pasang dengan menggunakan jaring plankton berukuran mesh 25 µm untuk setiap 25 L air (SNI 03-4717-1998, dimodifikasi). Sampel yang telah disaring kemudian dipindahkan ke dalam botol sampel berukuran 30 ml dan diawetkan dengan 2-3 tetes larutan Lugol 1%. Pengambilan sampel mikroalga dan pengukuran parameter kualitas air dilakukan dua kali, dengan interval dua minggu antara setiap sesi.

Parameter kualitas air diukur baik secara in-situ maupun ex-situ. Pengukuran in-situ meliputi suhu (⁰C, DO meter model PDO-520), kecerahan (cm, Secchi disk), kecepatan arus (m/s, manual current meter), pH (pH meter 5 in 1 EZ-9909A), salinitas (ppt, Refraktometer 2 in 1 Brix 0–32% Salt 0–28%), oksigen terlarut (mg/L, DO meter model PDO-520). Pengukuran ex-situ meliputi nitrat (mg/L, Spektrofotometer Genesys 10 UV-Vis) dan ortofosfat (mg/L, Spektrofotometer Genesys 10 UV-Vis) di Laboratorium Perikanan Air Tawar dan Laboratorium Hidrobiologi, Universitas Brawijaya, Malang.



Gambar 1. Peta lokasi dan pengambilan sampel penelitian

Identifikasi dan Perhitungan Kelimpahan Diatom

Sampel mikroalga diamati secara morfologi menggunakan mikroskop cahaya Olympus CX21 pada perbesaran x400. Identifikasi diatom mengacu pada (Beranda et al., 2020), sedangkan kelimpahan diatom epifit dan epipelik dihitung berdasarkan APHA (2012) dan diatom planktonik merujuk pada rumus Lackey Drop Macrotransect Counting (LDMC) dari APHA (1992).

Analisis Data: Indeks Biologi

Penilaian terhadap kondisi kualitas air di ekosistem perairan dapat memanfaatkan indeks-indeks kualitas air berbasis keanekaragaman hayati seperti Indeks Shannon-Weaver (H') (Baliton et al., 2020), indeks keseragaman (E) (Shannon and Weaver, 1949), dan indeks dominansi Simpson (D) (Arazi, 2019). Skor indeks Shannon-Weaver sebesar 3-4 tergolong tercemar ringan, 2-3 tergolong tercemar ringan, 1-2 tergolong tercemar sedang, dan <1 tergolong tercemar berat. Adapun skor indeks keseragaman mendekati 1 atau >0.5 menunjukkan keseragaman organisme dalam keadaan yang seimbang serta tidak terdapat persaingan baik terhadap tempat maupun makanan tertentu. Sebaliknya jika indeks keseragaman mendekati 0 atau <0.5 menunjukkan keseragaman organisme pada perairan tidak

seimbang dan telah terjadi persaingan makanan. Terakhir, nilai indeks dominansi mendekati 0 artinya tidak ada jenis yang mendominasi, sedangkan jika mendekati 1 artinya terdapat jenis yang mendominasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kualitas Air

Hasil pengukuran kualitas air pada Mangrove Muara Bajulmati dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan **Tabel 1** dapat diketahui bahwa suhu tertinggi diperoleh pada stasiun 1 sebesar 30°C. Hal ini dikarenakan waktu pengukuran dilakukan pada siang hari dan stasiun 1 merupakan daerah pesisir sehingga memiliki suhu yang lebih tinggi. Nilai suhu yang diperoleh dalam penelitian ini dikatakan sudah optimal untuk pertumbuhan diatom yang berkisar 25–35°C (Maulana et al., 2017). Hasil pengukuran kecerahan yang diperoleh pada ketiga stasiun berkisar 45,9–51,2 cm. Nilai kecerahan tertinggi diperoleh pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 2. Perbedaan ini disebabkan karena tekstur sedimen pada stasiun 1 berupa pasir halus sedikit berlumpur, sedangkan pada stasiun 2 berupa pasir halus dominan berlumpur. Tekstur sedimen pasir halus dominan lumpur menyebabkan kekeruhan di perairan. Menurut Gurning et al. (2020), nilai kecerahan yang baik untuk keberlangsungan organisme di suatu perairan yaitu > 45 cm, sehingga kondisi di lokasi penelitian bersifat optimal bagi pertumbuhan diatom.

Di sisi lain, hasil pengukuran kecepatan arus yang didapatkan dalam penelitian ini semakin menurun dari stasiun 3 sampai stasiun 1. Hal ini dikarenakan stasiun 1 terletak di muara sungai dan tergapat mangrove yang cukup banyak sehingga dapat memperlambat kecepatan arus. Akar mangrove dapat digunakan untuk menahan air dan mengurangi kecepatan arus saat air mengalir melalui daerah tersebut. Menurut Ulhaq et al., (2024), akar yang terdapat pada mangrove berfungsi dalam meredam pengaruh arus dan gelombang. Menurut Rambe et al. (2020), tingginya kelimpahan diatom didukung oleh arus yang lebih tenang. Selain itu, nilai oksigen terlarut dari stasiun 3 sampai 1 cenderung mengalami kenaikan. Oksigen terlarut dipengaruhi oleh diatom karena diatom melakukan kegiatan fotosintesis dengan menggunakan karbon dioksida diubah menjadi glukosa dan oksigen sehingga menyebabkan oksigen terlarut menjadi meningkat, sedangkan saat respirasi diatom memerlukan oksigen dan melepaskan karbon dioksida sehingga menyebabkan penurunan oksigen terlarut (Riffiani, 2010).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Suhu (°C)	30 ± 2.33	29.5 ± 2.19	29.8 ± 2.54
Kecerahan (cm)	51.2 ± 4.21	45.9 ± 3.97	48.7 ± 3.88
Arus (m/s)	0.8 ± 0.03	1.2 ± 0.03	1.2 ± 0.02
pH	8.1 ± 0.02	7.9 ± 0.02	7.9 ± 0.02
Oksigen Terlarut (mg/L)	8.3 ± 0.02	8.2 ± 0.02	8.1 ± 0.02
Salinitas (ppt)	20 ± 3.56	12.5 ± 3.25	7 ± 3.02
Nitrat (mg/L)	2.41 ± 0.54	2.31 ± 0.43	2.39 ± 0.39
Ortofosfat (mg/L)	0.48 ± 0.04	0.46 ± 0.03	0.52 ± 0.03

Kisaran nilai salinitas yang di toleransi oleh diatom antara 15 – 34 ppt, sedangkan pertumbuhan optimalnya berkisar 25– 29 ppt (Sanjaya and Danakusumah, 2018). Dengan demikian, nilai salinitas di stasiun 3 khususnya kurang ideal bagi pertumbuhan diatom. Hal ini dikarenakan, stasiun 3 terdapat di bagian hilir sungai yang sudah mulai memasuki bagian tengah sungai sehingga sudah tidak terlalu di pengaruhi salinitas air laut. Di samping itu Menurut Nuraya and Sari (2023), kisaran nilai nitrat dan ortofosfat yang di toleransi oleh diatom masing-masing adalah 0,9 – 3,5 mg/L dan 0,27–5,5 mg/L. Dengan demikian, hasil pengukuran nitrat dan ortofosfat di Mangrove Muara Bajulmati masih mendukung untuk pertumbuhan diatom. Nitrat dan Ortofosfat tergolong ke dalam senyawa yang menjadi nutrient bagi perairan. Mangrove memiliki kemampuan yang unik dalam menyerap dan menyimpan nutrien untuk pertumbuhannya. Nutrien sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan organisme akuatik karena berperan dalam pembentukan jaringan sel serta dalam proses fotosintesis (Kalor and Paiki, 2017).

Komposisi Diatom di Mangrove Muara Bajulmati

Komposisi Diatom berdasarkan hasil identifikasi dan kelimpahan Diatom di Mangrove Muara Bajulmati pada akar, kolom air, dan sedimen ditunjukkan pada **Gambar 2**. Berdasarkan **Gambar 2** dapat diketahui bahwa pada habitat akar, genus diatom yang ditemukan sebanyak 17 yang terdiri dari 5 ordo Centrales dan 12 ordo Pennales, dengan persentasi tertinggi adalah genus Melosira. Genus Melosira merupakan genus yang dikenal mampu beradaptasi dengan baik terhadap perubahan dan kondisi lingkungan serta memiliki produktifitas yang tinggi sehingga mempengaruhi komposisi genus tersebut (Effendy et al., 2017). Selain itu, jenis ini juga mampu beradaptasi dan tersebar luas di perairan tawar dan laut. Kecepatan arus yang

rendah akan meningkatkan komposisi genus *Melosira* yang menempel dan sebaliknya. Mukus yang dihasilkan oleh genus *Melosira* berupa lendir yang digunakan sebagai perekat, alat penggerak di permukaan substrat, dan membantu untuk tetap berkoloni agar tetap stabil di lingkungan yang berarus deras (Anhar et al., 2023).

Di sisi lain, genus diatom yang ditemukan pada habitat kolom air sebanyak 15 genus yang terdiri dari 7 ordo Centrales dan 8 ordo Pennales. Genus yang memiliki komposisi tertinggi di habitat kolom air adalah *Cyclotella*. Genus ini merupakan salah satu genus diatom planktonik yang kosmopolitan dan dapat hidup di berbagai lingkungan perairan, seperti air laut, tawar, dan payau. Genus *Cyclotella* adalah diatom yang umumnya ditemukan di seluruh dunia dan tersebar luas di lingkungan perairan (Harmoko and Sepriyaningsih, 2017). Tingginya nilai komposisi genus *Cyclotella* pada stasiun 1 sampai stasiun 3 didukung dari kondisi kualitas air yang baik, salah satunya adalah salinitas. genus *Cyclotella* merupakan genus yang bersifat euryhaline yang memiliki nilai salinitas yang luas. Kadar salinitas yang didapatkan dari stasiun 1 sampai stasiun 3 berkisar 6–25 ppt sehingga kadar salinitas ini merupakan kadar yang ditoleransi bagi pertumbuhan *Cyclotella* (Håkansson and Chepurnov, 1999).

Pada habitat sedimen ditemukan sebanyak 17 genus yang terdiri dari 3 ordo Centrales dan 14 Pennales. Komposisi tertinggi pada habitat sedimen, yaitu genus *Navicula*. Tingginya genus ini pada habitat sedimen karena kemampuannya dalam mengendap dengan daya adaptasi pada rentang toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungannya karena genus *Navicula* memiliki tangkai berlendir yang berfungsi sebagai alat untuk menempel di substrat sehingga dapat hidup dengan perairan yang berarus kuat. Genus *Navicula* merupakan genus yang bersifat toleran terhadap pencemaran bahan organik (Biggs and Kilroy, 2000). Faktor yang menyebabkan *Navicula* dapat tersebar luas dan sangat toleran dengan sekitarnya karena mikroorganisme ini memiliki tangkai berlendir. Selain itu, *Navicula* memiliki sifat mengendap di dasar perairan dan mudah beradaptasi sehingga dapat meningkatkan produksi biomassa yang tinggi (Chen, 2007).



Gambar 2. Komposisi Diatom di habitat (a) Akar; (b) Kolom Air; (c) Sedimen

Status Indeks Biologi Diatom

Tabel 2 berikut menunjukkan hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Waever (H'), indeks keseragaman (E), dan indeks dominansi Simpson (D) dari organisme diatom yang ada di lokasi penelitian. Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa indeks keanekaragaman (H') dan keseragaman (E) tertinggi ditemui pada habitat kolom air di stasiun 3, sedangkan indeks dominansi (D) terendah pada habitat kolom air stasiun 1 dan sedimen stasiun 3. Dengan demikian, secara umum dapat dikatakan bahwa habitat kolom air memiliki kondisi kualitas air yang lebih baik dibandingkan habitat lainnya.

Tabel 2. Indeks Biologi Diatom di Mangrove Muara Bajulmati

Habitat	Stasiun	H'	E	D
Kolom Air	1	2.3	0.85	0.14
	2	2.11	0.85	0.2
	3	2.21	0.88	0.19
Sedimen	1	1.59	0.58	0.32
	2	1.9	0.69	0.23
	3	2.17	0.84	0.14
Akar	1	1.84	0.68	0.24
	2	1.7	0.6	0.3
	3	1.97	0.74	0.22

Secara khusus, stasiun 1 dapat dipandang sebagai stasiun yang memiliki indeks biologi diatom terbaik karena stasiun 1 menerima langsung limpasan dari aktivitas antropogenik yang menyebabkan nutrien, seperti nitrat dan ortofosfat menjadi melimpah sehingga genus diatom memiliki kesempatan untuk tumbuh lebih cepat. Nitrat adalah nutrisi utama yang di perlukan diatom untuk tumbuh dan berkembang dengan optimal karena kadar nitrat pada tingkat tertentu akan menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan diatom (Hidayat et al., 2019).

KESIMPULAN

Keberadaan dan peran penting ekosistem mangrove perlu dipelihara dan dipantau secara berkala untuk menjaga keberlanjutannya. Salah satu agen bioindikator yang dapat dimanfaatkan untuk menilai kondisi kualitas perairan di kawasan mangrove adalah diatom. Hasil penelitian di mangrove Muara Bajulmati menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di wilayah tersebut sudah cukup optimal dalam mendukung pertumbuhan diatom. Selain itu, terdapat sekitar 15-17 genus diatom yang teridentifikasi pada habitat akar, kolom air, dan

sedimen mangrove yang berasal dari ordo Centrales dan Pennales. Berdasarkan indeks biologi yang digunakan, Stasiun 1 pada kolom air memiliki nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman yang tinggi, serta indeks dominansi yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun ini merupakan habitat yang memiliki kualitas air terbaik di mangrove Muara Bajulmati. Dengan demikian, organisme Diatom dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan. Rekomendasi dari hasil penelitian ini adalah perlunya pengendalian dan manajemen kegiatan antropogenik di sekitar kawasan mangrove Muara Bajulmati, karena hal ini sangat mempengaruhi input nutrient yang berdampak pada kelimpahan dan komposisi diatom di kawasan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas bantuan dana Hibah Penelitian Dosen FPIK UB Tahun 2024 dengan Nomor Kontrak: 4006/UN10.F06/KS/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar, V., Asra, R., Suprayogi, D., 2023. Keanekaragaman dan Kelimpahan Fitoplankton di Rawa Bendo, Kerinci sebagai Bioindikator Kualitas Perairan. *Biospecies* 16, 29–38. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v16i1.20229>
- APHA, 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA.
- APHA, 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edition. ed. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington DC, US.
- Arazi, R., 2019. Struktur Komunitas dan Kelimpahan Fitoplankton serta Keterkaitannya dengan Parameter Fisika Kimia di Perairan Pesisir Banyuasin Kabupaten Banyuasin, *Jurnal Penelitian Sains*.
- Armanda, T.D., 2013. Pertumbuhan Kultur Mikroalga Diatom *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve Isolat Jepara Pada Medium F/2 Dan Medium Conway. *BIOMA: Jurnal Ilmiah Biologi*, 2(1) 2, 49–63.
- Arsad, S., 2021. Distribusi mikroalga di perairan Indonesia. UB Press.
- Baliton, R.S., Landicho, L.D., Cabahug, R.E.D., Paelmo, R.F., Laruan, K.A., Rodriguez, R.S., Visco, R.G., Castillo, A.K.A., 2020. Ecological services of agroforestry systems in selected upland farming communities in the Philippines. *Biodiversitas* 21, 707–717. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210237>
- Beranda, O.O., Amin, B., Siregar, S.H., 2020. The Relationship Of Nitrate And Phosphate With Abundance Of Epipelagic In The Waters Of Sungaitohor Village, Regency Of Meranti Islands, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences* 3. <https://doi.org/10.31258/ajoas.3.3.225-235>
- Biggs, B., Kilroy, C., 2000. Stream periphyton monitoring manual. New Zealand Ministry for the Environment/NIWA.

- Chen, Y.-C., 2007. Immobilization of twelve benthic diatom species for long-term storage and as feed post-larval abalone *Haliotis diversicolor*. *Aquaculture* 263, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.008>
- Effendy, I.J., Balubi, A.M., Kurnia, A., Program Studi Budidaya Perairan, M., Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo Jl HEA Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Kendari, D., 2017. Identifikasi dan Kultur Jenis Diatom Epifit dari Waring Keramba Budidaya Abalon. *Media Akuatika* 2, 377–389.
- Gurning, L., Nuraini, R., Suryono, S., 2020. Kelimpahan Fitoplankton Penyebab Harmful Algal Bloom di Perairan Desa Bedono, Demak. *J Mar Res* 9, 251–260. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>
- Håkansson, H., Chepurnov, V., 1999. A Study Of Variation In Valve Morphology Of The Diatom *Cyclotella meneghiniana* In Monoclonal Cultures: Effect Of Auxospore Formation And Different Salinity Conditions. *Diatom Research* 14, 251–272. <https://doi.org/10.1080/0269249X.1999.9705469>
- Harmoko, H., Sepriyaningsih, S., 2017. Keanekaragaman Mikroalga Di Sungai Kati Kota Lubuklinggau. *Scripta Biologica* 4, 201. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.3.452>
- Hidayat, R., Nedi, S., Nurachmi, I., 2019. Analysis Concentration Of Nitrate, Phosphate, Silicate And Relationship With Diatom Abundance In Waters Tanjung Tiram Districts Batu Bara Regency Of North Sumatera Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences* 2, 1–11. <https://doi.org/10.31258/ajoas.2.1.1-11>
- Hossain, M.D., Nuruddin, A.A., 2016. Soil and mangrove: A review. *Journal of Environmental Science and Technology* 9, 198–207. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.198.207>
- Kalor, J.D., Paiki, K., 2017. Nitrate and Phosphate Distribution Related to Fitoplankton Abundance in East Yapan Coastal Water. *Journal of Fisheries and Marine Research* 1, 65–71. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2017.001.02.3>
- Maulana, M.P., Karina, S., Mellisa, S., 2017. Pemanfaatan Fermentasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Em4 Sebagai Alternatif Nutrisi Bagi Mikroalga *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* 2, 104–112.
- Nuraya, T., Sari, D.W., 2023. Pengaruh Kandungan Nitrat dan Fosfat terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sungai Bakau Besar Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa* 6, 158. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i3.60323>
- Nurbaya, T.S., 2023. Struktur Komunitas Diatom di Perairan Pantai Cemara Kabupaten Lombok Barat sebagai Dasar Penyusunan Modul Sistematis Cryptogamae. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan* 3, 98–125. <https://doi.org/10.36312/panthera.v3i2.168>
- Rambe, S., Nurachmi, I., Nedi, S., 2020. Contents Of Nitrates, Phosphates, Silicates And Mistakes Diatoms (Epiphytic) In Seagrasses (*Thalassia hemprichii*) Waters Nirwana Beach Kecamatan Teluk Nibung Kota Padang Sumatera Barat Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences* 2, 39–48. <https://doi.org/10.31258/ajoas.2.1.39-48>
- Riffiani, R., 2010. Penggunaan Mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* Chick Amobil Untuk Meningkatkan Kualitas Air Dalam Akuakultur.
- Sanjaya, F., Danakusumah, E., 2018. Evaluasi Kerja Pertumbuhan Diatom (*Thalassiosira* sp.) Yang Diberi Dosis Silikat. *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari* 3, 82–93. <https://doi.org/10.53676/jism.v3i2.46>
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory Of Communication*.
- Ulhaq, Z., Ningsih, A., Inggarnasih, N., Karlina, L., 2024. Penanaman Pohon Mangrove Sebagai Aksi Meminimalisir Terjadinya Banjir Dan Mengembalikan Ekosistem Laut Di

Desa Pemenang Barat Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara. *Abdimas Awang Long* 7, 7–11. <https://doi.org/10.56301/awal.v7i1.1132>

Wibowo, E., Yudiati, E., Suryono, S., Retnowati, T., 2004. Kandungan Klorofil-a pada Diatome Epipelik di Sedimen Ekosistem Mangrove. *Ilmu Kelaut* 9, 125–129.