

Community Structure of Phytoplankton as Bioindicators of Water Quality in Kuwang Wae Coastal Waters, East Lombok, Indonesia

Baiq Maria Ulfa*, Karnan, Lalu Japa

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : July 05th, 2026

Revised : July 16th, 2026

Accepted : July 22th, 2026

*Corresponding Author:

Lalu Japa, Biologi Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, West Nusa Tenggara, Indonesia;

Email: ljapa@unram.ac.id

Abstract: Phytoplankton play a crucial role as a primary producer in aquatic ecosystems and can be used as a bioindicator to assess water quality. Aquaculture activities in coastal areas have the potential to alter the phytoplankton community structure through changes in the physical, chemical, and biological characteristics of the aquatic environment. This study aimed to analyze the composition, abundance, community structure, and role of phytoplankton as a bioindicator of water quality in Kuwang Wae Coastal Waters, East Lombok Regency. A descriptive-exploratory method with purposive sampling was employed at three observation stations, namely the pond outlet, transition zone, and reference area. The observed parameters included species composition, abundance, diversity index, evenness index, dominance index, importance value, and water quality parameters. The research identified 72 species of phytoplankton belonging to five divisions: Chrysophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, and Euglenophyta. The species with the highest importance values were *Gonyaulax spinifera*, *Bacteriastrum biconicum*, *Melosira* sp., *Chaetoceros brevis*, and *Bacteriastrum elongatum*. The average phytoplankton abundance was 1,614 ind/L, with variations among observation stations. The species diversity index ranged from 2.318 to 2.813, the species evenness index from 0.686 to 0.709, and the species dominance index from 0.130 to 0.174. Water quality of Kuwang Wae Beach is still in relatively good, stable condition, and has not experienced significant ecological pressures. The results of this study are expected to provide baseline information for sustainable management, conservation, and monitoring of coastal water quality.

Keywords: Bioindicator; Coastal ecology; Community structure; East Lombok; Phytoplankton.

Pendahuluan

Ekosistem pesisir merupakan wilayah transisi darat-laut yang memiliki produktivitas primer tinggi dan menopang berbagai fungsi ekologis, termasuk penyediaan habitat, daerah asuhan, daerah pemijahan, serta sumber energi bagi jejaring makanan. Produktivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh interaksi antara hidrodinamika, ketersediaan cahaya, unsur hara, dan komunitas produsen primer. Fitoplankton merupakan komponen utama produsen primer di kolom air dan memberikan kontribusi besar terhadap fiksasi karbon serta produksi oksigen

global (Christopher *et al.*, 1998). Karena memiliki waktu generasi yang singkat dan respons yang cepat terhadap perubahan lingkungan, struktur komunitas fitoplankton banyak digunakan sebagai bioindikator untuk mengevaluasi kondisi ekologis perairan.

Perairan pesisir yang berdekatan dengan kawasan budidaya tambak udang berpotensi menerima masukan bahan organik dan nutrisi yang berasal dari sisa pakan, feses, serta hasil metabolisme organisme budidaya melalui saluran pembuangan (*outlet*) tambak. Besarnya masukan nutrisi dipengaruhi oleh intensitas budidaya, frekuensi pergantian air, serta sistem

pengelolaan limbah yang diterapkan. Pada tingkat tertentu, nutrisi dapat meningkatkan produktivitas primer, tetapi pengayaan yang berlebihan berpotensi memicu eutrofikasi, perubahan struktur komunitas fitoplankton, penurunan oksigen terlarut, serta meningkatkan risiko terjadinya *harmful algal blooms* (HABs) (Heisler *et al.*, 2017; Paena *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kawasan pesisir yang menerima limpasan tambak merupakan lokasi yang relevan untuk mengkaji respons komunitas fitoplankton terhadap tekanan antropogenik.

Penggunaan fitoplankton sebagai bioindikator didasarkan pada keterkaitan yang erat antara komposisi komunitas dengan kondisi fisika-kimia perairan. Kelimpahan menggambarkan besarnya populasi pada saat pengamatan, sedangkan indeks keanekaragaman, kemerataan, dan dominansi memberikan informasi mengenai distribusi individu serta tingkat kestabilan komunitas. Namun demikian, interpretasi indeks ekologi perlu dipadukan dengan parameter lingkungan karena nilai indeks yang sama dapat terbentuk melalui proses ekologis yang berbeda. Oleh sebab itu, evaluasi kondisi perairan sebaiknya dilakukan secara terpadu menggunakan indikator biologis dan parameter kualitas air (Bellinger & Sigeo, 2015; Borics *et al.*, 2021)).

Kajian fitoplankton di beberapa perairan Pulau Lombok menunjukkan bahwa variasi komposisi spesies dan struktur komunitas berkaitan erat dengan karakteristik habitat serta tingkat tekanan antropogenik. Penelitian di Kawasan Ekonomi Khusus Mandalika, Pantai Klui, dan Gili Trawangan menunjukkan bahwa fitoplankton dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai kualitas lingkungan pesisir (Japa *et al.*, 2022; Hadi *et al.*, 2023; Apriani *et al.*, 2023). Namun, hingga saat ini informasi mengenai struktur komunitas fitoplankton di Pantai Kuwang Wae, Kabupaten Lombok Timur, masih sangat terbatas. Pantai ini dipilih sebagai lokasi penelitian karena pada salah satu bagian pesisirnya terdapat kawasan budidaya tambak udang yang membuang air melalui saluran *outlet* ke perairan pantai, sehingga berpotensi memengaruhi kondisi ekologis di sekitarnya. Belum tersedianya data dasar mengenai komunitas fitoplankton pada kawasan tersebut menyulitkan evaluasi dampak aktivitas budidaya maupun penyusunan program

pemantauan kualitas lingkungan secara berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini didasarkan pada dugaan bahwa komunitas fitoplankton pada zona yang berdekatan dengan *outlet* tambak akan memiliki kelimpahan yang lebih tinggi akibat pengayaan nutrisi, tetapi menunjukkan keanekaragaman dan kemerataan yang lebih rendah dibandingkan zona yang lebih jauh dari pengaruh tambak. Pergeseran tersebut diperkirakan terjadi karena meningkatnya dominansi spesies oportunistik yang mampu beradaptasi pada kondisi perairan dengan kandungan nutrisi tinggi.

Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi spesies, kelimpahan, indeks keanekaragaman, kemerataan, dominansi, dan nilai penting fitoplankton pada tiga zona pengamatan di Pantai Kuwang Wae, serta menginterpretasikan hasilnya bersama parameter suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut. Kebaruan penelitian ini terletak pada penyediaan data dasar mengenai struktur komunitas fitoplankton pada gradien spasial yang merepresentasikan pengaruh aktivitas budidaya tambak terhadap perairan pesisir di Pantai Kuwang Wae. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi pemantauan kualitas perairan secara berkala serta mendukung pengelolaan ekosistem pesisir berbasis indikator biologis.

Bahan dan Metode

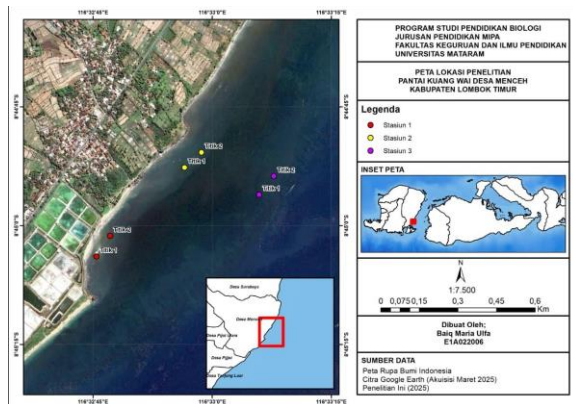
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tahun 2026 di perairan Pantai Kuwang Wae, Desa Menceh, Kecamatan Sakra Timur, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. Lokasi dipilih karena berdekatan dengan aktivitas budidaya tambak udang. Tiga stasiun ditentukan secara purposif untuk mewakili gradien dugaan pengaruh aktivitas tambak, yaitu *outlet* tambak, zona transisi, dan area referensi. Setiap stasiun terdiri atas dua titik pengambilan sampel sehingga terdapat enam titik pengamatan. Posisi stasiun disajikan pada **Gambar 1**.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh komunitas fitoplankton yang terdapat di perairan Pantai Kuwang Wae. Sampel penelitian berupa fitoplankton yang diperoleh dari tiga

stasiun pengamatan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan karakteristik lokasi dan tingkat pengaruh aktivitas tambak. Dapat dilihat pada Gambar 1 setiap stasiun terdiri atas dua titik pengambilan sampel sehingga diperoleh enam titik pengamatan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengukuran Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan diukur secara *in situ* pada setiap titik pengamatan. Parameter yang diamati meliputi suhu, derajat keasaman (pH), salinitas, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*). Data parameter lingkungan digunakan sebagai data pendukung dalam menginterpretasikan struktur komunitas fitoplankton sebagai bioindikator kualitas perairan Pantai Kuwang Wae.

Prosedur Pengambilan Sampel

Sampel fitoplankton dikoleksi menggunakan plankton net berukuran 20 μm . Air sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam botol sampel berkapasitas 50 mL, kemudian diawetkan menggunakan konsentrasi pengawetan formalin 4%. Selanjutnya, sampel diidentifikasi di Laboratorium Biologi FKIP Universitas Mataram menggunakan mikroskop trinokuler (BioBlue.Lab) pada perbesaran 10x10, 10x20, dan 10x40 berdasarkan karakter morfologi dengan mengacu pada (Yamaji, 1986), (Thomas, 1997), (Bellinger & Sigee, 2015), dan (Barsanti & Gualtieri, 2014).

Analisis Data

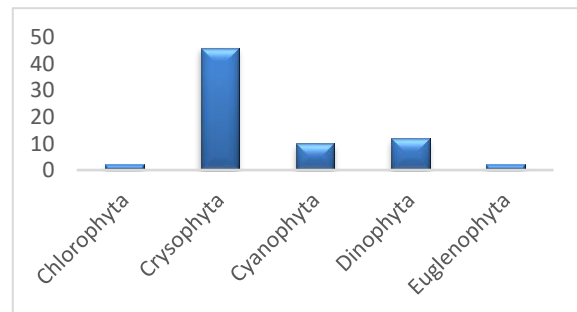
Data hasil identifikasi dianalisis untuk menentukan komposisi spesies, kelimpahan fitoplankton, indeks keanekaragaman spesies (H'), indeks kemerataan spesies (E), indeks

dominansi spesies (D), dan Nilai Penting (NP). Data parameter lingkungan dianalisis secara deskriptif, kemudian dihubungkan dengan struktur komunitas fitoplankton untuk mengevaluasi kondisi kualitas perairan Pantai Kuwang Wae sebagai bioindikator.

Hasil dan Pembahasan

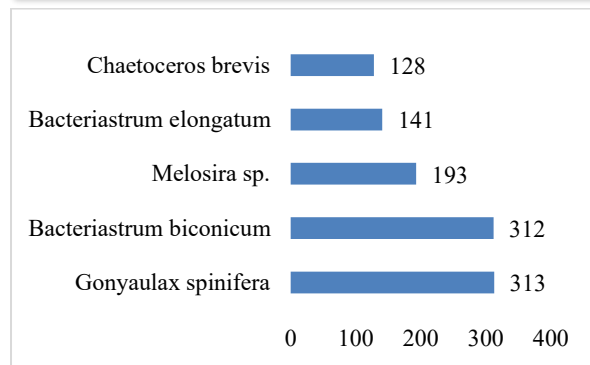
Komposisi Spesies Fitoplankton

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa kelompok fitoplankton mencakup 72 spesies yang tersebar di 5 divisi: Chrysophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, dan Euglenophyta, dengan kelimpahan rata-rata 1.614 individu per liter. Gambar 3 menunjukkan lima spesies yang memiliki nilai kepentingan (NP) tertinggi. Spesies yang memiliki nilai penting tertinggi meliputi *Gonyaulax spinifera*, *Bacteriastrum biconicum*, *Melosira* sp., *Chaetoceros brevis*, dan *Bacteriastrum elongatum*. Tingginya jumlah spesies yang ditemukan menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton mampu berkembang pada berbagai kondisi habitat di kawasan pesisir Pantai Kuwang Wae.



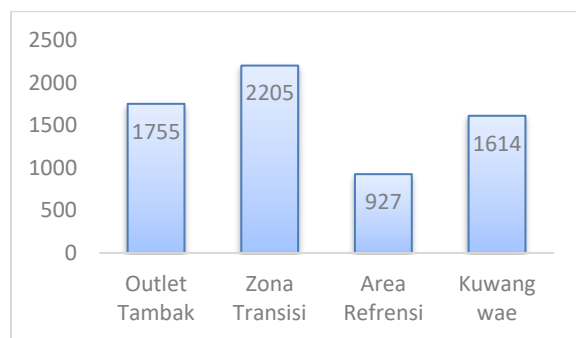
Gambar 2. Komposisi spesies fitoplankton berdasarkan divisi di perairan Pantai Kuwang Wae.

Keberagaman komposisi tersebut mencerminkan bahwa fitoplankton memberikan respons terhadap kondisi lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai bioindikator dalam menilai kualitas suatu perairan (Bellinger & Sigee, 2015; Rosada & Sunardi, 2021). Perbandingan komposisi spesies fitoplankton antar divisi yang ditemukan di perairan Pantai Kuwang Wae disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 3. Nilai penting (NP) lima spesies fitoplankton dominan

Rerata kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Kuwang Wae sebesar 1.614 ind/L dengan variasi kelimpahan antarstasiun pengamatan. Kelimpahan spesies fitoplankton di Perairan Pantai Kuwang wae disajikan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Kelimpahan fitoplankton pada setiap stasiun pengamatan di perairan Pantai Kuwang Wae.

Jumlah fitoplankton bervariasi dari 927,5 hingga 2.205 individu per liter. Jumlah terbesar tercatat di Zona Transisi sebesar 2.205 individu per liter, diikuti oleh Muara Kolam sebesar 1.755 individu per liter, sedangkan jumlah terendah tercatat di Area Referensi sebesar 927,5 individu per liter. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Japa *et al.*, (2022) di perairan pesisir sekitar Pulau Lombok, kelimpahan fitoplankton yang diamati di Pantai Kuwang Wae menunjukkan tren yang cukup serupa, di mana perbedaan kelimpahan di setiap lokasi dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Namun, nilai yang ditemukan dalam penelitian ini lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh Umami *et al.*, (2018) di daerah pesisir dengan ketersediaan nutrisi yang lebih rendah. Pengukuran suhu yang diambil sebagai indikator fisik di perairan Pantai Kuwang Wae berkisar

antara 31 °C hingga 34 °C, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Suhu ini masih sesuai untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton. Menurut Nurmalitasari & Sudarsono (2023), kisaran suhu terbaik bagi fitoplankton untuk melakukan fotosintesis adalah antara 20°F dan 40°F. Sebuah studi oleh Samudera *et al.*, (2021), menunjukkan korelasi positif antara kelimpahan fitoplankton dan aspek lingkungan seperti suhu.

Tingginya kelimpahan fitoplankton pada zona transisi diduga berkaitan dengan proses pencampuran massa air yang berasal dari kawasan tambak dan perairan pantai sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhan. Menurut Nybakken (1992), distribusi fitoplankton sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, intensitas cahaya, serta kondisi fisika-kimia perairan. Selanjutnya, Effendi (2003) menyatakan bahwa peningkatan kandungan nutrisi, terutama nitrogen dan fosfor, mampu meningkatkan produktivitas primer selama masih berada pada kisaran optimum. Kondisi tersebut didukung oleh hasil pengukuran parameter lingkungan yang masih mendukung pertumbuhan fitoplankton di perairan pesisir. Menurut Bellinger dan Sigeo (2015), kondisi fisika-kimia yang stabil memungkinkan fitoplankton tumbuh dan berkembang secara optimal sehingga kelimpahan komunitas tetap terjaga.

Tabel 1. Parameter lingkungan di lokasi penelitian

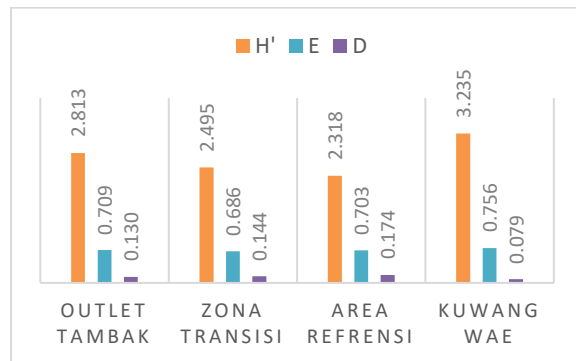
Parameter lingkungan	Satuan	Kisaran
Suhu	°C	31-34
Salinitas	ppt	24-26
pH	-	8
DO	mg/l	5,90-6,50

Sebaliknya, kelimpahan fitoplankton yang lebih rendah pada area referensi diduga berkaitan dengan lebih rendahnya masukan unsur hara dibandingkan dua stasiun lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas primer relatif lebih rendah sehingga jumlah individu fitoplankton yang ditemukan juga lebih sedikit. Didukung penelitian Apriani *et al.*, (2023) yang melaporkan bahwa perbedaan karakteristik habitat menyebabkan variasi kelimpahan fitoplankton antarstasiun pengamatan. Dengan demikian, variasi kelimpahan fitoplankton di

Pantai Kuwang Wae menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton memberikan respons terhadap kondisi lingkungan setempat sehingga dapat digunakan sebagai salah satu indikator biologis dalam mengevaluasi kualitas perairan pesisir.

Keanekaragaman Spesies Fitoplankton

Nilai indeks keanekaragaman (H') berkisar antara 2,318 dan 2,813, indeks keseragaman (E) berkisar antara 0,686 hingga 0,709, dan indeks dominasi (D) bervariasi dari 0,130 hingga 0,174. Secara keseluruhan, hasil dari ketiga indeks ekologi tersebut menunjukkan perbedaan dalam struktur komunitas fitoplankton di setiap titik pengamatan. Temuan dari analisis struktur komunitas fitoplankton ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai indeks keanekaragaman spesies, keseragaman spesies, dan dominansi spesies fitoplankton pada perairan pantai kuwang wae.

Nilai indeks keanekaragaman (H') yang diperoleh menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton di perairan Pantai Kuwang Wae memiliki tingkat keanekaragaman yang sedang. Fachrul (2007) menyatakan bahwa nilai indeks keanekaragaman berkaitan dengan stabilitas komunitas dan tekanan lingkungan yang ada dalam suatu ekosistem. Tingkat keanekaragaman yang sedang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan cukup untuk mendukung berbagai jenis fitoplankton, meskipun terdapat perbedaan di berbagai lokasi pengamatan. Kehadiran 72 spesies dari lima divisi lebih lanjut menunjukkan bahwa perairan Pantai Kuwang Wae mempertahankan kondisi ekologis yang cukup menguntungkan untuk mendukung kesehatan komunitas fitoplankton yang berkelanjutan (Barus, 2004; Umami *et al.*, 2018).

Pemahaman ini didukung oleh nilai indeks keseragaman (E) yang cukup tinggi, yang menandakan distribusi individu yang hampir sama di antara spesies. Pielou (1966) menjelaskan bahwa nilai keseragaman yang mendekati satu menunjukkan sedikit variasi jumlah individu di berbagai spesies. Situasi ini didukung oleh nilai indeks dominasi (D) yang rendah, yang menunjukkan bahwa tidak ada satu spesies pun yang secara berlebihan mendominasi komunitas fitoplankton (Odum, 1993). Kombinasi H' yang sedang, E yang tinggi, dan D yang rendah menunjukkan bahwa struktur komunitas fitoplankton di Pantai Kuwang Wae cukup stabil, memungkinkan keseimbangan spesies yang baik (Fachrul, 2007).

Struktur komunitas ini menyiratkan bahwa kualitas air di Pantai Kuwang Wae tetap cukup baik dan belum menghadapi tekanan ekologis yang signifikan. Bellinger dan Sigeo (2015) menyebutkan bahwa perubahan kualitas air biasanya menyebabkan penurunan keanekaragaman, keseragaman yang lebih rendah, dan peningkatan dominasi beberapa spesies yang tangguh di tengah gangguan lingkungan. Temuan penelitian ini konsisten dengan kesimpulan Japa *et al.*, (2022) dan Apriani *et al.*, (2023), yang menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton dengan keanekaragaman sedang, keseragaman tinggi, dan dominasi rendah menunjukkan perairan yang masih mampu menjaga keseimbangan ekosistem dan berfungsi dengan baik sebagai bioindikator kualitas lingkungan perairan.

Kualitas Perairan Pantai Kuwang Wae

Fitoplankton adalah makhluk hidup yang bereaksi cepat terhadap perubahan faktor lingkungan, sehingga sering digunakan sebagai bioindikator untuk mengevaluasi kualitas air (Bellinger & Sigeo, 2015). Pada penelitian ini, kondisi ekologis perairan Pantai Kuwang Wae tercermin dari struktur komunitas fitoplankton yang tersusun atas 72 spesies dari lima divisi dengan rerata kelimpahan 1.614 ind/L. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton masih mampu berkembang dengan baik dan tidak hanya didominasi oleh satu kelompok tertentu. Keberadaan berbagai kelompok fitoplankton tersebut mengindikasikan bahwa perairan Pantai Kuwang Wae masih mampu menyediakan

kondisi yang mendukung kehidupan berbagai spesies fitoplankton sehingga komunitas yang terbentuk dapat mencerminkan kondisi lingkungan perairan (Rosada & Sunardi, 2021; Bellinger & Sige, 2015).

Kemampuan fitoplankton sebagai bioindikator semakin diperkuat oleh hasil analisis indeks ekologi. Nilai indeks keanekaragaman spesies (H') yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton memiliki tingkat keanekaragaman yang cukup baik dan mengindikasikan bahwa perairan belum mengalami tekanan ekologis yang tinggi (Fachrul, 2007). Indeks keseragaman spesies (E) yang tinggi menunjukkan bahwa individu tersebar di antara spesies secara cukup seimbang, artinya tidak ada ketidakseimbangan jumlah individu dalam komunitas (Pielou, 1966). Di sisi lain, indeks dominasi spesies (D) yang rendah menunjukkan tidak ada spesies yang terlalu mengendalikan komunitas. Ketika H' sedang dan E tinggi sementara D rendah, ini berarti komunitas fitoplankton stabil, menunjukkan bahwa keseimbangan ekosistem perairan di Pantai Kuwang Wae tetap terjaga. Temuan ini sejalan dengan Umami *et al.* (2018), Ramadansur & Dinata, (2021), serta (Apriani *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa struktur komunitas fitoplankton yang memiliki keanekaragaman sedang hingga tinggi, keseragaman tinggi, dan dominansi rendah merupakan indikator kondisi perairan yang relatif baik.

Interpretasi berdasarkan struktur komunitas tersebut menunjukkan bahwa fitoplankton mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi ekologis perairan Pantai Kuwang Wae. Meskipun parameter fisika-kimia pada **Tabel 1** seperti suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut berada pada kisaran yang mendukung pertumbuhan fitoplankton, penilaian kualitas perairan dalam penelitian ini lebih ditekankan pada respons biologis komunitas fitoplankton yang tercermin melalui komposisi spesies, kelimpahan, serta nilai indeks ekologi. Oleh karena itu, struktur komunitas fitoplankton yang menunjukkan keanekaragaman sedang, keseragaman tinggi, dan dominansi rendah mengindikasikan bahwa perairan Pantai Kuwang Wae masih berada dalam kondisi yang relatif baik dan stabil, sehingga fitoplankton dapat digunakan sebagai bioindikator yang efektif

dalam mengevaluasi kualitas perairan di kawasan tersebut (Effendi, 2003; Sukandarrumidi *et al.*, 2021; Zainuri *et al.*, 2023).

Kesimpulan

Struktur komunitas fitoplankton di perairan Pantai Kuwang Wae terdiri atas 72 spesies yang tergolong ke dalam lima divisi, yaitu Chrysophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, dan Euglenophyta, dengan rerata kelimpahan sebesar 1.614 ind/L. Indeks ekologi fitoplankton perairan Pantai Kuwang Wae menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman spesies (H') berada pada kategori sedang, indeks keseragaman spesies (E) tergolong tinggi, dan indeks dominansi spesies (D) tergolong rendah. Kondisi struktur komunitas tersebut mengindikasikan bahwa kualitas perairan Pantai Kuwang Wae masih berada pada kondisi yang relatif baik, stabil, dan belum mengalami tekanan ekologis yang signifikan,

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Mukhlis, M.Si atas arahan, masukan, serta saran yang diberikan selama persiapan penelitian ini. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada Dyah Ayu Adi Pitaloka, Elpana Anisa Sarah, Depi, Cahaya Safari, Aliefina Nabilatussujah, Dian Muliarti, Zurriatun Toyibah, Ananda Magfirah Nabigah dan Suci Mulyati yang telah membantu dalam kegiatan pengambilan sampel, identifikasi sampel dan analisis data sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Apriani, W., Japa, L., & Santoso, D. (2023). *Jurnal Biologi Tropis Community Structure of Phytoplankton in The Waters of Gili Trawangan, North Lombok*.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2014). *Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology* (2nd ed.). CRC Press.

- Barus, T. A. (2004). *Pengantar limnologi: Studi tentang ekosistem air daratan*. USU Press.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification, enumeration and use as bioindicators: Second edition*. India: Willey Blackwell. <https://doi.org/10.1201/b16544>
- Borics, G., Abonyi, A., Salmaso, N., & Ptasnik, R. (2021). *Freshwater phytoplankton diversity: models, drivers and implications for ecosystem properties*. 9, 53–75. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04332-9>
- Christopher, B., Michael, J., James, T., Field, C. B., Behrenfeld, M. J., & Randerson, J. T. (1998). *Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components*. <https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode sampling bioekologi*. Bumi Aksara.
- Firdaus, M. R., & Wijayanti, L. ayu S. (2019). *FITOPLANKTON DAN SIKLUS KARBON GLOBAL*. 44, 35–48.
- Fitrianti, F. B., & Ario, R. (2022). *Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Pantai Megaprojek PLTU Batang, Jawa Tengah*. 11(3), 437–445. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i3.43984>
- Hadi, Y. S., Japa, L., & Zulkifli, L. (2023). Bacillariophyceae diversity as bioindicator of pollution in the coastal waters of klui beach, north lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 73–79. [10.29303/jbt.v23i1.4387](https://doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4387)
- Heisler, J., Glibert, P., Burkholder, J., Anderson, D., Cochlan, W., Dennison, W., Dortch, Q., Heil, C., Humphries, E., Lewitus, A., Magnien, R., Sellner, K., Stockwell, D., Stoecker, D., Suddleson, M., Division, C. P., Pollution, M., Branch, C., Avenue, P., ... Spring, S. (2017). *Eutrophication and Harmful Algal Blooms: A Scientific Consensus*. 8(1), 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.006>. Eutrophication
- Japa, L., Karnan, & Handayani, B. S. (2022). *Quality Status of Coastal Waters of Special Economic Zone of Mandalika Central Lombok Based on the Community of Microalgae as Bioindicator*. 8(6), 2864–2871. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2740>
- Khairil, D. F., & Frinaldi, A. (2023). *The Effect of Vaname Shrimp Pond Waste Disposal (Litopenaeus van- namei) on The Environment and Environmental Law Perspective: a Literatur Review*. d, 98–103.
- Nugroho A. 2006. *Bioindikator Kualitas Air*. Penerbit Universitas Trisakti: Jakarta.
- Nurmalitasari, M., & Sudarsono, S. (2023). Keanekaragaman Plankton Dan Tingkat Produktivitas Primer Antara Dua Musim di Perairan Kabupaten Bantul. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 9(1), 16–34. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v9i1.18156>
- Nurmalitasari, M., & Sudarsono, S. (2023). Keanekaragaman Plankton Dan Tingkat Produktivitas Primer Antara Dua Musim di Perairan Kabupaten Bantul. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 9(1), 16–34. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v9i1.18156>
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd ed. W. B. Saunders Company. Philadelphia.
- Paena, M., Syamsuddin, R., & Tandipayuk, H. (2020). *Analisa Struktur Komunitas Fitoplankton Dan Potensi Penggunaannya Sebagai Bioindikator Limbah Organik Di Teluk Labuange, Sulawesi Selatan*. 15(129), 129–139. <https://doi.org/10.15578/jra.15.2.2020.129-139>
- Paerl, H. W., & Otten, T. G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: Causes, consequences, and controls. *Microbial Ecology*, 65(4), 995–1010. <https://ojs.labdata.id/index.php/jra/issue/view/669>
- Pielou, E. C. (1966). *The measurement of*

- diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144.
- Ramadansur, R., & Dinata, M. (2021). *Kelimpahan Fitoplaknton Sebagai Bioindikator Dan Status Trofik Di Aliran Sungai Siak Pekanbaru*. 8(1), 57–70. <https://doi.org/10.31849/bl.v8i1.6568>
- Rosada, K. K., & Sunardi. (2021). *Metode Pengambilan dan Analisis Plankton*. Jawa Barat: Unpad Press.
- Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542145>.
- Samudera, L. N. G., Widianingsih, & Suryono. (2021). *Struktur Komunitas Fitoplankton dan Parameter Kualitas Air*. 10(4), 493–500. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i4.31663>
- Sukandarrumidi., Heriyadi N. W. A. A., & Wiloso, D. A. (2021). *Mikropaleontologi Foraminifera*. Sleman: Gajah Mada University.
- Thomas, C. R. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. San Diego: Academic Press Harcourt & Company.
- Umami, I. riasih, Hariyati, R., & Utami, S. (2018). *Keanekaragaman Fitoplankton Pada Tambak Udang Vaname (Litopenaus vannamei) Di Tireman Kabupaten Rembang Jawa Tengah*. 7(3), 27–31. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/22363>
- Yamaji, I. (1986). *Illustrations of the marine plankton of Japan* (2nd ed.). Hoikusha Publishing.
- Zainuri, M., Indriyawati, N., Syarifah, W., & Fitriyah, A. (2023). *Korelasi Intensitas Cahaya Dan Suhu Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan*. 12(1), 20–26. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.44763>