

ANALISIS STATUS TROFIK MENGGUNAKAN *ZOOPLANKTON BIOTIC INDEX (ZBI)* PADA ZONA PERAIRAN DI KAWASAN KONSERVASI PESISIR UJUNGNEGORO BATANG

Trophic Status Analysis Using Zooplankton Biotic Index (ZBI) in The Water Zone of The Ujungnegoro Batang Coastal Conservation Area

Alifia Rashif Ginanjar¹, Pujiono Wahyu Purnomo¹, Oktavianto Eko Jati^{1*}

¹Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275; Telephone/Fax: 024-76480685
Email: oktavianto.ekojati@live.undip.ac.id

Diserahkan tanggal: 03 Juni 2025, Revisi diterima tanggal: 24 September 2025

ABSTRAK

Kawasan Konservasi Pesisir Ujungnegoro terletak di utara Pulau Jawa, tepatnya di Desa Ujungnegoro, Kecamatan Kandeman, Kabupaten Batang. Perairan ini menerima limpasan dari limbah domestik dan aktivitas pariwisata, serta berada di wilayah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Ujungnegoro. Status trofik merupakan indikator kunci untuk menunjukkan kesuburan ekosistem perairan, yang dipengaruhi oleh kadar nutrisi dan aktivitas biologis. Oleh karena itu, pemantauan status trofik sangat penting untuk memahami ekosistem di berbagai zona Kawasan Konservasi Pesisir Ujungnegoro. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelimpahan dan struktur komunitas plankton, status trofik berdasarkan nilai *Zooplankton Biotic Index (ZBI)* dan *Trophic Index (TRIX)*, serta hubungan antara kelimpahan fitoplankton, zooplankton, klorofil-a, nitrat, dan total fosfat di beberapa tipe zona perairan KKP Ujungnegoro Batang. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 29 Agustus 2024. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode survei, dengan pengambilan sampel pada tujuh stasiun yang dapat mewakili setiap zona. Analisis status trofik perairan dilakukan menggunakan metode ZBI dan TRIX, sebaran nilai variabel dipetakan dengan metode IDW, dan analisis data menggunakan uji regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan fitoplankton berkisar antara 1.459 hingga 104.591 sel/L, dan kelimpahan zooplankton berkisar antara 2 hingga 186 ind/L. Berdasarkan nilai ZBI, kualitas perairan dikategorikan baik, sementara nilai TRIX menunjukkan status mesotrofik hingga eutrofik. Ditemukan korelasi positif yang kuat antara nitrat dan klorofil-a dengan fosfat ($r = 0,86$). Korelasi yang lebih kuat ($r = 0,94$) juga diamati antara nitrat dan kelimpahan fitoplankton dengan kelimpahan zooplankton. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun ZBI mengindikasikan kualitas air yang baik, metode TRIX menunjukkan adanya eutrofikasi yang perlu diperhatikan.

Kata Kunci: Fitoplankton, Status trofik, TRIX, ZBI, Zooplankton

ABSTRACT

*The Ujungnegoro Coastal Conservation Area is located on the northern coast of Java Island, in Ujungnegoro Village, Kandeman District, Batang Regency. The waters are influenced by domestic runoff, tourism activities, and the nearby Ujungnegoro Steam Power Plant (PLTU). Trophic status is a key indicator of aquatic ecosystem fertility, influenced by nutrient levels and biological activity. Monitoring trophic status is essential for assessing ecosystem conditions across different zones of the area. This study aimed to determine the abundance and structure of plankton communities, trophic status based on the *Zooplankton Biotic Index (ZBI)* and *Trophic Index (TRIX)*, and the relationship between phytoplankton, zooplankton, chlorophyll-a, nitrate, and total phosphate levels in different water zones. Sampling was conducted on August 29, 2024, at seven stations representing various zones. Trophic status was analyzed using ZBI and TRIX methods, variable distribution was mapped using the IDW method, and data were analyzed through multiple linear regression. Phytoplankton abundance ranged from 1,459 to 104,591 cells/L, while zooplankton ranged from 2 to 186 ind/L. Based on ZBI, water quality was categorized as good, whereas TRIX values indicated mesotrophic to eutrophic conditions. A strong positive correlation was found between nitrate and chlorophyll-a with phosphate ($r = 0.86$), and an even stronger correlation between nitrate and phytoplankton with zooplankton ($r = 0.94$). These findings suggest that while ZBI indicates good water quality, TRIX reflects a concerning level of eutrophication.*

Keywords: Phytoplankton, TRIX, Trophic status, ZBI, Zooplankton

PENDAHULUAN

Kawasan Konservasi Perairan (KKP) Ujungnegoro terletak di pesisir bagian utara Pulau Jawa, yaitu di Desa Ujungnegoro, Kecamatan Kandeman, Kabupaten Batang yang merupakan pantai dengan substrat pasir hitam dan dikelilingi oleh pantai berbatu. Potensi yang dapat dikembangkan dari wilayah Pantai Ujungnegoro diantaranya adalah potensi konservasi kelautan dan perikanan, wisata, religi dan kearifan lokal, serta potensi ilmiah yang dikelola oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Batang (Aurellita *et al.*, 2022). Taman Pesisir Ujungnegoro Kabupaten Batang merupakan salah satu contoh bentuk upaya pengelolaan wilayah pesisir yang ada di wilayah Indonesia. Kawasan tersebut telah ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) sejak tahun 2005 melalui SK Bupati Batang No. 523/283/2005. Pantai Ujungnegoro Kabupaten Batang kemudian ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil oleh Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia berdasarkan Kep.29/MEN/2012 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Ujungnegoro-Roban Kabupaten Batang di Provinsi Jawa Tengah. Taman pesisir Ujungnegoro-Roban memiliki ekosistem karang maeso dan karang krekak yang menjadi habitat dari berbagai jenis ikan serta menjadi perendam ancaman gelombang dan arus air laut (Cahyani *et al.*, 2018). Adanya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang terletak di Ujungnegoro, juga menjadi ancaman yang serius untuk lingkungan perairan, akan berdampak kepada para nelayan. Adanya PLTU akan berdampak pada ekosistem laut (Napitupulu *et al.*, 2022). Hal ini menjadi resiko yang perlu diwaspadai.

Plankton merupakan organisme mikroskopis yang hidup secara melayang di perairan, baik di perairan laut maupun di lingkungan air tawar. Keberadaan dari plankton memiliki peran yang penting dalam ekosistem perairan, yaitu fitoplankton yang berfungsi sebagai produsen primer dalam rantai makanan dan zooplankton merupakan konsumen pertama di perairan. Plankton meliputi dua kelompok besar, yaitu fitoplankton yang merupakan plankton bersifat tumbuhan, serta zooplankton yang merupakan plankton bersifat hewan (Hidayat, 2015). Manfaat plankton sebagai indikator biologi untuk mengetahui perubahan kualitas air karena keberadaannya dianggap sebagai respon terhadap terjadinya perubahan lingkungan dengan mengetahui kelimpahan dan keanekaragaman, serta persebaran jenisnya di perairan tersebut (Fauzia *et al.*, 2016). Kehidupan plankton dapat dipengaruhi oleh beberapa

faktor lingkungan perairan yang mempengaruhi distribusi, kelimpahan, dan komposisi komunitasnya. Keberadaan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor diperlukan untuk pertumbuhan dan reproduksi fitoplankton. Kadar nutrisi di perairan meningkat menyebabkan biomassa fitoplankton akan bertambah karena kebutuhan untuk proses metabolisme mereka terpenuhi (Rahmah *et al.*, 2022). Hal tersebut mempengaruhi Status Trofik di perairan. Indeks Status trofik merupakan indikator tingkat kesuburan suatu perairan yang dapat diukur berdasarkan kandungan unsur hara (nutrien) dan tingkat kecerahan, serta aktivitas biologis lainnya yang terjadi di dalam suatu badan perairan (Indriani *et al.*, 2016).

Penelitian ini bertujuan mengetahui kelimpahan dan struktur komunitas plankton, status trofik pada beberapa tipe zona berdasarkan nilai *Zooplankton Biotic Index* (ZBI) dan *Trophic Index* (TRIX), serta hubungan antara kelimpahan fitoplankton, zooplankton, klorofil-a, nitrat, dan total fosfat di perairan KKP Ujungnegoro Batang.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

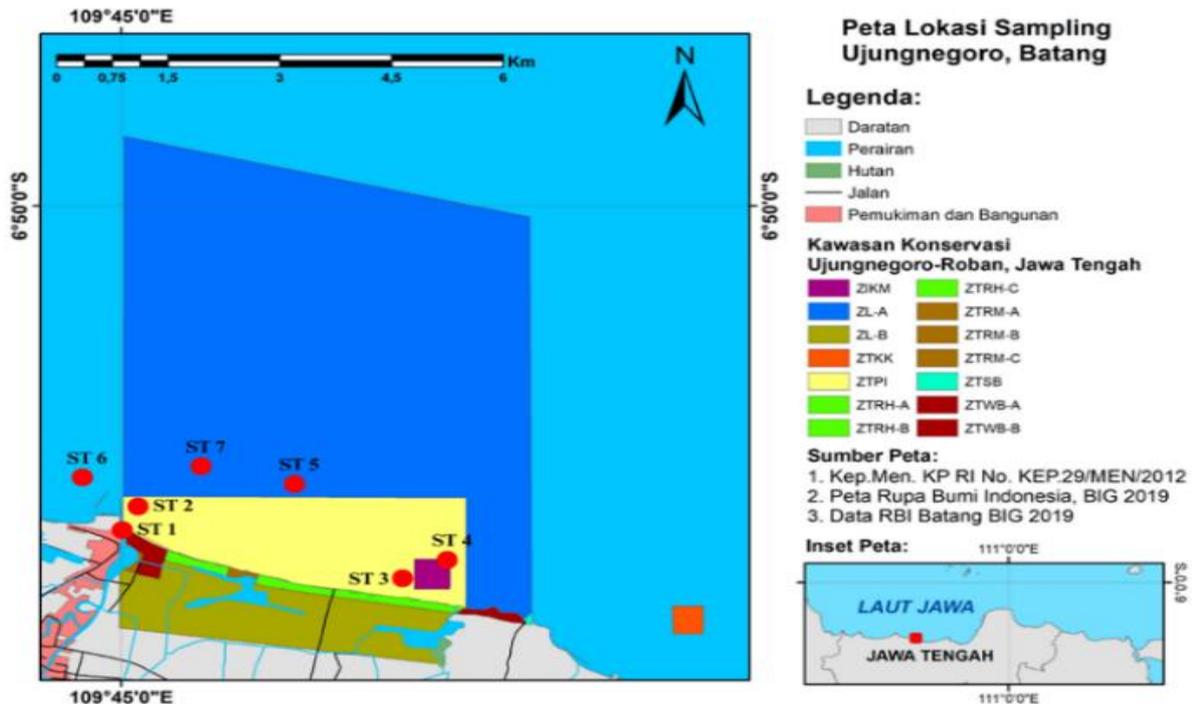
Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 29 Agustus tahun 2024 dengan lokasi yang terletak di perairan KKP Ujungnegoro Batang. Peta lokasi penelitian pada 7 titik stasiun dapat tersaji dalam Gambar 1.

Materi

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diperoleh dari perairan KKP Ujungnegoro Batang pada beberapa stasiun yang dianggap dapat mewakili kondisi dari tiap zona perairan. Data yang telah diambil kemudian diolah dan dianalisis untuk diketahui kelimpahan plankton dan kualitas perairannya.

Peralatan lapangan yang digunakan meliputi *Plankton-net* (*mesh size* 25 μm , *ring* 30 cm), botol sampel 100 mL dan 1000 mL, GPS Garmin 65S, *cool box*, pH meter, DO meter, *Secchi disc*, refraktometer, *current meter*, serta termometer air raksa. Kemudian peralatan laboratorium yang digunakan meliputi mikroskop Olympus CX23, *Sedgewick-Rafter*, pipet tetes, *slide glass*, *Thermo Scientific GENESYS 10s UV-Visible Spectrophotometers*, serta buku identifikasi plankton dari Yamaji.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sampel air untuk perhitungan kelimpahan plankton, HACH Reagen Kit (pengujian Nitrat dan fosfat), Aseton, serta lugol-iodine.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode

Penelitian ini menggunakan metode survei, dengan pengambilan sampel di 7 stasiun yang mewakili setiap zona perairan. Pengambilan sampel dilakukan dua kali di setiap stasiunnya. Sampel yang sudah diperoleh kemudian dibawa ke Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro untuk pengujian klorofil-a, nitrat, dan fosfat. Identifikasi plankton dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Ikan dan Lingkungan, Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Pengukuran variabel pendukung yang terdiri dari DO, pH, suhu, salinitas, kecepatan arus, kedalaman, dan kedalaman dilakukan langsung di lapangan atau secara *in situ*.

Sampel plankton diambil dengan metode sampling aktif, yaitu dengan menarik Plankton-net secara horizontal menggunakan perahu selama 4-5 menit. Sampel yang tersaring diawetkan dengan 1% Lugol-iodine, dimasukkan ke dalam botol sampel 100 mL, dan disimpan di cool box hingga sampai di laboratorium. Volume air yang disaring dihitung berdasarkan rumus Suhenda (2009): volume air yang disaring = luas mulut jaring × panjang tempuh. Panjang tempuh didapatkan dari perkalian kecepatan kapal dengan waktu penarikan. Sampel air untuk pengujian klorofil-a, nitrat, dan fosfat diambil dari permukaan perairan dengan menggunakan bantuan ember 10 L. Air sampel yang sudah diambil dimasukkan ke dalam botol HDPE 1000 mL yang kemudian ditutup agar terhindar dari sinar matahari. Botol sampel kemudian diberi label sesuai dengan titik dan pengulangannya, lalu dimasukkan ke dalam *cool box* selama perjalanan menuju laboratorium.

Pengujian kadar klorofil-a, nitrat, dan fosfat menggunakan alat bernama *Thermo Scientific GENESYS 10s UV-Visible Spectrophotometers*. Pengujian klorofil-a dilakukan menggunakan metode APHA 10200-H:2017. Pengujian kadar nitrat dilakukan menggunakan metode APHA 4500.NO₃-B:2017 dan sesuai dengan SNI 6989.79:2011. Pengujian kadar fosfat menggunakan metode APHA 4500.P- D:2017 sesuai dengan SNI 06-6989.31-2005.

Analisis Data

Kelimpahan Plankton

Kelimpahan fitoplankton dan zooplankton yang telah diidentifikasi kemudian dihitung jumlah per liter masing-masing menggunakan rumus APHA, AWWA, WPOF (2005), dengan rumus berikut:

$$N = n \times \frac{V_t}{V_{src}} \times \frac{A_{src}}{A_a} \times \frac{1}{V_d}$$

Keterangan:

- N = Jumlah plankton per liter (sel/L)
- n = Jumlah plankton yang tercacah (sel)
- V_t = Volume air yang tersaring (100 ml)
- V_{src} = Volume air dalam *Sedgewick-Rafter Counting Cell* (1 ml)
- A_{src} = Luas total petak *Sedgewick-Rafter Counting Cell* (1000 mm²)
- A_a = Luas petak yang diamati (30 petak × 1 mm²)
- V_d = Volume air yang disaring

Kesuburan Perairan

Indeks *Trophic Index* (TRIX) merupakan metode penentuan status trofik yang telah sesuai diaplikasikan untuk lingkungan atau kawasan pesisir. Perhitungan indeks TRIX menggunakan kombinasi linear logaritma dari 4 variabel atau parameter

diantaranya adalah klorofil-a, persen absolute dari saturasi oksigen (a%DO), Total Nitrogen (TN), dan Total Fosfat (TF) (Triyulianti *et al.*, 2022).

Pendugaan tingkat kesuburan perairan dilakukan menggunakan perhitungan indeks TRIX sebagai berikut (Vollenweider *et al.*, 1998):

$$TRIX = \frac{k}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(\log M - \log L)}{(\log U - \log L)}$$

Keterangan:

- K = Faktor skala (10)
- N = jumlah komponen dalam perhitungan (4)
- U = nilai batas atas
- L = nilai batas bawah
- M = nilai rata-rata parameter

Klasifikasi berdasarkan status kesuburan perairan menurut Alves *et al.* (2013) dalam Fauzan *et al.* (2018) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor Skala *Trophic Index* (TRIX)

Rentang Nilai	Status Kesuburan	Tingkat Eutrofikasi
0 – 4,0	Oligotrofik	Rendah
4,1 – 5,0	Mesotrofik	Sedang
5,1 – 6,0	Eutrofik	Tinggi
6,1 – 10	Hipertrofik	Sangat Tinggi

Zooplankton Biotic Index (ZBI)

Komposisi zooplankton dalam kaitannya dengan klorofil-a (Jamil *et al.* 2014) dapat dihitung probabilitas bahwa spesies tertentu akan teramati pada nilai klorofil-a tertentu. Dengan demikian, nilai optimum dihitung melalui model Gaussian bersama dengan konsentrasi CLa untuk membentuk indeks akhir dengan rumus:

$$OP (sp) = \frac{\sum_{i=1}^n Envi \times Abundi}{\sum_{i=1}^n Abundi}$$

Keterangan:

- OP = nilai optimum dari setiap spesies
- Env*i* = nilai variabel lingkungan (klorofil-a) pada sampel ke-*i*
- Abund*i* = kelimpahan spesies zooplankton pada sampel ke-*i*

Persamaan tersebut kemudian diadaptasi oleh De-Carli *et al.* (2019) untuk memprediksi kondisi trofik dengan rumus:

$$ZBI = \frac{\sum_{i=1}^n OP \times Abundi}{\sum_{i=1}^n Abundi}$$

Nilai *Zooplankton Biotic Index* (ZBI) yang telah diperoleh kemudian dapat diklasifikasikan berdasarkan tabel 2. Kategori ini dikembangkan menggunakan rumus Struges untuk menentukan kelas dan didasarkan pada korelasi indeks kondisi trofik (Oliveira *et al.* 2008).

Tabel 2. Klasifikasi Nilai *Zooplankton Biotic Index* (ZBI)

Nilai ZBI	Kategori
< 7,22	Baik
7,23 – 11,53	Biasa
11,54 – 15,84	Buruk

Analisis Plankton, Klorofil-a, Nitrat, Fosfat

Metode untuk mengetahui sebaran plankton adalah dengan mengolah dan menganalisa data dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis pemetaan menggunakan aplikasi Arc-GIS. Data Peta sebaran plankton akan dianalisis dengan teknik analisis spasial *Inverse Distance Weighted* (IDW). Selain itu, nalisis hubungan kelimpahan fitoplankton, zooplankton, klorofil-a, nitrat, dan total fosfat dilakukan dengan menggunakan uji regresi linear berganda dengan menggunakan Aplikasi SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kawasan Konservasi Ujungnegoro batang berlokasi dekat dengan aktivitas manusia seperti pelabuhan, penangkapan ikan, lokasi wisata, serta dekat dengan kawasan PLTU Ujungnegoro. Perairan memiliki kondisi air yang keruh dan berlumpur yang dapat disebabkan oleh degradasi ekosistem dari sedimentasi sungai sekitarnya yaitu Sungai Sono, Sigandu, dan Sungai Roban.

Stasiun 1 berada di Muara Sungai Sigandu berada di Zona Pemanfaatan Terbatas/Sub Zona Wisata Bahari. Stasiun 2 dan 3 merupakan termasuk ke dalam Zona Pemanfaatan Terbatas/Sub Zona Penyangga Zona Inti. Stasiun 2 berada di sebelah timur pelabuhan, sedangkan stasiun 3 berada di selatan pelabuhan. Stasiun 4 berada di kawasan Karang Maheso yaitu di Zona Inti/Sub Zona Langsung Karang Maheso. Titik sampling ini berdekatan dengan aktivitas memancing ikan, dengan kondisi air sangat keruh dan sedimen pasir berlumpur. Stasiun 5 dan 7 termasuk Zona Lainnya, yakni stasiun 5 berada di utara Pantai Depok dan stasiun 7 berada di utara Safari Beach. Stasiun terakhir yaitu stasiun 6 berada di Zona Pemanfaatan Terbatas/Sub Zona Situs Budaya, serta berada di sebelah barat Pelabuhan.

Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton serta Zooplankton

Jenis dan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton yang ditemukan di perairan KKP Ujungnegoro Batang tersaji pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Kelimpahan Fitoplankton (sel/L) di Perairan KKP Ujungnegoro Batang

No	Genus	Stasiun						
		1	2	3	4	5	6	7
Bacillariophyceae								
1	<i>Amphiprora</i> sp.	-	24	2	16	7	24	-
2	<i>Asterionellopsis</i> sp.	71	1273	844	822	1037	2498	1838
3	<i>Bacteriastrium</i> sp.	-	448	172	165	615	283	943
4	<i>Chaetoceros</i> sp.	9	2310	417	460	1735	2875	3606
5	<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	5	12	28	94	47
6	<i>Cyclotella</i> sp.	-	24	2	9	52	-	24
7	<i>Eucampia</i> sp.	16	1178	92	174	672	1673	2687
8	<i>Guinarfia</i> sp.	14	424	151	132	528	707	1225
9	<i>Gyrosigma</i> sp.	2	141	7	21	28	71	24
10	<i>Hemiaulus</i> sp.	14	731	259	283	735	1461	1815
11	<i>Lauderia</i> sp.	-	212	45	66	551	94	731
12	<i>Leptocylindrus</i> sp.	1183	39404	14864	15960	37488	85737	84912
13	<i>Navicula</i> sp.	2	94	21	64	92	259	189
14	<i>Nitzschia</i> sp.	38	448	97	224	462	283	636
15	<i>Odontella</i> sp.	-	24	16	38	12	47	47
16	<i>Pleurosigma</i> sp.	-	71	14	24	94	118	47
17	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	54	1697	443	351	627	1532	3087
18	<i>Rhizosolenia</i> sp.	12	966	160	200	483	896	825
19	<i>Thalassionema</i> sp.	9	259	170	87	542	660	848
20	<i>Thalassiosira</i> sp.	26	-	19	38	49	24	141
21	<i>Thalassiothrix</i> sp.	7	-	59	42	-	141	707
Dinophyceae								
22	<i>Ceratium</i> sp.	-	-	5	5	7	-	-
23	<i>Protoperidinium</i> sp.	-	118	87	49	148	212	212
Cyanophyceae								
24	<i>Anabaenopsis</i> sp.	-	-	-	2	24	-	-
Chrysophyceae								
25	<i>Dictyocha</i> sp.	-	-	-	5	5	24	-
Jumlah		1459	49844	17951	19250	46022	99712	104591

Tabel 4. Kelimpahan Zooplankton (ind/L) di Perairan KKP Ujungnegoro Batang

No	Genus	Stasiun						
		1	2	3	4	5	6	7
Maxillopoda (Copepoda)								
1	<i>Apocyclops</i> sp.	-	2	2	7	-	7	2
2	<i>Calanus</i> sp.	-	7	5	-	28	9	7
3	<i>Euterpina</i> sp.	-	-	2	5	7	14	2
4	Nauplius	-	75	59	92	71	108	130
5	<i>Oithona</i> sp.	-	9	2	-	7	5	-
6	<i>Paracalanus</i> sp.	-	-	5	-	5	12	-
7	<i>Tropocyclops</i> sp.	-	-	2	2	2	7	9
Branchiopoda								
8	<i>Alonella</i> sp.	-	5	-	5	-	-	-
Rotifera								
9	<i>Brachionus</i> sp.	2	5	-	2	-	2	-
Polychaeta								
10	<i>Nectochetae</i> sp.	-	-	-	-	5	7	-
Spiralia (Tintinnida)								
11	<i>Favella</i> sp.	-	-	-	2	2	2	-
12	<i>Leprotintinnus</i> sp.	-	12	9	24	26	12	24
Jumlah		2	115	87	139	153	186	174

Perbandingan total nilai kelimpahan fitoplankton dan zooplankton yang terdapat di seluruh stasiun penelitian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Total Kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton di Lokasi Penelitian

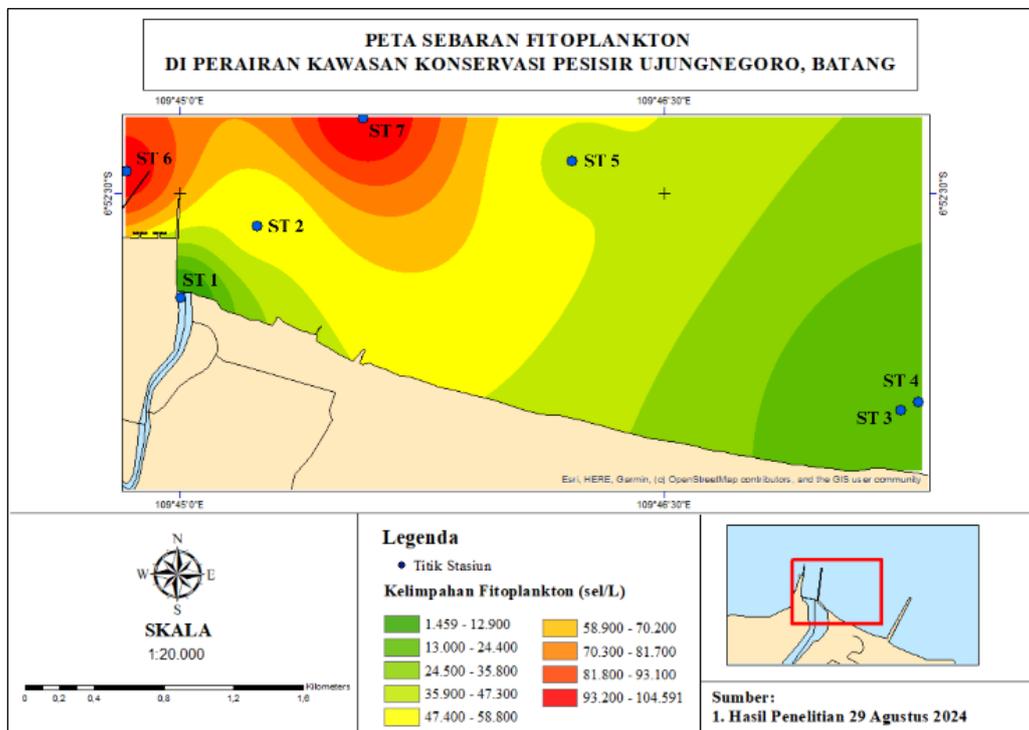
Stasiun	Kelimpahan Fitoplankton (sel/L)	Kelimpahan Zooplankton (ind/L)
1	1459	2
2	49844	115
3	17951	87
4	19250	139
5	46022	153
6	99712	186
7	104591	174

Genus fitoplankton yang ditemukan di perairan KKP Ujungnegoro Batang terdiri dari 4 kelas, diantaranya Bacillariophyceae, Dinophyceae,

Cyanophyceae, Chrysophyceae dengan total 25 genus. Jenis fitoplankton yang paling banyak ditemukan adalah *Leptocylindrus* sp. dengan total kelimpahan 279.548 sel/L. Spesies yang paling sedikit adalah *Ceratium* sp. dengan total kelimpahan 16 sel/L.

Zooplankton yang ditemukan terdiri dari 12 genus, diantaranya *Oithona* sp., *Apocyclops* sp., *Euterpina* sp., *Calanus* sp., *Paracalanus* sp., *Tropocyclops* sp., Nauplius, *Alonella* sp., *Brachionus* sp., *Nectochetae* sp., *Leptotintinnus* sp., dan *Favella* sp. Jenis zooplankton paling banyak ditemukan adalah nauplius copepoda dengan nilai sebesar 535 ind/L, sedangkan paling sedikit adalah genus *Favella* sp. dengan nilai sebesar 7 ind/L.

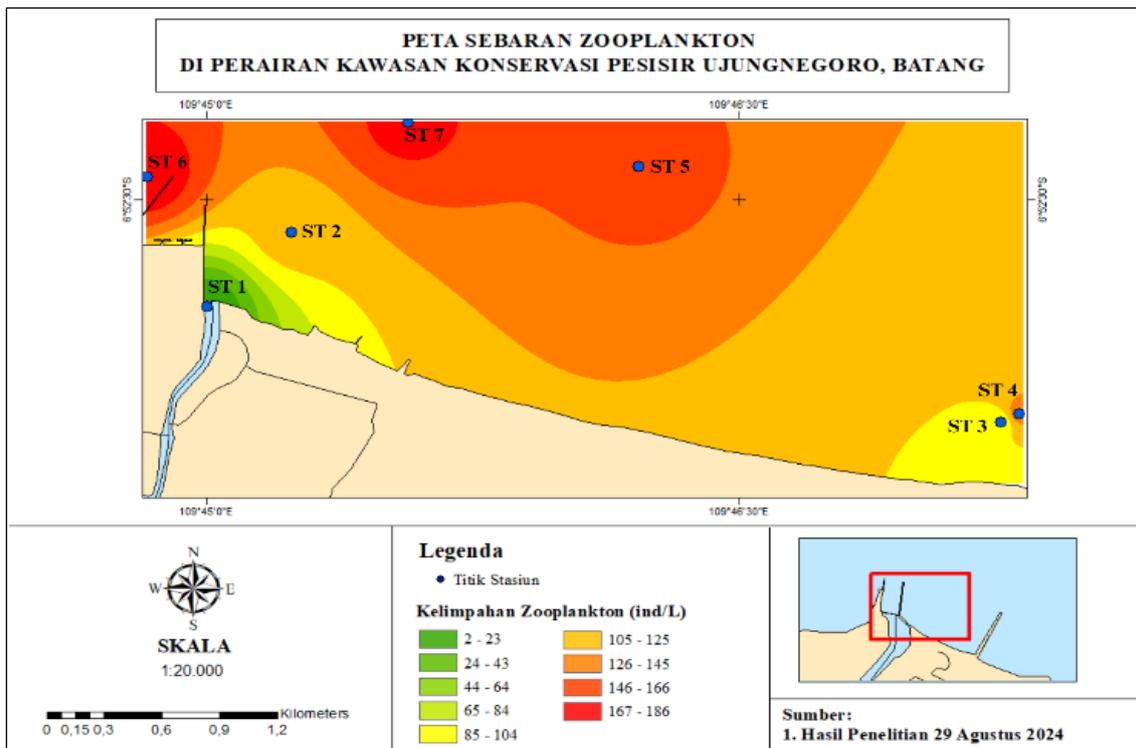
Berdasarkan peta sebaran Fitoplankton, didapatkan bahwa kelimpahan cenderung meningkat di bagian barat laut. Kemudian untuk pola sebaran kelimpahan Zooplankton semakin meningkat di daerah utara dan barat laut. Hal ini dapat diindikasikan bahwa distribusi plankton dipengaruhi oleh faktor arus dan pasang surut yang dapat membawa plankton.



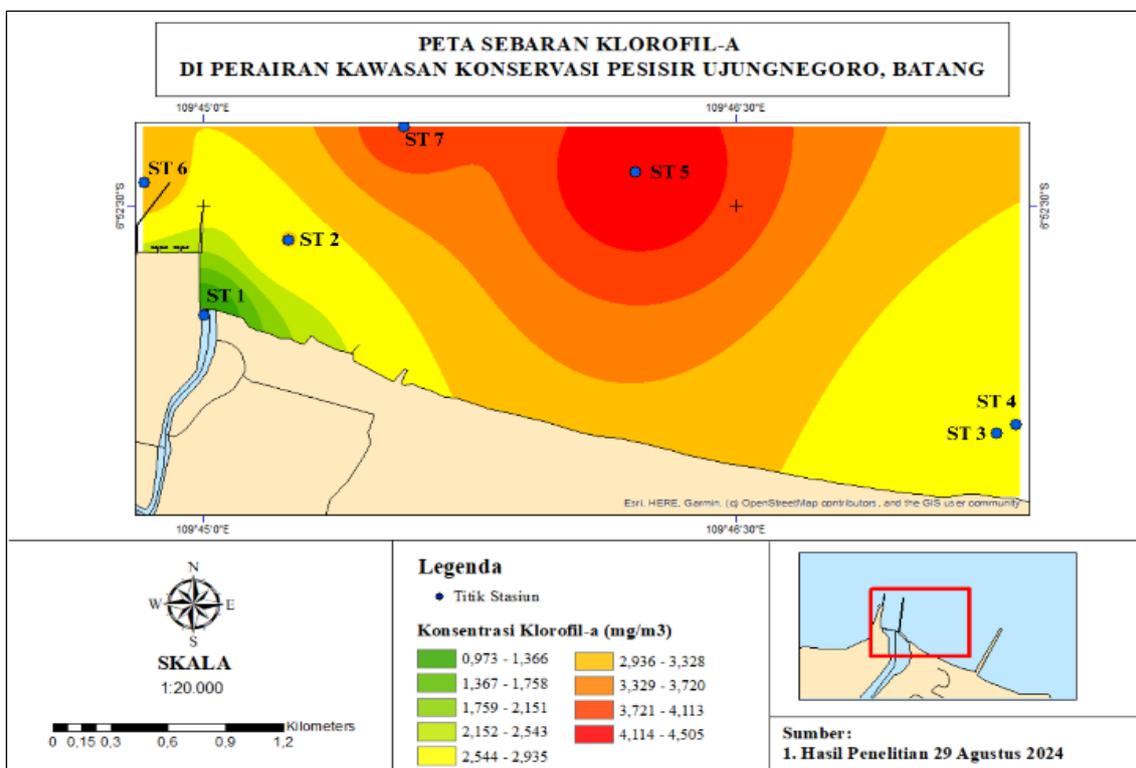
Gambar 2. Peta Sebaran Kelimpahan Fitoplankton

Tabel 6. Data variabel fisika dan kimia perairan

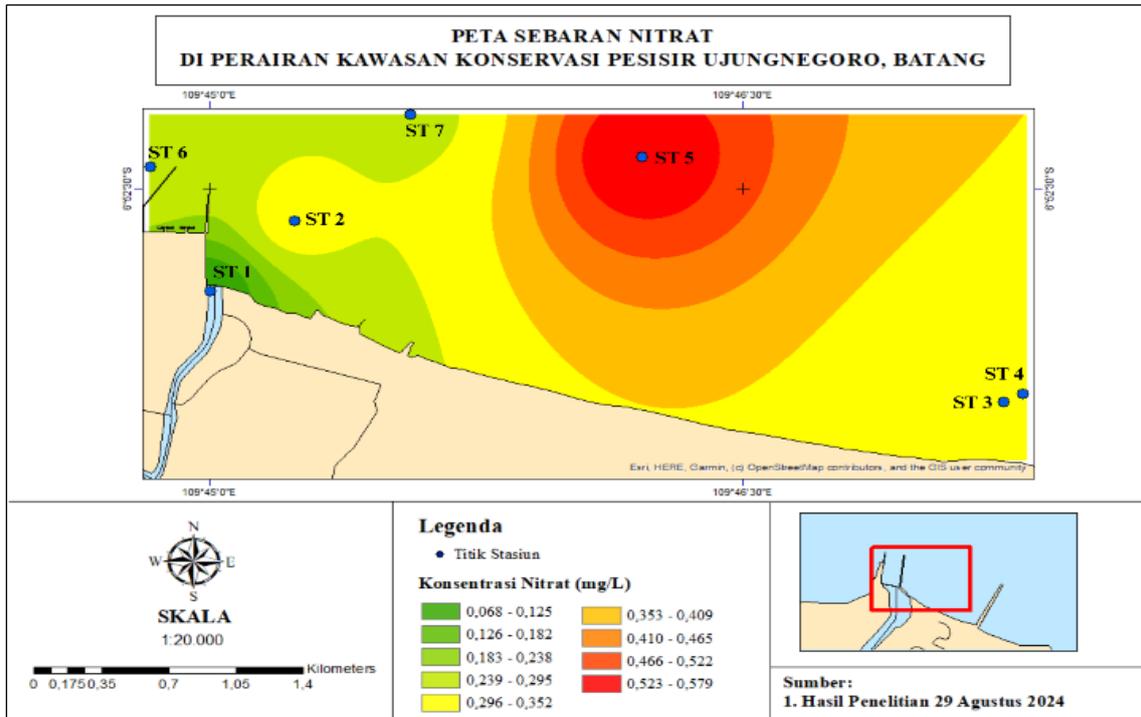
St	DO (mg/L)	pH	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	Kec. Arus (m/s)	Kedalaman (m)	Kecerahan (m)
1	2,5	8	31,7	24	0,2	1,5	0,1
2	5,5	8,5	32,4	25	0,2	3,7	1,3
3	5,7	8,5	33,4	22	0,1	2	1,05
4	6,1	8,4	33,5	25	0,1	2	0,95
5	5,6	8,7	33,6	25	0,2	4	1,15
6	7,7	8,5	32,2	25	0,2	1,8	0,65
7	5,2	8,4	33,2	26	0,3	5,5	1,35



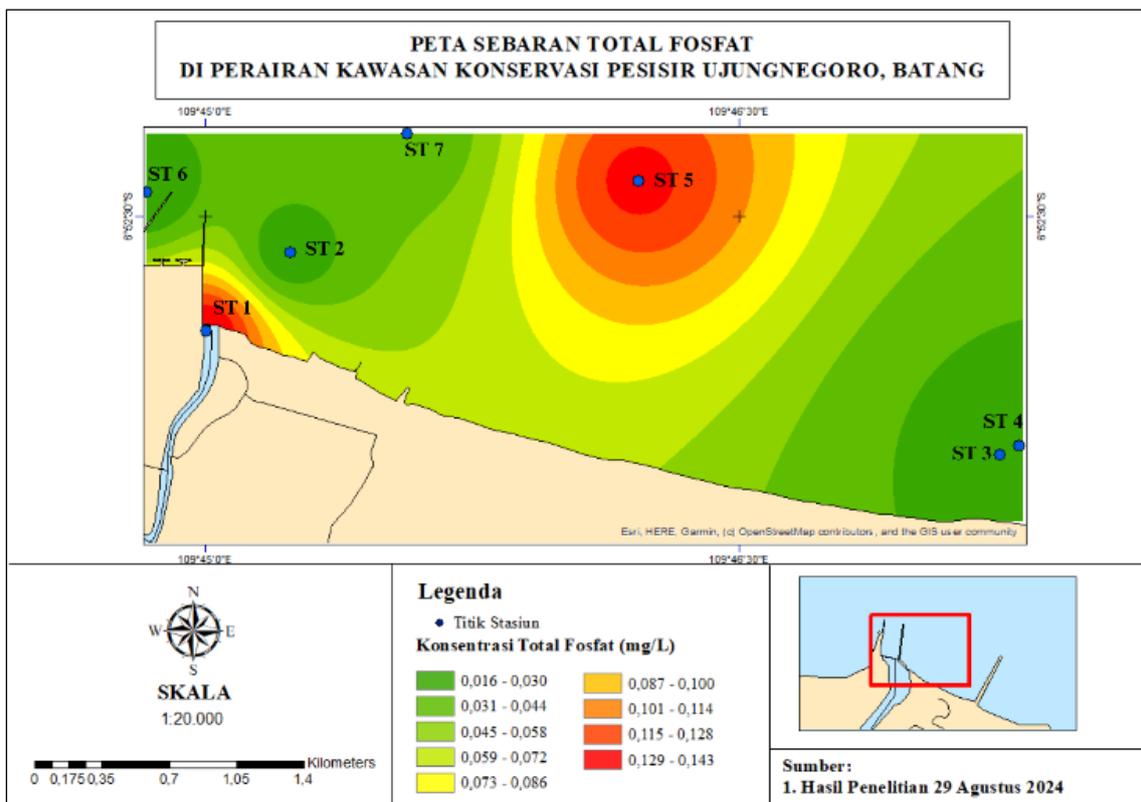
Gambar 3. Peta Sebaran Kelimpahan Zooplankton



Gambar 4. Peta Sebaran Konsentrasi Klorofil-a



Gambar 5. Peta Sebaran Konsentrasi Nitrat



Gambar 6. Peta Sebaran Konsentrasi Total Fosfat

Struktur Komunitas Plankton

a) Struktur Komunitas Fitoplankton
Struktur komunitas fitoplankton menunjukkan adanya variasi antar stasiun. Indeks keanekaragaman (H') fitoplankton tertinggi terdapat di stasiun 2 sebesar 1,14, yang mengindikasikan

keanekaragaman sedang. Nilai indeks keanekaragaman terendah diperoleh di stasiun 6 sebesar 0,73, yang mengindikasikan keanekaragaman rendah. Indeks keseragaman (E) memiliki nilai berkisar antara 0,25 – 0,40, yang tergolong rendah. Hal ini sejalan dengan nilai indeks

dominansi (C) fitoplankton yang berkisar antara 0,57– 0,74. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat spesies mendominasi di seluruh stasiun (Odum, 1971). Jenis yang paling mendominasi adalah *Leptocylindrus* sp.

b) Struktur Komunitas Zooplankton

Struktur komunitas zooplankton juga menunjukkan pola yang bervariasi. Pada stasiun 1, hanya ditemukan satu genus zooplankton, sehingga indeks komunitas tidak dapat dihitung. Nilai indeks keanekaragaman (H') zooplankton menunjukkan kategori rendah hingga sedang. Nilai tertinggi ditemukan di stasiun 6 yaitu sebesar 1,57 dan terendah di stasiun 4 dan 7. Indeks keseragaman (E) memiliki nilai tertinggi diperoleh di stasiun 5 yaitu sebesar 0,77, sedangkan terendah diperoleh di stasiun 7 dengan nilai 0,85. Nilai indeks dominansi (C) memiliki nilai tertinggi di stasiun 7 yaitu sebesar 0,59, sedangkan nilai terendah diperoleh di stasiun 5 dengan nilai 0,36. Rata-rata nilai indeks dominansi zooplankton memiliki nilai <0,5 menunjukkan bahwa dominasi spesies zooplankton tidak sekuat fitoplankton.

Variabel Fisika dan Kimia Perairan

Pada penelitian ini didapatkan data variable fisika dan kimia perairan yang dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil pengukuran variabel fisika dan kimia, diperoleh pH perairan memiliki kisaran 8 – 8,7. Kemudian untuk Nilai DO berkisar 2,5 – 7,7 mg/L. Kecerahan perairan diperoleh sebesar 10 – 135 cm, sedangkan kedalaman berkisar antara 1,5 – 5,5 m. Kadar salinitas berkisar 24 - 26 ppt. Nilai kecepatan arus diperoleh 0,1 – 0,3m/s. Dan Suhu perairan yang diperoleh berkisar 31,7 - 33,6 °C.

Konsentrasi dan Persebaran Nutrien di Perairan

Konsentrasi nutrien di perairan KKP Ujungnegoro Batang berupa klorofil-a, nitrat, dan total fosfat. Seluruh nilai nutrien 7 stasiun dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Konsentrasi Nutrien di Perairan KKP Ujungnegoro Batang

St	Klorofil-a (mg/m ³)	Nitrat (mg/L)	Total Fosfat (mg/L)
1	0,973	0,068	0,143
2	2,941	0,326	0,019
3	2,822	0,302	0,028
4	2,530	0,352	0,021
5	4,505	0,579	0,134
6	3,060	0,295	0,016
7	3,919	0,279	0,031

Konsentrasi klorofil-a memiliki nilai terendah sebesar 0,973 di stasiun 1, dan tertinggi sebesar 4,505 mg/m³ di stasiun 5. Konsentrasi nitrat

terendah sebesar 0,068 mg/L di stasiun 1, dan tertinggi sebesar 0,579 mg/L di stasiun 5. Konsentrasi total fosfat memiliki nilai terendah di stasiun 5 yaitu sebesar 0,016 mg/L, dan tertinggi di stasiun 1 sebesar 0,143 mg/L.

Zooplankton Biotic Index (ZBI)

Hasil perhitungan nilai ZBI dan kategori status trofik di perairan KKP Ujungnegoro Batang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kategori Status Trofik Berdasarkan Nilai ZBI

St	Nilai ZBI	Kategori Status Trofik (De-Carli <i>et al.</i> , 2019)
1	0,0005	Baik
2	0,0031	Baik
3	0,0028	Baik
4	0,0025	Baik
5	0,0045	Baik
6	0,0031	Baik
7	0,0035	Baik

Kategori status trofik di perairan KKP Ujungnegoro Batang pada seluruh stasiun termasuk ke dalam kategori kualitas perairan yang baik (<7,22) secara ekologis, dengan tingkat gangguan lingkungan yang rendah, sehingga masih mendukung kehidupan organisme akuatik.

Trophic Index (TRIX)

Hasil perhitungan nilai TRIX pada lokasi penelitian tersaji dalam tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan TRIX di Lokasi Penelitian

Stasiun	Nilai TRIX	Status Kesuburan	Tingkat Eutrofikasi
1	4,99	Mesotrofik	Sedang
2	4,49	Mesotrofik	Sedang
3	4,54	Mesotrofik	Sedang
4	5,07	Eutrofik	Tinggi
5	4,53	Mesotrofik	Sedang
6	5,61	Eutrofik	Tinggi
7	4,84	Mesotrofik	Sedang

Status kesuburan berdasarkan nilai TRIX pada seluruh stasiun menunjukkan nilai 4,49 – 5,61 yang mengindikasikan bahwa status perairan KKP Ujungnegoro Batang berada pada rentang mesotrofik hingga eutrofik. Secara spesifik, status perairan di stasiun 4 dan 6 termasuk ke dalam perairan eutrofik dengan tingkat eutrofikasi tinggi, sedangkan di stasiun lainnya termasuk ke dalam perairan mesotrofik dengan tingkat eutrofikasi sedang. Temuan ini menunjukkan adanya variasi tingkat kesuburan perairan di dalam kawasan konservasi, di mana beberapa titik lokasi telah mengalami peningkatan nutrien yang signifikan.

Hubungan Kelimpahan Fitoplankton, Zooplankton, Klorofil-a, Nitrat, dan Total Fosfat

Analisis regresi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antar variabel, yang mencerminkan dinamika rantai makanan di ekosistem perairan. Peningkatan konsentrasi nitrat dan fosfat terbukti memiliki korelasi yang sangat kuat dengan peningkatan klorofil-a, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 61%. Ini berarti bahwa 61% variabilitas konsentrasi klorofil-a dapat dijelaskan oleh variasi nitrat dan fosfat. Lebih lanjut, klorofil-a dan nitrat menunjukkan korelasi yang sangat kuat ($r=0,86$) dengan kelimpahan fitoplankton, yang berperan sebagai produsen utama. Hubungan ini diperkuat oleh nilai R^2 sebesar 59,8%. Terakhir, kelimpahan zooplankton (sebagai konsumen primer) memiliki korelasi yang sangat kuat ($r=0,94$) dengan konsentrasi nitrat dan kelimpahan fitoplankton. Hal ini didukung oleh nilai R^2 yang sangat tinggi, yaitu 82,9%, menunjukkan bahwa ketersediaan nutrisi dan fitoplankton menjadi faktor prediktor utama bagi kelimpahan zooplankton.

Pembahasan

Kelimpahan dan Struktur Komunitas Plankton

Kelimpahan zooplankton tertinggi diperoleh di stasiun 6 sebesar 186 ind/L, sedangkan nilai terendah di stasiun 1 sebesar 2 ind/L. Nilai terendah kelimpahan zooplankton pada stasiun 1 yaitu berada di muara sungai diduga berhubungan dengan kelimpahan fitoplankton yang rendah pula pada stasiun tersebut. Rendahnya kelimpahan zooplankton dapat diduga karena waktu pengambilan sampel pada pagi hingga siang hari, sehingga intensitas cahaya matahari sangat tinggi. Hal tersebut mempengaruhi persebaran zooplankton ke dasar perairan karena zooplankton bersifat nokturnal sehingga lebih aktif ketika malam hari (Haliza *et al.*, 2022). Sementara itu, tingginya nilai kelimpahan fitoplankton di stasiun 6 sebesar 104.591 sel/L dapat disebabkan oleh kecerahan perairan yang tergolong tinggi. Menurut Jati *et al.* (2022), kelimpahan fitoplankton yang tinggi memiliki hubungan dengan kecerahan perairan. Kecerdahan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan aktivitas fotosintesis fitoplankton di perairan.

Indeks keanekaragaman fitoplankton memiliki kategori keanekaragaman rendah yaitu di seluruh stasiun, kecuali nilai di stasiun 2 termasuk kategori keanekaragaman sedang. Indeks keanekaragaman zooplankton di stasiun 4 dan 7 termasuk keanekaragaman jenis rendah, serta pada stasiun 2, 3, 5, dan 6 termasuk ke dalam keanekaragaman jenis sedang. Kategori keanekaragaman jenis sedang dapat menunjukkan

bahwa kestabilan komunitasnya kualitas perairan sedang, penyebaran sedang, produktifitas yang cukup, dan tekanan ekologis sedang (Febrianto *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil yang diperoleh, rata-rata nilai indeks keseragaman pada fitoplankton dan zooplankton memiliki nilai rendah. Hal ini dapat disebabkan karena genus tidak tersebar dengan jumlah yang merata atau didominasi oleh salah satu genus. Menurut Setiarno *et al.* (2020), semakin merata suatu jenis pada lokasi pengamatan, maka semakin tinggi nilai indeks kemerataannya.

Nilai indeks dominansi fitoplankton di seluruh stasiun tergolong dominansi sedang. Nilai indeks dominansi zooplankton di stasiun 2, 3, 5, dan 6 tergolong dominansi rendah, sedangkan stasiun 4 dan 7 tergolong dominansi sedang. Kategori tersebut menunjukkan terdapat genus yang mendominasi di lokasi penelitian, yaitu *Leptocylindrus* sp. dan nauplius copepoda yang memiliki nilai paling tinggi. Salah satu nutrisi yaitu fosfat dapat mempengaruhi kondisi persebaran plankton. Kandungan fosfat optimum bagi pertumbuhan fitoplankton berkisar lebih dari 0,2 mg/L. Hal ini disebabkan karena fosfat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan plankton dalam proses fotosintesis (Iswanto *et al.*, 2015).

Status Trofik Berdasarkan Trophic Index (TRIX)

Nilai TRIX yang telah diperoleh memiliki nilai berkisar antara 4,49 – 5,61, sehingga status kesuburan termasuk ke dalam kategori perairan mesotrofik hingga eutrofik. Nilai skala Trophic Index (TRIX) dengan rentang nilai 5,1 – 6,0 menurut Alves *et al.* (2013) dalam Fauzan *et al.* (2018), termasuk ke dalam status kesuburan perairan eutrofik, sedangkan rentang nilai 4,1 – 5,0 termasuk ke dalam status kesuburan mesotrofik. Perairan dengan status mesotrofik merupakan perairan yang memiliki tingkat kesuburan sedang, yang mendapat masukan zat hara dalam konsentrasi sedang (Ismail *et al.*, 2018). Kondisi perairan pada tingkat mesotrofik adalah air cenderung keruh, muncul anomali warna air, serta produktivitas perairan sedang.

Status Trofik Berdasarkan Zooplankton Biotic Index (ZBI)

Berdasarkan hasil perhitungan Zooplankton Biotic Index (ZBI) di perairan KKP Ujungnegoro Batang, diperoleh hasil memiliki nilai berkisar antara 0,0005 – 0,0045. Seluruh nilai pada seluruh stasiun tersebut menurut kategori status trofik De-Carli *et al.*, (2019) termasuk ke dalam kategori nilai ZBI baik karena memiliki nilai <7,22. Nilai ZBI yang baik menunjukkan bahwa perairan KKP Ujungnegoro Batang termasuk ke dalam kualitas perairan yang baik. Penggunaan ZBI dapat digunakan efisien untuk memperkirakan parameter yang terkait seperti

kelimpahan zooplankton dan klorofil-a dengan eutrofikasi. Menurut Yağcı *et al.* (2024), dalam ekosistem perairan, zooplankton salah satu hal yang penting dalam menentukan status trofik perairan karena merupakan komponen utama dalam rantai makanan, transfer karbon, dan menekan kelimpahan fitoplankton. Salah satu kelompok zooplankton seperti rotifera merupakan indikator penting untuk kualitas air, polusi, dan proses eutrofikasi karena perubahan lingkungan yang terjadi pada perairan sangat mempengaruhinya dan responnya cepat terhadap perubahan kualitas air (Saler dan Selamoğlu, 2020).

Nilai ZBI memiliki nilai tertinggi sebesar 0,0045 pada stasiun 5. Hal ini dapat diduga karena konsentrasi nutrien di stasiun tersebut memiliki nilai yang tinggi terutama nilai klorofil-a sebagai parameter utama yang digunakan dalam perhitungan nilai ZBI. Tingginya nilai klorofil-a dapat terjadi karena tingginya kelimpahan fitoplankton, sehingga mempengaruhi nilai kelimpahan zooplankton yang menjadi konsumen pertama pemakan fitoplankton. Distribusi klorofil-a dapat dipengaruhi oleh arus karena arus di perairan akan menyebabkan terjadinya perbedaan komposisi kualitas perairan, yang selanjutnya akan adanya perbedaan komposisi fitoplankton dan zooplankton di stasiun penelitian (Marendy *et al.*, 2017).

Hubungan Nitrat dan Total Fosfat dengan Kelimpahan Fitoplankton, Kelimpahan Zooplankton, dan Klorofil-a

Nitrat mempengaruhi nilai klorofil-a sehingga memiliki korelasi positif. Hal ini dapat terjadi karena nitrat merupakan zat hara yang digunakan fitoplankton untuk proses fotosintesis yang akan membentuk klorofil-a (Prihatin *et al.*, 2016). Kelimpahan zooplankton juga bergantung pada kelimpahan fitoplankton karena merupakan makanan bagi zooplankton. Semakin subur perairan makan akan berdampak terhadap melimpahnya fitoplankton, hal ini dapat meningkatkan kelimpahan zooplankton yang mana mejadikan fitoplankton menjadi sumber makanannya (Yuliana dan Mutmainnah, 2019). Nilai klorofil-a dapat mempengaruhi kelimpahan fitoplankton karena klorofil-a adalah suatu pigmen fotosintetik yang dominan pada fitoplankton, serta umum digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai total biomassa fitoplankton. Menurut Inayati dan Farid (2020), pengukuran konsentrasi klorofil-a perairan sangat penting dilakukan karena klorofil-a dalam volume tertentu adalah ukuran untuk biomassa suatu tumbuhan (fitoplankton) yang terdapat di dalam perairan, serta dapat menentukan tingkat produktivitas primer perairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kelimpahan fitoplankton berkisar 1.459–104.591 sel/L dan zooplankton 2–186 ind/L. Fitoplankton didominasi dari jenis *Leptocylindrus* sp. dengan keanekaragaman dan keseragaman sedang-rendah, serta dominansi sedang. Zooplankton didominasi oleh nauplius copepoda dengan keanekaragaman rendah-sedang, keseragaman rendah-tinggi, dan dominansi rendah-sedang. Kualitas perairan tergolong baik berdasarkan ZBI, dan mesotrofik-eutrofik berdasarkan TRIX. Terdapat korelasi positif yang kuat antara nitrat, klorofil-a, dan kelimpahan plankton yang mengindikasikan bahwa adanya suplai nutrien dapat memicu peningkatan biomassa plankton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dalam karya ilmiah/skripsi merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) KEMENDIKBUDRISTEK 2024 dengan Nomor SK.601-120/UN7.D2/PP/VI/2024. Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, kritik, serta saran selama proses penelitian dan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, G.F., Montes, M., Gaspar, F. dan Gomes, J. 2013. *Eutrophication and Water Quality in A Tropical Brazilian Estuary. Journal of Coastal Research*, 65: 7-12.
- Aurellita, M. R., Djumiarti, T. dan Lituahyu, D. 2022. Implementasi Kebijakan Pengembangan Pariwisata Dalam Kawasan Konservasi Taman Pesisir Pantai Ujung Negoro Batang. *Journal of Public Policy and Management Review*, 12(1): 109-122.
- Cahyani, F. A., Winarno, D. W. dan Sudarwanto, A. S. 2018. Upaya Pengelolaan Wilayah Pesisir Dalam Mewujudkan Perlindungan dan Konservasi di Taman Pesisir Ujungnegoro-Roban Kabupaten Batang. *Jurnal Hukum dan Pembangunan Ekonomi*, 6(2): 203-221.
- De-Carli, B. P., Bressane, A., Longo, R. M., Manzi-Decarli, A., Moschini-Carlos, V. dan Pompêo, M. L. M. 2019. *Development of A Zooplankton Biotic Index for Trophic State Prediction in Tropical Reservoirs. Limnetica*, 38(1): 303-316.
- Fauzan, A., Melani, W. R. dan Apriadi, T. 2018. Tingkat Kesuburan Perairan di Perairan Tembeling Tanjung, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1): 22-28.

- Fauzia, A. Z., Suhartini, S. dan Sudarsono, S. 2016. Kualitas Perairan di Sungai Bedog, Yogyakarta Berdasarkan Keanekaragaman Plankton. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 5 (6): 50-61.
- Febrianto, M. T., Yusanti, I. A. dan Anwar, S. 2020. Keanekaragaman Plankton di Sungai Komering Desa Serdang Menang Kecamatan Sirah Pulau Padang Kabupaten OKI. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(1): 9-16.
- Haliza, F. D. N., Rahayu, D. R. U. S. dan Sastranegara, M. H. 2022. Struktur Komunitas Plankton pada Waktu yang Berbeda di Telaga Kumpe Banyumas. *Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 4 (3): 174-181.
- Hidayat, M. 2015. Keanekaragaman Plankton di Waduk Keuliling Kecamatan Kuta Cot Glie Kabupaten Aceh Besar. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 1(2): 67-72.
- Inayati, W. dan Farid, A. 2020. Analisis Beban Masuk Nutrien terhadap Kelimpahan Klorofil-A saat Pagi Hari di Sungai Bancaran Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(3): 406-416.
- Indriani, W., Hutabarat, S. dan Ain, C. 2016. Status Trofik Perairan Berdasarkan Nitrat, Fosfat, dan Klorofil-A di Waduk Jatibarang, Kota Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4): 258-264.
- Ismail, I., Melani, W. R. dan Apriadi, T. 2018. Tingkat Kesuburan Perairan di Perairan Kampung Madong, Kelurahan Kampung Bugis, Kota Tanjungpinang. *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1): 9-13.
- Iswanto, C. Y., Hutabarat, S. dan Purnomo, P. W. 2015. Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Keanekaragaman Plankton, Nitrat dan Fosfat di Sungai Jali dan Sungai Lereng Desa Keburuhan, Purworejo. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3): 84-90.
- Jamil, T., Kruk, C. dan ter Braak, C. J. 2014. *A Unimodal Species Response Model Relating Traits to Environment with Application to Phytoplankton Communities*. *PloS one*, 9(5): e97583.
- Jati, O. E., Rahman, A. dan Prakoso, K. 2022. Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton di Wilayah Perairan Mangrove Morosari, Demak: Abundance and Distribution of Phytoplankton in The Mangrove Water, Morosari, Demak. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(1): 58-65.
- Marendy, F. 2017. Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat Pada Musim Timur di Perairan Sekitar Muara Sungai Lumpur Kabupaten Oki Provinsi Sumatera Selatan. *Maspri Journal: Marine Science Research*, 9(1): 33-42.
- Napitupulu, A. K., Maysaroh, N. S., Masduqi, F. H., Zahra, A. N., Fahreni, A. dan Makfi, M. 2022. Pencegahan Kerusakan Ekosistem Laut di Sekitar Pmbangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batang dalam Perspektif Fikih Lingkungan. *At-Thullab: Jurnal Mahasiswa Studi Islam*, 4(1): 909-925.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamental of Ecology*, 3rd Edition, W.B Saunders Co, Philadelphia dan London. IPB. Bogor.
- Oliveira, R. B. S., Castro, C. M, dan Baptista, D. F. 2008. *Developing Multimetric Indices for Aquatic Ecosystems Integrity Bioassessment*. *Oecologia Brasiliensis*, 12: 487-505.
- Prihatin, M. S., Suprpto, D. dan Rudiyantri, S. 2016. Hubungan Nitrat dan Fosfat Dengan Klorofil-A di Muara Sungai Wulan Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(2): 27-34.
- Rahmah, N., Zulfikar A. dan Apriadi, T. 2022. Kelimpahan Fitoplankton dan Kaitannya dengan Beberapa Parameter Lingkungan Perairan di Estuari Sei Carang Kota Tanjungpinang. *Journal of Marine Research*, 11(2): 189-200.
- Rizqi, A. A., Ismunarti, D. H. dan Maslukah, L. 2024. Hubungan Klorofil-A Terhadap Parameter Lingkungan di Morodemak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 13(4): 713-720.
- Saler, S. dan Selamoğlu, Z. 2020. *Zooplankton Diversity of Three Dam Lakes in Turkey*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(5): 2720-2729.
- Setiarno, N. Hidayat, T. A. Bambang. dan Luthfi, M. 2020. Komposisi Jenis dan Struktur Komunitas serta Keanekaragaman Jenis Vegetasi di Areal Cagar Alam Bukit Tangkiling. *Jurnal Hutan Tropika*, 15(2): 150-162.
- Triyulianti, I., Ampou, E. E., Widagti, N. dan Swastana, I. G. A. 2021. Penilaian Status Trofik Ekosistem Terumbu Karang dan Lamun di Perairan Selat Lembeh dengan Aplikasi Indeks TRIX. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2): 426-435.
- Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G. dan Rinaldi, A. 1998. *Characterization of The Trophic Conditions of Marine Coastal Waters with Special Reference to The NW Adriatic Sea: Proposal for a Trophic Scale, Turbidity and Generalized Water*. *Environmetrics*. 9(3): 329-357.

Yağcı, M. A., Uysal, R., Yağcı, A. dan Yeğen, V. 2024. Investigations on The Zooplankton Distribution and Composition of Işıklı Lake (Çivril-Denizli/Türkiye), with a Trophic Status Assessment. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences (EgeJFAS)/Su Ürünleri Dergisi*, 41(1): 1-7.

Yuliana. dan Mutmainnah. 2019. Hubungan Antara Kelimpahan Zooplankton dengan Fitoplankton dan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Kastela, Ternate. *Journal of Fisheries and Marine Sciences*, 3(1): 16-25.