

STRUKTUR KOMUNITAS PLANKTON DI PERAIRAN KOTA BANGUN KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR

Structure of Plankton Community In The Waters of Kota Bangun

Moh. Mustakim, Abdunnur, Akhmad Rafi'i, Rani Novia*
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perikanan, Universitas Mulawarman
Jl. Gunung Tabur, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
Email: raninovia@fpik.unmul.ac.id

ABSTRAK

Perairan Kota Bangun (Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur) yang terhubung dengan Sungai Mahakam adalah sumber mata pencaharian utama (95% penduduknya nelayan) yang bergantung pada ikan bernilai ekonomi tinggi. Kunci kesehatan ekosistem perikanan ini adalah plankton, yang merupakan dasar rantai makanan dan bioindikator kualitas air. Saat ini, keterbatasan data komprehensif mengenai struktur komunitas plankton menghambat pengelolaan perikanan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian mendalam tentang struktur komunitas plankton di Kota Bangun sangat krusial, karena menjadi dasar ilmiah untuk pengelolaan perikanan air tawar yang efektif, mendukung populasi ikan dan menjamin keberlanjutan nelayan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi plankton, kelimpahan dan indeks ekologi di perairan Kota Bangun. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Pengambilan sampel plankton dilakukan secara vertikal (0–5 meter) menggunakan plankton net, sampel air diambil menggunakan water sampler di lima stasiun penelitian. Hasil penelitian ditemukan Jenis fitoplankton sebanyak 34 spesies, meliputi Kelas Bacillariophyceae, kelas Charophyta, kelas Chlorophyceae, kelas Cyanophyceae dan kelas Dinophyceae sedangkan jenis zooplankton ditemukan sebanyak 19 spesies, meliputi kelas Crustaceae, kelas Euglenaceae, kelas Protozoa, kelas Rotifer dan kelas Sarcodina. Nilai kelimpahan plankton tertinggi pada stasiun 5 yaitu Muara Pela dengan 20853 ind/L, Kelimpahan fitoplankton tertinggi berasal dari genus *Ulothrix aequalis* kelas Chlorophyceae sebesar 26%. Hasil analisis indeks ekologi menunjukkan bahwa perairan Kota Bangun memiliki keanekaragaman dan keseragaman individu sedang, tidak ada spesies plankton yang dominan. Kondisi ini mengindikasikan ekosistem perairan yang relatif stabil dan memiliki daya tahan terhadap perubahan lingkungan dalam menerima perubahan lingkungan perairan, ekosistem perairan yang stabil serta tidak adanya jenis plankton tertentu yang mendominasi dalam komunitas.

Kata kunci: Kelimpahan; Plankton; Struktur Komunitas; Kota Bangun

ABSTRACT

The waters of Kota Bangun (Kutai Kartanegara, East Kalimantan), which are connected to the Mahakam River, are the main source of livelihood (95% of the population are fishermen) relying on economically valuable fish. The key to the health of this fishery ecosystem is plankton, which forms the base of the food chain and serves as a bioindicator of water quality. Currently, the lack of comprehensive data on plankton community structures hinders sustainable fishery management. Therefore, in-depth research on the plankton community structure in Kota Bangun is crucial, as it provides a scientific basis for effective freshwater fishery management, supporting fish populations and ensuring the sustainability of fishermen. This study aims to determine the composition of plankton, their abundance, and ecological indices in the waters of Kota Bangun. This research is a descriptive quantitative study. Plankton sampling was conducted vertically (0–5 meters) using a plankton net, and water samples were collected using a water sampler at five research stations. The study found 34 species of phytoplankton, including the classes Bacillariophyceae, Charophyta, Chlorophyceae, Cyanophyceae, and Dinophyceae, while 19 species of zooplankton were found, including the classes Crustaceae, Euglenaceae, Protozoa, Rotifera, and Sarcodina. The highest plankton abundance was at station 5, Muara Pela, with 20,853 individuals per liter. The highest phytoplankton abundance came from the genus *Ulothrix aequalis*, class Chlorophyceae, accounting for 26%. The results of the ecological index analysis indicate that the waters of Kota Bangun have moderate diversity and evenness of individuals, with no dominant plankton species. This condition suggests a relatively stable aquatic ecosystem with resilience to environmental changes, a stable aquatic ecosystem, and the absence of any particular plankton species dominating the community.

Keywords: Abundance; Plankton; Community Structure; Kota Bangun

PENDAHULUAN

Kota Bangun, yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, merupakan wilayah perairan

vital yang kaya akan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati. Perairan spesifik di kawasan ini, yaitu sungai dan danau yang berhubungan langsung dengan Sungai Mahakam,

berfungsi sebagai sumber kehidupan utama bagi masyarakat lokal. Sungai Mahakam sebagai sungai terpanjang di Kalimantan Timur memainkan peran integral dalam ekosistem dan mata pencaharian di Kota Bangun. Perairan di sini menopang mayoritas penduduk sekitar 95% masyarakat perairan berprofesi sebagai nelayan air tawar yang sangat bergantung pada hasil tangkapan komoditas perikanan andalan, yang mencakup jenis ikan putihan (seperti repang, kendia, patin, lais, baung) dan ikan hitam (gabus, toman, lele) yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

Kesehatan ekosistem perairan ini sangat bergantung pada plankton. Plankton adalah dasar dari rantai makanan perairan. Fitoplankton bertindak sebagai produsen primer melalui fotosintesis, menyediakan energi dasar sedangkan zooplankton adalah konsumen primer, berperan sebagai sumber pangan penting bagi populasi ikan (Siregar *et al.*, 2025; Masithah, 2023). Keberadaan plankton sangat krusial sebagai bioindikator. Plankton yang sensitif terhadap perubahan lingkungan dapat mencerminkan kondisi, kesuburan, dan kualitas lingkungan perairan, termasuk tingkat (Siregar *et al.*, 2025).

Perairan Kota Bangun memiliki peran ekologis dan sosial-ekonomi yang signifikan, ekosistemnya menghadapi ancaman serius, termasuk tekanan langsung ekosistem pencemaran dan sedimentasi sudah teridentifikasi mengancam habitat dan kelangsungan hidup spesies endemik, seperti pesut mahakam dan berbagai jenis ikan lokal. Selain itu potensi tekanan lingkungan eksternal sebagai bagian dari sistem sungai mahakam, perairan ini rentan terhadap dampak aktivitas hilir dan hulu, seperti pertambangan, penebangan hutan (yang meningkatkan sedimentasi), serta ancaman jangka panjang dari

perubahan iklim yang dapat memengaruhi suhu air dan siklus hidrologi, sehingga secara langsung memengaruhi populasi plankton. Analisis komprehensif mengenai struktur komunitas plankton (komposisi, kelimpahan, dan indeks ekologi) di perairan spesifik Kota Bangun saat ini masih sangat terbatas. Keterbatasan data ekologis yang kuat mengenai kondisi plankton ini menyebabkan pengelolaan sumber daya perikanan lokal menjadi kurang informatif dan tidak didasarkan pada ilmu pengetahuan yang kuat. Oleh karena itu, penelitian mendalam untuk mengisi kesenjangan data ini sangat penting. Pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, yang bertujuan untuk meningkatkan populasi plankton, akan secara langsung mendukung pertumbuhan populasi ikan dan menjamin keberlanjutan mata pencaharian nelayan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai aspek ekologi plankton di perairan Kota Bangun. Secara spesifik, penelitian ini akan mengidentifikasi komposisi jenis plankton, menghitung dan menginterpretasi kelimpahan mutlak dan kelimpahan relatif plankton, serta melakukan analisis mendalam terhadap indeks ekologi plankton di perairan tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian Struktur Komunitas Plankton di Perairan Kota Bangun dilaksanakan pada Maret – Juni Tahun 2024. Identifikasi plankton dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman, peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

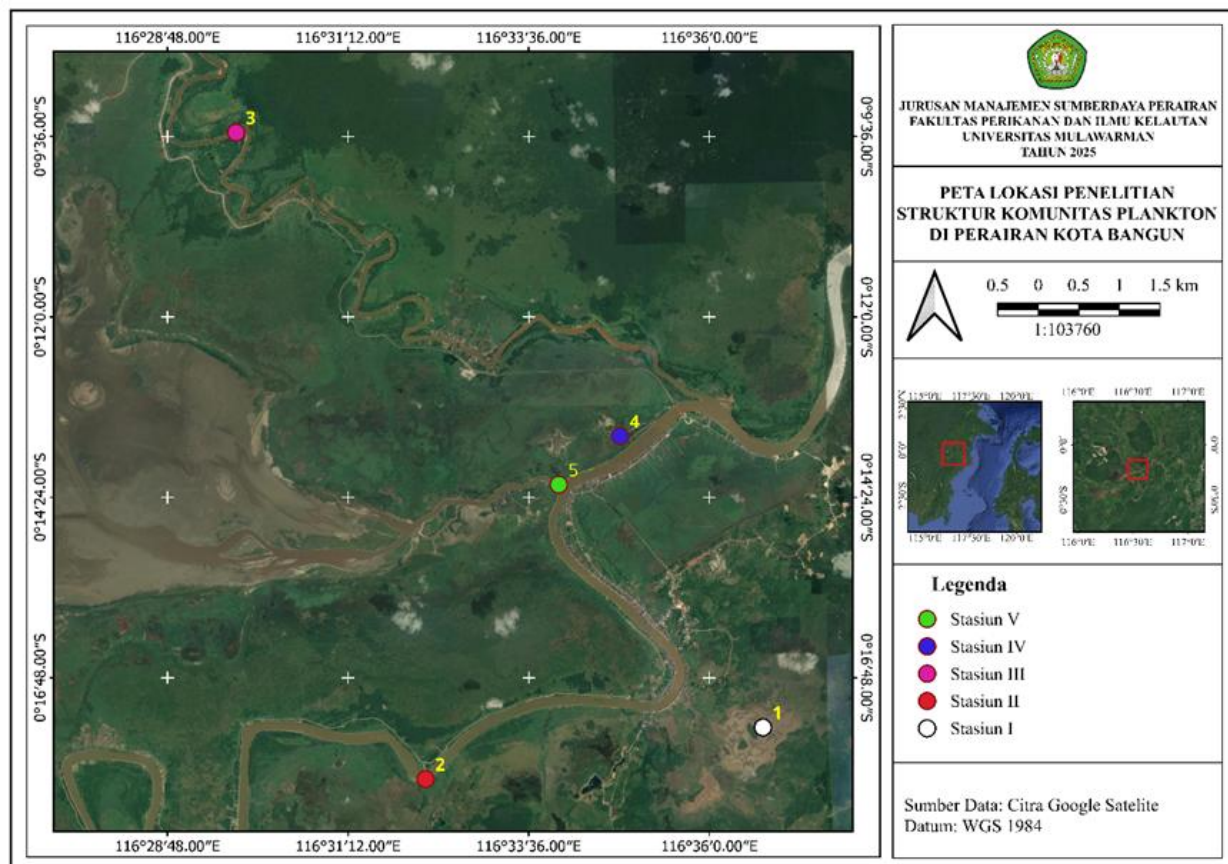


Figure 1. Research Location Map
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling*. Adapun stasiun sampling terdiri dari 5 stasiun, yaitu stasiun 1 berada di Zona Inti Danau Kedang Murung (stasiun ini mewakili kondisi perairan lentik (relatif tenang dan lambat mengalir), stasiun 2 di Sungai Mahakam Desa Kedang Murung (stasiun ini mewakili perairan lotik (mengalir deras) dan menjadi titik penentu utama yang merepresentasikan karakteristik air dari hulu Sungai Mahakam), stasiun 3 di Sungai Belayan Teluk Muda (salah satu anak sungai (tributary) utama Mahakam), stasiun 4 di Zona Inti Loakang (stasiun ini mewakili perairan lentik sekunder atau perairan memiliki interaksi berbeda dengan Mahakam) dan stasiun 5 berada di Muara Pela (stasiun ini mewakili zona transisi atau ekoton)

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi parameter biologi (jenis dan jumlah individu plankton) serta parameter fisika-kimia (suhu, DO, dan pH). Parameter ini sudah bisa mewakili sebagai indikator dasar kesehatan dan kondisi fisik perairan yang memengaruhi komunitas plankton.

Pengukuran parameter fisika-kimia (suhu, DO, dan pH) dilakukan secara in situ di setiap stasiun menggunakan multi-parameter water quality meter (Horiba U-10).

Prosedur Pengambilan Sampel Plankton

Pengambilan sampel plankton dilakukan di setiap stasiun dengan menyaring total volume 100 liter air perairan. Air diambil secara bertahap menggunakan metode *Bucket* (20 kali pengambilan berkapasitas 5 liter, disaring melalui jaring plankton yang memiliki ukuran mata jaring 80 μm , diameter mulut 0,31 meter, dan panjang jaring 1 meter. Hasil dari penyaringan tersebut dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah diberi label titik stasiun dengan volume 100 ml sampel air yang disaring, sesuai dengan prosedur standar untuk analisis parameter biologis (APHA, 2017). Penandaan label dan volume yang konsisten sangat krusial untuk memastikan akurasi data pada saat analisis laboratorium. Sampel kemudian diberi larutan lugol. Sampel selanjutnya dimasukkan ke dalam *cool box*, sampel kemudian diidentifikasi. Identifikasi Plankton dilakukan dengan menggunakan buku acuan *The Marine and Fresh-Water Plankton*, Davis (1955). Metode yang digunakan adalah *Sedgewick-Rafter* sebanyak tiga kali ulangan dengan menggunakan mikroskop Olympus CX21 dengan perbesaran (40x) sampai (100x) sehingga didapatkan objek yang jelas (Fary, 2010). Identifikasi Plankton dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman.

Struktur Komunitas Plankton

Kelimpahan (D)

Kelimpahan plankton dihitung dengan menggunakan modifikasi *Lacky Drop Microtransecting Methods* (APHA, 2017).

$$N = \left(\frac{T}{L}\right) \times \left(\frac{P}{p}\right) \times \left(\frac{V}{v}\right) \times \left(\frac{1}{D}\right) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana N = Jumlah sel per liter (sel/liter), L = Luas satu lapang pandang (mm^2), P = Jumlah plankton dari 10 lapang pandang, p = Jumlah lapang pandang (10), V = Volume

sampel dalam botol contoh (30 ml), v = Volume sampel pada gelas objek (1 ml) dan D = Luas gelas penutup (1000 mm^2).

Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman (H') menggambarkan populasi organisme agar mempermudah dalam menganalisa informasi jumlah individu masing-masing jenis dalam suatu komunitas. Untuk menganalisis tingkat keanekaragaman fitoplankton, digunakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener. Indeks ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara jumlah spesies dan kelimpahan individu dalam suatu komunitas (Beals *et al.*, 2023). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \times \ln(P_i)) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana H' = indeks keanekaragaman jenis, S = jumlah jenis yang menyusun komunitas, $P_i = (n_i/N)$ atau rasio antara jumlah jenis i (n_i) dengan jumlah jenis individu total dalam komunitas (N) dan \ln = logaritma natural.

Hubungan Indeks keanekaragaman Shannon – Wiener dengan kisaran tingkat stabilitas perairan yaitu:

- $H' > 3$ Kondisi komunitas biota stabil, artinya bahwa tingkat kompetisi antar individu tidak tinggi, laju regenerasi antar spesies berlangsung normal tanpa tekanan.
- $1 < H' < 3$ Kondisi komunitas biota sedang, artinya kondisi biota mudah berubah hanya dengan mengalami pengaruh lingkungan yang relatif kecil.
- $H' < 1$ Kondisi komunitas biota tidak stabil, artinya bahwa komunitas biota bersangkutan sedang mengalami gangguan faktor lingkungan.

Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi menentukan apakah individu-individu lebih terpusatkan pada satu atau beberapa jenis dari suatu tingkat pertumbuhan atau suatu areal, maka digunakan besaran dari indeks Dominansi menurut Oksanen dkk., 2022 dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \sum_{i=1}^S P_i^2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana C = Indeks dominansi Simpson, S = Jumlah jenis spesies, n_i = Jumlah total individu spesies i, N = Jumlah seluruh individu dalam total n dan $P_i = n_i/N$ = sebagai proporsi jenis ke-i

Kriteria yang digunakan untuk menginterpretasikan indeks dominansi tersebut yaitu:

Table 1. Dominance index criteria (C)

Tabel 1. Kriteria Indeks Dominansi (C)

Kriteria	Indeks dominansi
Tinggi	$0,75 < C < 1$
Sedang	$0,5 < C < 0,75$
Rendah	$0 < C < 0,5$

Source: Krebs (1978)

Sumber: Krebs (1978)

Indeks Keseragaman (E)

Menghitung indeks keseragaman (*Equabilitas/regubilitas*) plankton dapat menggunakan rumus perbandingan indeks *Evennes* (E) yang dikemukakan oleh Oksanen dkk., 2022 yaitu:

$$E = \frac{H'}{H'_{maks}} = \frac{H'}{\ln S} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana E' = Indeks keseragaman (Evennes), H' = Indeks keanekaragaman (Shannon) dan S = Jumlah spesies.

Indeks Keseragaman (E) berkisar antara 0 hingga 1. Apabila nilai indeks mendekati 0, hal tersebut menunjukkan adanya kecenderungan dominasi oleh spesies tertentu dalam komunitas tersebut. Sebaliknya, apabila nilai indeks mendekati 1, maka distribusi individu antar spesies cenderung merata, yang mengindikasikan bahwa ekosistem berada dalam keadaan relatif stabil (Oksanen dkk., 2022).

Table 2. Criteria for Uniformity Index of Species

Tabel 2. Kriteria Indeks Keseragaman Spesies

Kriteria	Indeks keseragaman
Tidak seragam	0,00 – 0,25
Kurang seragam	0,26 – 0,50
Cukup seragam	0,51 – 0,75
Hampir seragam	0,76 – 0,95
Seragam	0,96 – 1,00

Sumber: Oksanen dkk., 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Komunitas Plankton

Struktur komunitas plankton di stasiun Muara Pela memiliki kelimpahan tinggi dengan tingkat keragaman dan keseragaman yang rendah serta dominansi yang tinggi, menandakan beberapa spesies mendominasi komunitas tersebut. Sebaliknya, Sungai Belayan Teluk Muda menunjukkan komunitas plankton yang lebih beragam dan keseragaman yang lebih baik, dengan dominansi rendah,

menandakan distribusi plankton yang lebih seimbang. Hasil dari analisis struktur komunitas plankton disajikan pada Tabel 3.

Kelimpahan (D)

Hasil perhitungan dan analisis plankton di 5 (lima) stasiun, menunjukkan kelimpahan plankton berkisar antara 3213 ind/L – 20853 ind/L, dengan rata-rata jumlah plankton pada seluruh stasiun sebesar 10634 ind/L (Gambar 1).



Figure 1. Plankton Abundance

Gambar 1. Kelimpahan Plankton

Hasil identifikasi plankton diperoleh kelimpahan plankton tertinggi pada stasiun 5 (lima) yaitu 20853 ind/L, hal ini disebabkan oleh pada lokasi tersebut memiliki kondisi fisika-kimia air yang optimal untuk mendukung pertumbuhan dan reproduksi plankton, seperti arus air yang tidak terlalu kuat sehingga plankton bisa tumbuh dengan baik sedangkan kelimpahan plankton terendah terdapat pada stasiun 2 (dua) yaitu 3213 ind/L, kelimpahan yang berbeda-beda pada setiap stasiun ini disebabkan oleh berbagai faktor fisika-kimia lingkungan perairannya. Pratiwi *et al.*, (2015) mengatakan bahwa faktor kimia dan fisika lingkungan juga memainkan peran penting. Perubahan drastis pada faktor kimia dan fisika di suatu perairan dapat menyebabkan tekanan lingkungan (*stress*) yang berujung pada penurunan kelimpahan atau pergantian spesies plankton yang mampu beradaptasi dengan kondisi tersebut.

Table 3. Abundance Analysis (D) (Ind/L), Diversity Index (H'), Evenness Index (E), and Dominance Index (C).

Tabel 3. Analisis Kelimpahan (D) (Ind/L), Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keseragaman (E), dan Indeks Dominansi (C).

Struktur Komunitas	Stasiun Penelitian					Rata-Rata
	Zona Inti Danau Kedaung Murung	Sungai Mahakam Desa Kedang Murung	Sungai Belayan Teluk Muda	Zona Inti Loakang	Muara Pela	
Kelimpahan (D)	5859	3213	8505	14742	20853	10634
Jumlah Taksa	19	15	32	30	24	24
Indeks keanekaragaman (H')	2.56	2.42	3.19	2.44	2.22	2.57
Indeks Keseragaman (E)	0.87	0.89	0.92	0.72	0.7	0.82
indeks Dominansi (C)	0.11	0.12	0.05	0.18	0.19	0.13

Kelimpahan Relatif Plankton

Kelimpahan relatif fitoplankton tertinggi pada saat penelitian berasal dari genus *Ulothrix aequalis* kelas Chlorophyceae dengan nilai berkisar antara 3,92 – 39,32%, jenis lain yang ditemukan relatif tinggi adalah jenis *Surirella elegans* kelas Bacillariophyceae (Tabel 4). Keberadaan genus

Ulothrix aequalis kelas Chlorophyceae menandakan bahwa perairan di sekitar Kota Bangun menyediakan ketersediaan pakan alami dari tingkat produsen, ditemukannya genus *Ulothrix* dengan kelimpahan relatif tertinggi pada saat penelitian merupakan hal yang wajar, karena *Ulothrix* merupakan salah satu genus dari divisi Chlorophyta yang

umum dan dominan ditemukan pada perairan tawar (sungai, danau, atau waduk) di Indonesia, dan dikenal memiliki toleransi yang baik terhadap perubahan lingkungan (Jati *et al.*, 2022; Ambarwati *et al.*, 2019). Tingginya kelimpahan *Ulothrix aequalis* di Kota Bangun menunjukkan bahwa perairan di lokasi tersebut memiliki karakteristik lingkungan yang sangat cocok untuk pertumbuhannya, seperti tingginya DO yang mendukung kelimpahan *Ulothrix aequalis* karena menunjukkan kondisi air yang subur dengan oksigen cukup dan nutrisi yang memadai, yang kondusif untuk pertumbuhan *Ulothrix aequalis* menjadi salah satu genus ganggang hijau yang paling dominan di perairan tawar, berkontribusi pada ekosistem perairan sebagai produsen utama.

Kelimpahan relatif tertinggi pada zooplankton ditemukan pada *Platyas platulus* sebesar (0.74-6.45%) dari kelas Rotifer, jenis lain yang ditemukan relative tinggi adalah jenis *Arcella vulgaris* (5.88%) dari kelas Sarcodina dan *Polyarthra sp* (5.88%) dari kelas Rotifer (Table 4). *Polyarthra sp.* adalah genus Rotifera yang banyak ditemukan di perairan

tawar, khususnya di muara sungai dan danau. Penelitian menunjukkan bahwa *Polyarthra sp.* dapat menjadi salah satu spesies dominan dalam komunitas zooplankton di perairan tersebut. Sebagai bagian dari komunitas zooplankton, *Polyarthra sp.* memainkan peran penting dalam ekosistem perairan. Jenis ini berfungsi sebagai indikator kesehatan ekosistem dan berkontribusi pada rantai makanan, menyediakan sumber makanan bagi ikan dan organisme akuatik lainnya. Keberadaan mereka sering kali berkorelasi dengan kondisi lingkungan yang baik, seperti kualitas air yang optimal dan ketersediaan nutrisi yang cukup. Keberadaan *Arcella vulgaris* dari kelas Sarcodina sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kecerahan air dan tingkat pencemaran. Spesies ini cenderung berkembang biak dengan baik di perairan yang kaya akan nutrisi tetapi juga terpengaruh oleh polusi. *Arcella vulgaris* berfungsi sebagai indikator penting dalam studi ekologi perairan.

Table 4. Relative Abundance of Plankton in the Waters of Kota Bangun

Tabel 4. Kelimpahan Relative Plankton di Perairan Kota Bangun

No.	Jenis Plankton	Stasiun Penelitian				
		1	2	3	4	5
A	Fitoplankton					
1	Bacillariophyceae					
	<i>Achnanthes sp</i>	-	-	1.48	-	-
	<i>Asterionella sp</i>	-	-	-	0.85	-
	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	-	-	-	0.43	-
	<i>Climacosphenia moniliger</i>	2.15	-	4.44	0.43	0.60
	<i>Cyclotella comta</i>	-	-	1.48	-	-
	<i>Fragillaria sp</i>	-	-	1.48	0.43	-
	<i>Navicula sp</i>	-	1.96	2.96	1.71	-
	<i>Nitzschia sp</i>	1.08	-	-	-	-
	<i>Surirella elegans</i>	24.7	25.4	2.96	8.12	20.54
	<i>Surirella robusta</i>	6.45	5.88	1.48	3.85	5.44
	<i>Synedra tabulata</i>	-	-	4.44	-	-
	<i>Synedra ulna</i>	-	-	2.96	-	-
	<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	5.93	6.41	4.83
2	Charophyta					
	<i>Micrasterias sp</i>	-	-	-	-	0.91
3	Chlorophyceae					
	<i>Microspora sp</i>	13.9	9.80	6.67	5.13	11.18
	<i>Acanthocystis sp</i>	-	-	5.19	-	-
	<i>Ankistrodesmus sp</i>	-	-	1.48	-	-
	<i>Chlamydomonas sp</i>	2.15	-	2.96	1.71	-
	<i>Desmidium sp</i>	-	-	0.74	-	0.91
	<i>Lagerheimia citrififormis</i>	-	-	0.74	0.85	-
	<i>Oedogonium sp</i>	-	-	-	-	0.60
	<i>Palmella sp</i>	-	-	-	1.71	0.91

No.	Jenis Plankton	Stasiun Penelitian				
		1	2	3	4	5
	<i>Pediastrum sp</i>	4.30	-	3.70	5.98	3.93
	<i>Scenedesmus sp</i>	-	-	5.93	0.85	1.21
	<i>Spirogira sp</i>	-	5.88	1.48	0.85	-
	<i>Staurastrum sp</i>	-	-	1.48	1.28	-
	<i>Stigeoclonium sp</i>	-	-	-	-	0.60
	<i>Ulothrix aequalis</i>	9.68	3.92	11.85	39.32	34.74
4	Cyanophyceae					
	<i>Anabaena sp</i>	-	3.92	-	0.85	1.21
	<i>Gomphosphaeria aponina</i>	-	-	-	0.43	1.21
	<i>Microcystis sp</i>	3.23	-	3.70	2.14	3.63
	<i>Oscillatoria sp</i>	-	1.96	1.48	-	-
	<i>Spirulina sp</i>	-	5.88	2.96	-	-
5	Dinophyceae					
	<i>Amphidinium sp</i>	3.23	13.7	8.15	2.99	1.21
B.	Zooplankton					
1	Crustacea					
	<i>Diacyclops disjanchus</i>	1.08	-	-	0.43	-
	<i>Diaptomus sp</i>	2.15	-	-	-	-
	<i>Encyclops serrulatus</i>	-	-	-	-	-
2	Euglenaceae					
	<i>Euglena acus</i>	-	-	-	1.28	1.51
	<i>Euglena oxyuris</i>	3.23	-			
	<i>Euglena tuba</i>	-	-	1.48	-	-
	<i>Phacus longicaudata</i>	-	-	0.74	-	0.91
	<i>Phacus undulatus</i>	-	-	0.74	0.43	-
	<i>Trachelomonas ensifela</i>	-	-	-	0.43	-
3	Protozoa					
	<i>Diffugia limnetica</i>	-	-	-	-	0.60
	<i>Diffugia globulosa</i>	-	-	-	-	-
	<i>Strombomon flufiatilis</i>	-	-	-	0.43	-
4	Rotifer					
	<i>Anuraeopsis sp</i>	2.15	-	0.74	0.43	0.91
	<i>Philodina sp</i>	3.23	-	-	-	-
	<i>Platyas platulus</i>	6.45	3.92	0.74	0.85	-
	<i>Polyarthra sp</i>	3.23	5.88	-	4.27	0.91
	<i>Proales sp</i>	3.23	1.96			
	<i>Trypila sp</i>	-	3.92	2.22	-	0.91
5	Sarcodina					
	<i>Arcella vulgaris</i>	4.30	5.88	5.19	5.13	0.60
	Total	100	100	100	100	100

Indeks Keanekaragaman (H')

Hasil perhitungan Indeks keanekaragaman (*Diversity Index*) plankton yang teramati pada seluruh Perairan Kota Bangun dari 5 (lima) stasiun, menunjukkan nilai indeks keseragaman berkisar 2.22 - 3.19, dengan rata-rata nilai indeks dominansi pada seluruh stasiun adalah 2.57 (Gambar 3). Hasil identifikasi plankton pada seluruh stasiun diperoleh keanekaragaman plankton tertinggi terdapat pada stasiun 3 (tiga) yaitu 3.19 menunjukkan indeks keanekaragaman yang tinggi karena memiliki nilai keanekaragaman lebih dari 3, dimana kondisi komunitas biota stabil, artinya bahwa tingkat kompetisi antar individu tidak tinggi, laju regenerasi antar spesies berlangsung normal tanpa tekanan. Kisaran nilai Indeks Keanekaragaman ini menunjukkan bahwa seluruh stasiun pengamatan memiliki tingkat keanekaragaman komunitas yang sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa produktivitas perairan berada pada tingkat yang cukup serta terdapat keseimbangan yang memadai antara jumlah spesies dan kelimpahan individu dalam ekosistem tersebut (Bellinger *et al.*, 2015). Pada stasiun 1, stasiun 2, stasiun 4 dan stasiun 5 memiliki indeks keanekaragaman yang sedang, dimana nilai keanekaragaman $1 \leq H' \leq 3$ yaitu kemampuan penyebaran individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas sedang.

Indeks Keseragaman (E)

Hasil perhitungan indeks keseragaman (*Equitability Index*) plankton di perairan Kota Bangun berkisar 0.7 - 0.92 dengan rata-rata nilai indeks keseragaman pada seluruh stasiun adalah 0.82 (Gambar 3). Nilai indeks keseragaman pada 5 (lima) stasiun ini memiliki nilai keseragaman mendekati 1, hal ini menunjukkan bahwa pada perairan Kota Bangun tersebut dalam keadaan yang relatif stabil dimana suatu komunitas semakin tinggi atau jumlah individu antar spesies pada komunitas relatif sama. Hal ini disebabkan karena pada 5 (lima) stasiun tersebut memiliki nilai indeks keseragaman yang tinggi, yang didukung oleh berbanding terbaliknya nilai indeks dominansi yang memiliki nilai rendah karena tidak ada spesies tunggal yang menguasai sumber daya atau lingkungan tersebut. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Oksanen *et al.*, (2022), nilai indeks keseragaman memiliki korelasi negatif atau berbanding terbalik dengan nilai indeks dominansi. Ketika individu terdistribusi secara merata di antara semua spesies yang ada, maka tingkat dominansi oleh satu spesies tertentu akan menurun, yang menunjukkan stabilitas komunitas yang lebih tinggi.

Indeks Dominansi (C)

Hasil Perhitungan Indeks dominasi (C) plankton di Perairan Kota Bangun berkisar 0.05 - 0.19 dengan rata-rata nilai indeks dominansi pada seluruh stasiun adalah 0.13 (Gambar 3). Nilai indeks dominansi plankton pada 5 (lima) stasiun penelitian menunjukkan nilai C masih mendekati 0, dimana tidak ada plankton yang mendominasi di perairan Kota Bangun. Hal ini disebabkan karena pada kelima stasiun tersebut memiliki nilai indeks dominansi yang rendah artinya baik, yang didukung pula oleh berbanding terbaliknya nilai indeks keseragaman yang memiliki nilai tinggi. Sebagaimana yang dijelaskan dalam Oksanen *et al.*, (2022), nilai indeks keseragaman memiliki hubungan yang berbanding terbalik

dengan nilai indeks dominansi. Hal ini dikarenakan indeks dominansi mengukur pemusatan kelimpahan pada spesies tertentu, sehingga semakin tinggi dominansi, maka struktur komunitas akan semakin tidak seimbang atau tidak merata (Hillebrand *et al.*, 2018). Nilai ini juga menunjukkan bahwa pada seluruh periode tidak ada jenis plankton yang mendominasi, sehingga tidak ada jenis plankton yang mengendalikan masing-masing stasiun pada wilayah perairan sekitar Tanjung Sembilang. Keberadaan fitoplankton yang cukup berlimpah akan menyediakan asupan pakan yang cukup bagi organisme yang memanfaatkannya, sehingga dalam rantai makanan akan kembali terjadi kesetimbangan alami.

Ketiga indeks di atas (Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi) merupakan indeks yang digunakan untuk menilai kestabilan komunitas biota perairan (plankton) dalam hubungannya dengan kondisi lingkungan perairan pada stasiun pengamatan. Mengacu kepada ketiga indeks tersebut di atas, terlihat bahwa secara umum mempunyai keanekaragaman dan penyebaran individu yang sedang dalam menerima perubahan lingkungan perairan, ekosistem perairan yang stabil serta tidak adanya jenis plankton tertentu yang mendominasi dalam komunitas artinya menunjukkan bahwa ekosistem perairan Kota Bangun berada dalam kondisi komunitas yang relatif seimbang. Ekosistem yang seimbang dengan rantai makanan yang sehat akan mendukung pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan reproduksi ikan (khususnya ikan air tawar endemik) secara normal, dengan kondisi komunitas biota yang stabil, perairan ini dapat terus mendukung aktivitas penangkapan ikan oleh nelayan Kota Bangun dalam jangka panjang, menunjukkan bahwa perairan tersebut saat ini produktif dan sehat untuk perikanan (Gambar 3).

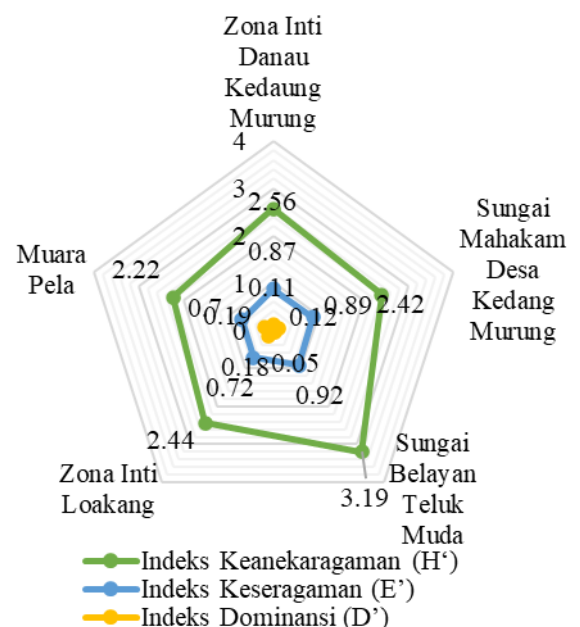


Figure 3. Performance of the Plankton Ecology Index for Kota Bangun

Gambar 3. Performa Indeks Ekologi Plankton Kota Bangun

Komposisi Jenis Plankton

Identifikasi jenis plankton selama survey ditemukan sebanyak 53 spesies yang terdiri dari fitoplankton sebanyak 34

jenis dan zooplankton sebanyak 19 jenis. Berikut informasi jenis plankton yang ditemukan selama survey di sepanjang Perairan Kota Bangun. Jenis fitoplankton yang ditemukan di perairan sekitar perairan Kota Bangun selama survei terdiri dari 34 spesies, meliputi Kelas Bacillariophyceae (13 spesies), kelas Charophyta (1 spesies), kelas Chlorophyceae (14 spesies), kelas Cyanophyceae (5 spesies) dan kelas Dinophyceae (1 spesies) sedangkan jenis zooplankton ditemukan sebanyak 19 spesies, meliputi kelas Crustaceae sebanyak (3 spesies), kelas Euglenaceae (6 spesies), kelas Protozoa (3 spesies), kelas Rotifer (6 spesies) dan kelas Sarcodina (1 spesies), (Gambar 4).

Gambar 4 menunjukkan bahwa Dominasi fitoplankton ditemukan pada kelas Chlorophyceae yaitu sebesar 26%, komposisi urutan kedua ditemukan pada kelas Bacillariophyceae (25%), dan pada komposisi paling sedikit ditemukan pada kelas Charophyta dan kelas Dinophyceae (1%), Sedangkan Komposisi Zooplankton yang ditemukan dan didominasi pada kelas Euglenaceae dan kelas Rotifer yaitu sebesar (11%), pada komposisi paling sedikit ditemukan pada kelas Sarcodina dengan presentase sebesar 1%. Apabila ditinjau lebih dalam terkait komposisi Plankton (Fitoplankton dan Zooplankton) selama penelitian maka secara umum, pola dominansi komposisi plankton secara simultan relative tidak berubah, dimana kelas Chlorophyceae, kelas Bacillariophyceae, kelas Euglenaceae dan kelas Rotifer memiliki sebaran dan jumlah spesies yang relative lebih tinggi dari pada kelas plankton lainnya (Gambar 5).

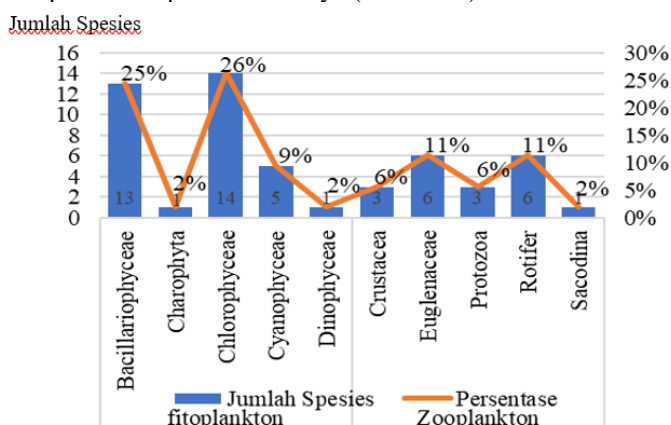


Figure 4. Plankton Composition in the Waters of Kota Bangun
Gambar 4. Komposisi Plankton di Perairan Kota Bangun

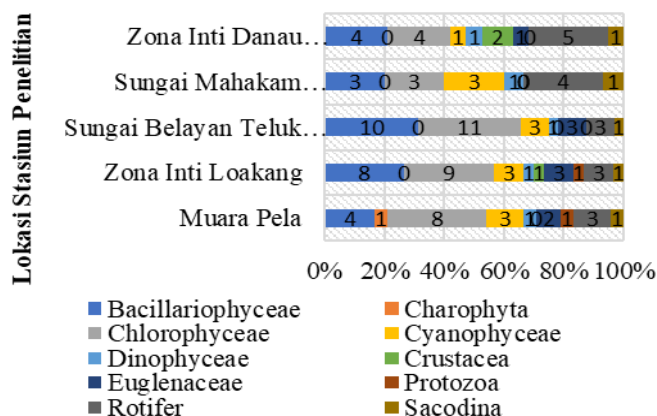


Figure 5. Plankton Composition at Each Station
Gambar 5. Komposisi Plankton di Setiap Stasiun

Gambar 5. menunjukkan bahwa secara simultan dapat dinyatakan bahwa fitoplankton kelas Chlorophyceae selalu

ditemukan dan mendominasi di setiap stasiun pengambilan sampel, sedangkan jenis zooplankton pada kelas Euglenaceae dan kelas Rotifer relatif selalu ditemukan dan hampir di setiap titik pengambilan sampel.

Dominansi Chlorophyceae di Kota Bangun bisa disebabkan karena fitoplankton di perairan tersebut termasuk dalam kelas yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan. Kelas Chlorophyceae dapat bertahan dalam kondisi perairan yang tidak stabil dan beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan parameter fisika-kimia air, seperti pH dan salinitas selain itu kelas ini mempunyai adaptasi yang tinggi dan ketahanan hidup pada berbagai kondisi perairan termasuk kondisi ekstrim, sehingga memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan lingkungan. Armiani *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan signifikan pada kelimpahan *Chlorophyceae* seiring dengan tingginya konsentrasi nutrisi. Hal ini menegaskan bahwa kelompok ini sangat responsif dan adaptif terhadap kondisi perairan yang kaya akan bahan organik atau nutrisi yang berasal dari aktivitas manusia. Kemampuan adaptasi Chlorophyceae terhadap kondisi eutrofik (kaya nutrisi) serta efisiensinya dalam memanfaatkan asupan nitrogen dan fosfor dari limbah antropogenik (Bellinger & Sigee, 2015) dapat menjelaskan dominasi kelompok ini di perairan Kota Bangun. Keberadaan mereka yang melimpah mencerminkan tingginya masukan nutrisi yang berasal dari aktivitas nelayan maupun permukiman di sekitar bantaran sungai (Reynolds, 2016). Berdasarkan pernyataan Fauziah & Laily (2015), kelas Chlorophyceae terdiri dari banyak spesies yang memiliki berbagai bentuk morfologi dan cara hidup (planktonik, epifit, bentik), yang memungkinkan mereka untuk mengisi berbagai niche ekologis dalam ekosistem perairan. Keberagaman ini juga meningkatkan peluang mereka untuk mendominasi di berbagai kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, kombinasi dari kemampuan adaptasi, proses fotosintesis yang efisien, nilai nutrisi tinggi, serta keberagaman spesies membuat kelas Chlorophyceae menjadi kelompok alga yang dominan di pada penelitian ini.

Komposisi yang relative tinggi kedua ditemukan pada kelompok zooplankton yaitu kelas Euglenaceae dan kelas Rotifer dengan jumlah masing-masing spesies sebanyak 6 spesies (11%) yang memiliki tingkat toleransi yang relatif baik seperti kelas Chlorophyceae. Euglenaceae, yang termasuk dalam kelompok yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang berubah, seperti variasi suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi. Oleh karena itu berdasarkan Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa dinamika dan pola distribusi komposisi plankton di perairan kota Bangun secara konsisten didominasi oleh jenis fitoplankton (Kelas Chlorophyceae). Pola distribusi Chlorophyceae biasanya menunjukkan dominansi karena kompetisi yang efektif dan kemampuan kolonisasi yang kuat, yang menghasilkan komposisi relatif yang tinggi dalam komunitas plankton.

Kualitas Perairan

Berdasarkan hasil pengukuran suhu pada seluruh stasiun penelitian antara 27,4°C – 30,9°C (Gambar 6) dengan nilai rata-rata suhu pada lokasi penelitian yaitu 29,6°C, Kisaran suhu ini mendukung laju fotosintesis yang optimal, yang kemungkinan berkontribusi pada tingginya kelimpahan fitoplankton, terutama di stasiun yang memiliki intensitas cahaya matahari cukup dengan demikian suhu pada lokasi penelitian masih dalam kisaran optimum untuk proses

fotosintesis. Hal ini sejalan dengan pernyataan Lurling *et al.*, (2020) bahwa suhu merupakan faktor fisik utama yang memengaruhi laju fotosintesis di perairan, baik secara langsung melalui aktivitas enzimatis maupun secara tidak langsung melalui pengaruhnya terhadap stratifikasi kolom air dan ketersediaan nutrisi. Peningkatan suhu dalam batas optimal dapat mempercepat proses metabolisme, namun suhu yang ekstrem dapat menghambat efisiensi fotosintetik fitoplankton (Raven & Beardall, 2021). Pengaruh secara langsung yakni suhu berperan untuk mengontrol reaksi enzimatis dalam proses fotosintesis. Suhu yang tinggi dapat menaikkan laju maksimum fotosintesis, sedangkan pengaruh tidak langsung yakni dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang pada gilirannya akan mempengaruhi distribusi plankton.

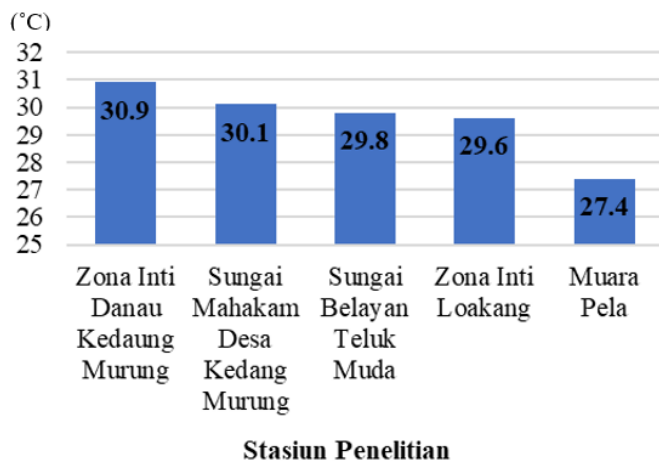


Figure 6. Temperature at Each Station in the Waters of Kota Bangun

Gambar 6. Suhu Setiap Stasiun di Perairan Kota Bangun

Berdasarkan hasil pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*) pada seluruh stasiun penelitian berkisar antara 2,9 mg/L – 5,5 mg/L (Gambar 7.) dengan nilai rata-rata yaitu 5 mg/L. Parameter oksigen terlarut (DO), sangat penting untuk keberlangsungan hidup plankton di perairan tawar. Baku mutu untuk DO dalam konteks perairan tawar umumnya ditetapkan minimal 5 mg/L untuk mendukung kehidupan biota akuatik. Oksigen Terlarut (DO) di Stasiun 2 Kota Bangun menunjukkan adanya tekanan lingkungan, DO yang rendah (hipoksia) bisa menurunkan laju metabolisme dan laju pertumbuhan plankton. Beberapa spesies yang tidak mampu beradaptasi akan mengalami kematian, sehingga total kelimpahan menurun sebagaimana pendapat dari Pratiwi *et al.*, (2015) secara spesifik menyebutkan bahwa perubahan drastis pada faktor fisika-kimia, termasuk Oksigen Terlarut, dapat menyebabkan tekanan lingkungan (*stress*) yang berujung pada penurunan kelimpahan atau pergantian spesies plankton yang mampu beradaptasi dengan kondisi tersebut. kondisi DO yang terdegradasi akibat dekomposisi bahan organik akan mendominasi dan menjadi faktor pembatas yang kuat, menyebabkan kelimpahan total plankton rendah di stasiun 2. Lokasi penelitian di Muara Pela menunjukkan bahwa nilai DO dari lima stasiun penelitian di perairan Kota Bangun menunjukkan adanya variasi kondisi kualitas air yang signifikan, dengan sebagian besar stasiun berada dalam kondisi yang memadai, namun satu stasiun mengalami kondisi hipoksia (kekurangan oksigen). Oksigen terlarut (DO) merupakan parameter kritis dalam menentukan

kualitas perairan tawar dan keberlangsungan hidup plankton. Memastikan kadar DO tetap di atas baku mutu minimum adalah kunci untuk menjaga kesehatan ekosistem perairan dan mendukung keanekaragaman hayati di dalamnya.

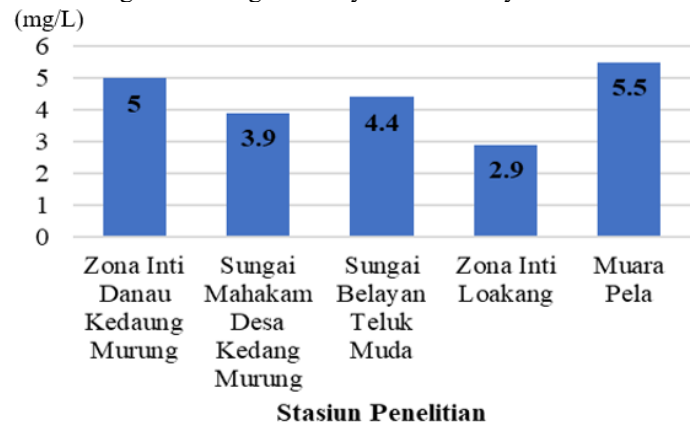


Figure 7. DO at Each Station in the Waters of Kota Bangun
Gambar 7. DO Setiap Stasiun di Perairan Kota Bangun

Derajat keasaman suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain oleh proses fotosintesis yang dilakukan oleh plankton khususnya fitoplankton. Hasil pengukuran pH pada seluruh stasiun penelitian berkisar antara 6,1 – 6,9 (Gambar 8) dengan nilai rata-rata pengukuran yaitu 6,54. Baku mutu pH untuk plankton air tawar sangat penting untuk memastikan kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisme tersebut. Kisaran pH yang diperoleh masih sesuai untuk kehidupan fitoplankton dengan diperkuat oleh Gurning *et al.*, (2020) menyatakan bahwa derajat keasaman (pH) yang optimum untuk fitoplankton berkisar antara 6,5 – 8,0.

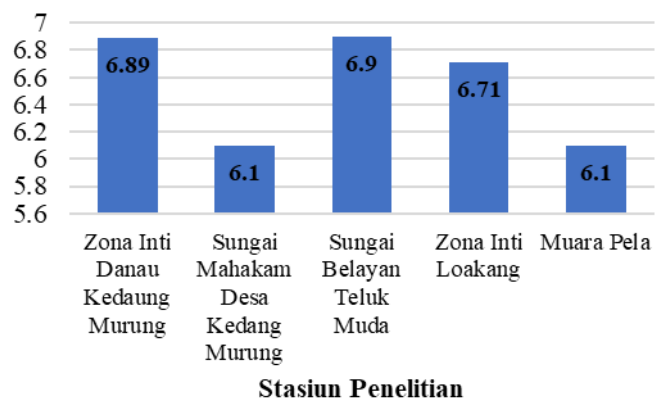


Figure 8. pH at Each Station in the Waters of Kota Bangun
Gambar 8. pH Setiap Stasiun di Perairan Kota Bangun

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas, dari hasil penelitian berjudul Struktur Komunitas Plankton di Perairan Kota Bangun dapat diambil kesimpulan yaitu jenis fitoplankton yang ditemukan di perairan sekitar perairan Kota Bangun selama survei terdiri dari 34 spesies, meliputi Kelas Bacillariophyceae (13 spesies), kelas Charophyta (1 spesies), kelas Chlorophyceae (14 spesies), kelas Cyanophyceae (5 spesies) dan kelas Dinophyceae (1 spesies) sedangkan jenis zooplankton ditemukan sebanyak 19 spesies, meliputi kelas

Crustaceae sebanyak (3 spesies), kelas Euglenaceae (6 spesies), kelas Protozoa (3 spesies), kelas Rotifer (6 spesies) dan kelas Sacodina (1 spesies).

Kelimpahan plankton pada seluruh stasiun dengan kisaran 3213 ind/L – 20853 ind/L, dengan rata-rata jumlah plankton pada seluruh stasiun sebesar 10634 ind/L. Tingginya kelimpahan di stasiun 5 yaitu Perairan Muara Pela, disebabkan karena tingginya DO yang di peroleh, hal ini disebabkan oleh tingginya aktivitas fotosintesis yang terjadi di lingkungan tersebut. Kelimpahan relatif fitoplankton tertinggi pada saat penelitian berasal dari genus *Ulothrix aequalis* kelas Chlorophyceae dengan nilai berkisar antara 3,92 – 39,32%, jenis lain yang ditemukan relative besar adalah jenis *Surirella elegans* kelas Bacillariophyceae, sedangkan kelimpahan relative tertinggi pada zooplankton ditemukan pada dari *Arcella vulgaris* sebesar 21,10% dari kelas Sacodina, jenis lain yang ditemukan relative besar adalah jenis *Polyarthra sp* 14,29% dari kelas Rotifer.

Hasil indeks Ekologi di Kota Bangun tergolong dalam perairan yang mempunyai keanekaragaman dan penyebaran individu yang sedang dalam menerima perubahan lingkungan perairan, ekosistem perairan yang stabil serta tidak adanya jenis plankton tertentu yang mendominasi dalam komunitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung penelitian ini dalam bentuk material maupun non material. Pihak-pihak tersebut diantaranya adalah Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, LP2M Universitas Mulawarman dan Pemegang Kepentingan Kota Bangun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, R., Harly, R. E., & Sunarto, B. (2019). Keanekaragaman Fitoplankton di Waduk Bili-Bili, Gowa, Sulawesi Selatan. *Jurnal Biologi Tropis*, 2(2), 154-162.
- APHA, AWWA, & WEF (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23rd Edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- Armiani, E., Wulandari, R., & Hartati, R. (2019). Hubungan antara Kualitas Perairan dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Estuari Sungai Silugonggo, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 24(1), 34-42.
- Beals, M., Gross, L., & Harrell, S. (2023). *Diversity Indices: Shannon's H' and Simpson's D*. University of Tennessee.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Environmental Applications*. Wiley Blackwell.
- Davis, C. C. (1955). *The Marine and Fresh-Water Plankton*. Michigan State University Press, East Lansing.
- Fauziah, S. M., & Laily, A. N. (2015). Identifikasi Mikroalga dari Divisi Chlorophyta di Waduk Sumber Air Jaya Dusun Kreet Kecamatan Bululawang Kabupaten Malang. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(1), 20–22.
- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & Suryono, S. (2020). Kelimpahan fitoplankton penyebab harmful algal bloom di perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 251260. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>.
- Hillebrand, H., et al. (2018). Biodiversity change is caused by changes in species loss, gain and dominance". *Ecology Letters*, 21(6), 807-815.
- Jati, H. K., Sastrawidana, I. D. K., & Pratiwi, A. (2022). Hubungan Kualitas Air dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Cimanuk Hilir, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Perairan dan Kelautan*, 7(1), 1-10.
- Krebs, C. J. (1978). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Edisi ke-2. New York: Harper and Row Publishers.
- Lurling, M., et al., (2020). Climate Change and Water Quality: The Response of Algae and Cyanobacteria. *Water*, 12(4).
- Masithah, E. D. (2023). *Plankton*. Penerbit Yayasan Penerbit Muhammad Zaini. (Buku/Bab yang menjelaskan peran fitoplankton sebagai produsen dan zooplankton sebagai sumber pangan ikan).
- Oksanen, J., dkk. (2022). *Community Ecology Package: Vegan*. R Package Documentation.
- Pratiwi, N., Purbani, M., & Soemarno. (2015). Analisis Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton Serta Hubungannya dengan Kualitas Perairan di Waduk Sempor, Jawa Tengah. *Jurnal Biotropika*, 3(2), 79-87.
- Raven, J. A., & Beardall, J. (2021). Influence of Photosynthesis on Marine and Freshwater Environments. *Journal of Experimental Botany*.
- Reynolds, C. S. (2016). *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Siregar, S. H., Mubarak, Effendi, I., & Kurniawan, R. (2025). *Plankton: Peranan dalam Keseimbangan Perairan*. Purbalingga: Eureka Media Aksara. (Diterbitkan Januari 2025).