

Keanekaragaman Zooplankton pada Variasi Kedalaman di Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan

Isnaini¹, Riris Aryawati², Ester Mei Susanti², Tengku Zia Ulqodry², Hartoni³, Heron Surbakti⁴, Fauziyah¹

¹Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

²Laboratorium Bioekologi Kelautan, Universitas Sriwijaya

³Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Kelautan, Universitas Sriwijaya

⁴Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662

Email: isnaini@mipa.unsri.ac.id

Abstrak

Muara Sungai Musi berperan penting bagi masyarakat sekitar pinggiran sungai, karena berfungsi sebagai tempat untuk mencari ikan, sebagai sarana jalur transportasi di perairan. Adanya aktivitas tersebut berdampak pada penurunan kualitas perairan, dimana zooplankton memainkan fungsi penting pada perairan dengan mentransfer energi dari produsen utama di suatu daerah ke konsumen yang lebih tinggi di perairan ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan komposisi zooplankton, menganalisis kelimpahan zooplankton dan menganalisis hubungan biodiversitas, kelimpahan zooplankton dengan parameter lingkungan pada kedalaman yang berbeda. Penentuan titik sampling dilakukan dengan metode *random sampling* sebanyak 9 stasiun pada kedalaman 0 m, 3 m dan 6 m. Pengambilan sampel zooplankton menggunakan *planktonet* dan pengukuran parameter perairan dilakukan secara *insitu*. Sampel zooplankton dilakukan analisis kelimpahan dan biodiversitas serta hubungannya terhadap parameter perairan dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Berdasarkan hasil penelitian zooplankton di muara Sungai Musi ditemukan sebanyak 50 genera terdiri dari 14 kelas dan 8 filum. Rata rata Kelimpahan zooplankton semakin dalam perairan, kelimpahan zooplankton semakin tinggi. Biodiversitas zooplankton pada kedalaman 0 m, 3 m dan 6 m memiliki keanekaragaman tergolong sedang, keseragaman zooplankton semakin dalam perairan semakin tinggi dan tidak ada jenis zooplankton yang mendominasi. Hubungan biodiversitas dan kelimpahan zooplankton dengan parameter lingkungan menunjukkan kecepatan arus, salinitas dan suhu kelimpahan, keanekaragaman dan keseragaman zooplankton.

Kata kunci : Keanekaragaman, Muara Sungai Musi, Variasi kedalaman, Zooplankton

Abstract

Zooplankton Diversity at Different Depths in the Musi River Estuary, Banyuasin Regency, South Sumatera

The Musi River estuary plays an important role for communities living along the riverbanks, as it serves as a place for fishing and as a means of transportation on the water. These activities have an impact on the decline in water quality, where zooplankton plays an important role in the water by transferring energy from primary producers in an area to higher consumers in this water. The objectives of this study were to determine the types and composition of zooplankton, analyse zooplankton abundance, and analyse the relationship between biodiversity, zooplankton abundance, and environmental parameters at different depths. Sampling points were determined using the random sampling method at nine stations at depths of 0 m, 3 m, and 6 m. Zooplankton samples were collected using a plankton net, and water parameter measurements were conducted in situ. Zooplankton samples were analysed for abundance and biodiversity, as well as their relationship to water parameters, using Principal Component Analysis (PCA). Based on the results of zooplankton research at the mouth of the Musi River, 50 genera consisting of 14 classes and 8 phyla were found. On average, zooplankton abundance increased with water depth. Zooplankton biodiversity at depths of 0 m, 3 m, and 6 m was classified as moderate, while zooplankton uniformity increased with water depth, and no zooplankton species dominated. The relationship between zooplankton biodiversity and abundance with environmental parameters shows that current velocity, salinity, and temperature affect zooplankton abundance, diversity, and uniformity.

Keywords: Diversity, Depth variation, Musi River Estuary, Zooplankton

PENDAHULUAN

Plankton merupakan biota air yang memiliki peran penting di suatu perairan yang mencakup zooplankton (hewan) dan fitoplankton (tumbuhan) yang hidupnya melayang-layang mengikuti arus dan memiliki pergerakan yang pasif. Menurut Ramadansyah dan Efri (2022) peranan penting plankton di suatu perairan yaitu sebagai produsen primer dan awal dalam mata rantai makanan sehingga plankton seringkali dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan. Plankton memiliki fungsi sebagai bioindikator perairan, hal itu dikarenakan plankton memiliki tingkat kepekaan yang tinggi terhadap adanya pencemaran di perairan.

Muara Sungai Musi berperan penting bagi masyarakat sekitar pinggiran sungai, karena berfungsi sebagai tempat untuk mencari ikan, daerah pemukiman bagi penduduk dan juga digunakan sebagai sarana jalur transportasi di perairan. Adanya aktivitas ini berdampak pada organisme air. Meningkatnya aktivitas manusia di area tersebut akan memengaruhi keseimbangan ekosistem di Muara Sungai Musi. Dampak yang akan ditimbulkan oleh aktivitas manusia adalah penurunan kualitas air di ekosistem Muara Sungai Musi (Nurhayati *et al.*, 2016)

Muara Sungai Musi merupakan perairan yang banyak mengandung unsur hara yang berasal dari air sungai yang mengalir menuju ke lautan (Aryawati *et al.*, 2022), dengan adanya pengaruh proses fisika dan kimia yang meliputi salinitas, suhu, arus dan pasang surut akan mengakibatkan daerah muara memperoleh produktivitas serta fluktuasi kualitas perairan yang tinggi. Tingginya produktivitas dan fluktuasi juga dipengaruhi oleh adanya zooplankton di perairan tersebut.

Jenis dan kelimpahan zooplankton dapat bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan di air. Mutu air sangat memengaruhi kelangsungan hidup makhluk hidup di dalamnya. Menurut Prianto *et al.* (2010) perubahan struktur komunitas zooplankton (keanekaragaman, kelimpahan, dominasi dan keseragaman) dapat menunjukkan bahwa perairan tersebut telah terganggu atau mengalami perubahan.

Zooplankton terdapat di semua kedalaman air karena kemampuannya untuk bergerak, sekalipun lemah, mereka dapat melakukan migrasi vertikal (Setiawati dan Izmiarti, 2018). Persebaran dan keragaman zooplankton bergantung pada ketersediaan makanan, keanekaragaman lingkungan, keberadaan tekanan ikan predator,

suhu air, polutan, oksigen terlarut, hembusan angin memicu pergerakan dan interaksi dengan faktor biotik dan abiotik lainnya. Menurut Toruan dan Sulawesty (2007) kedalaman yang berbeda mempunyai faktor lingkungan perairan yang berbeda, sehingga diduga memiliki biodiversitas zooplankton yang berbeda pada setiap kedalaman perairan.

Tujuan dari penelitian ini menganalisis kelimpahan dan menggambarkan biodiversitas zooplankton, serta menganalisis hubungan biodiversitas dan kelimpahan zooplankton dengan parameter lingkungan pada kedalaman yang berbeda di perairan muara Sungai Musi.

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel zooplankton dilakukan di perairan Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan serta identifikasi dan penghitungan jumlah individu zooplankton dilakukan di Laboratorium Bioekologi Kelautan Universitas Sriwijaya.

Penentuan titik sampling pada penelitian dilakukan dengan metode *purposive random sampling*. Menurut Saputra dan Deni, (2018) *random sampling*, merupakan metode pengambilan sampel dimana lokasi diidentifikasi secara *random* (acak) melalui perwakilan wilayah dari lokasi penelitian. Stasiun yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 9 stasiun yang meliputi daerah Muara Sungai Musi. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengambilan sampel zooplankton dilakukan pada 3 kedalaman yaitu 0 m, 3 m dan 6 m. Pada kedalaman 0 m (permukaan perairan) air diambil sebanyak 100 liter kemudian disaring menggunakan *planktonet* dengan ukuran mesh 25 μm , sedangkan pada 3 dan 6 m pengambilan air dengan cara memasukkan selang sesuai dengan kedalaman sampling dan sampel air dipompa ke permukaan dengan menggunakan mesin air sebanyak 100 liter, kemudian disaring menggunakan *planktonet*.

Sampel air yang sudah tersaring dimasukkan ke dalam botol sampel yang bervolume 100 ml lalu diawetkan dengan menggunakan formalin hingga mencapai konsentrasi 4% dan lugol sebanyak 2 tetes. Masing-masing botol sampel zooplankton diberikan nama stasiun dan kedalaman kemudian dimasukkan ke dalam *cool box*. Sampel zooplankton kemudian diidentifikasi di Laboratorium.

Identifikasi zooplankton dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 40x dilakukan sebanyak 5 kali pengamatan pada setiap botol sampel. Zooplankton yang terlihat pada mikroskop difoto dan dilakukan perhitungan. Hasil yang diperoleh kemudian diidentifikasi kelas dan genusnya menggunakan buku identifikasi plankton, Omura *et al.* (2012).

Pengambilan data kualitas air berupa parameter fisika dan kimia perairan. Parameter yang memengaruhi perubahan suatu perairan secara fisik meliputi parameter suhu, salinitas, kecerahan perairan, dan arus. Adapun parameter kimia adalah faktor yang penting dalam menjaga kesetimbangan unsur-unsur kimia di perairan meliputi kadar oksigen dalam air (DO) dan tingkat keasaman (pH).

Data jenis zooplankton yang didapat dari hasil identifikasi kemudian dilakukan perhitungan komposisi, kelimpahan dan indeks biodiversitas menggunakan *Microsoft Excel* dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, dilanjutkan dengan menganalisis hubungan parameter perairan terhadap keanekaragaman dan kelimpahan zooplankton dan diinterpretasikan secara deskriptif menggunakan analisis PCA (*Principal Component Analysis*) dengan menggunakan perangkat lunak Xlstat.

Komposisi jenis zooplankton pada setiap stasiun dapat dihitung dengan menggunakan rumus Odum (1996), adalah sebagai berikut.

$$P_i = \frac{n_i}{N} \times 100\%$$

Keterangan: P_i = Komposisi genus (%); n_i = Jumlah individu tiap jenis (ind) yang diamati; N = Jumlah total individu (ind)

Kelimpahan zooplankton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Wickstead, (1965) :

$$D = \frac{q}{f \times v}$$

Keterangan: D = Kelimpahan zooplankton (ind/liter); q = Jumlah zooplankton (ind) yang tercacah; f = Volume air yang diamati (ml)/volume air yang tersaring (ml); v = Volume air yang disaring (liter)

Biodiversitas zooplankton dapat diketahui dengan menganalisis indeks keanekaragaman, keseragaman dan dominansi. Berdasarkan Odum (1996) indeks keanekaragaman zooplankton di

suatu perairan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener yaitu sebagai berikut :

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$$

Keterangan: H' = Indeks keanekaragaman jenis; p_i = Jumlah kelimpahan suatu genus dari seluruh genus (n_i/N); n_i = Jumlah individu/jenis; N = Jumlah individu semua jenis; $\ln$ = Logaritma natural/ $\log_2$

Kriteria keanekaragaman Krebs (1999): $H' < 1$ = Keanekaragaman rendah; $1 \leq H' \leq 3$ = Keanekaragaman sedang; $H' > 3$ = keanekaragaman tinggi

Indeks keseragaman dilakukan untuk mencari tahu seberapa banyak kesamaan yang zooplankton miliki terhadap distribusi populasi individu dari setiap spesies pada tingkat komunitas (Krisanti *et al.*, 2021). Indeks keseragaman zooplankton di perairan Muara Sungai Musi dapat diketahui dengan menggunakan rumus Evennes (Odum, 1996) yaitu :

$$E = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Keterangan: E = Indeks Keseragaman ; H' = Indeks Keanekaragaman; $H'_{max} = \ln s$ (s merupakan jumlah spesies zooplankton)

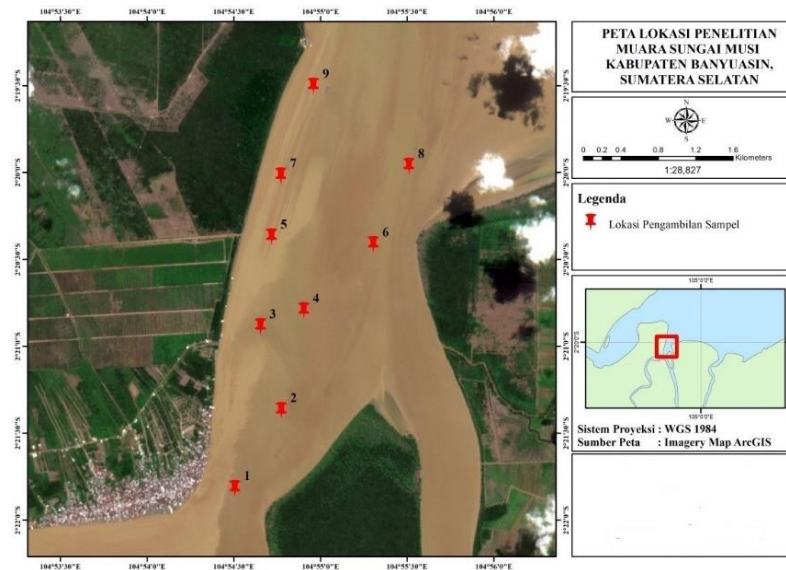
Nilai kriteria indeks keseragaman dapat dilihat pada Krebs (1999) berkisar antara 0-1 dengan kriteria sebagai berikut: $E < 0,4$ = Keseragaman jenis rendah; $0,4 \leq E \leq 0,6$ = Keseragaman jenis sedang; $E > 0,6$ = Keseragaman jenis tinggi

Menurut Odum (1996) nilai indeks dominansi digunakan untuk mengetahui apakah suatu genus tersendiri dominan di dalam suatu komunitas zooplankton nilai indeks dominansi bisa dihitung menggunakan rumus berikut :

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan: C = Indeks dominansi; n_i = Jumlah individu dari jenis ke- i ; N = Jumlah total individu

Kriteria dominansi menurut Odum (1996): $0 < C \leq 0,5$: Tidak Ada Dominansi; $0,5 < C < 1$: Ada Dominansi



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter kualitas perairan berpengaruh besar terhadap kelimpahan zooplankton di suatu perairan, semakin banyak unsur hara di perairan maka perairan tersebut subur dan berpotensi besar adanya zooplankton, semakin banyak zooplankton menandakan perairan tersebut terdapat banyak ikan. Parameter kualitas perairan di Muara Sungai Musi dapat dilihat pada Tabel 1. Parameter lingkungan suhu perairan pada kedalaman 0 m (permukaan perairan) memiliki nilai rata-rata 30,52°C, dimana suhu tersebut lebih tinggi dari pada kedalaman 3 m dan 6 m, yaitu dengan rata-rata suhunya 29,59°C dan 28,98°C. Tingginya suhu permukaan (0 m) dikarenakan lapisan permukaan perairan langsung terkena paparan sinar matahari. Menurut Putri *et al.* (2019) tingginya suhu di suatu perairan disebabkan oleh adanya pencampuran air dan tingginya cahaya matahari, sebagaimana faktor aktifitas yang ada dalam perairan ini. Zooplankton akan mengalami pertumbuhan yang cepat ketika suhu di perairan tinggi 15-35°C. Menurut Romimohtarto dan Juwana (1998) sebagai organisme akuatik, plankton dipengaruhi oleh suhu selama perkembangannya, begitu juga dengan larva, pada suhu yang lebih tinggi larva akan berkembang lebih cepat. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan plankton berkisar antara 20-30°C (Lampert dan Soomer, 2007).

Rata-rata nilai salinitas pada ketiga kedalaman, permukaan (0 m), 3 m, dan 6 m, yaitu

masing-masing 19,63 ppt; 23,77 ppt dan 26,04 ppt ini menunjukkan semakin dalam perairan nilai salinitas semakin tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu dan salinitas di muara erat kaitannya dengan dinamika komunitas zooplankton. Misalnya, sebuah studi tentang estuari Sungai Yangtze menyoroti pengaruh kritis suhu dan salinitas terhadap komposisi dan kelimpahan komunitas (Xu *et al.*, 2025). Perubahan aliran air tawar dapat mengubah gradien suhu dan salinitas, yang sangat penting bagi pertumbuhan dan reproduksi populasi zooplankton.

Perairan muara Sungai Musi terdapat berbagai faktor yang memengaruhi kadar salinitas dalam air antara lain pola sirkulasi air, evaporasi, curah hujan, dan aliran sungai (*Run off*) di sekitar wilayah perairan. Selain itu, pergerakan air laut yang disebabkan oleh pasang surut berperan dalam membentuk keanekaragaman zooplankton. Berdasarkan hasil penelitian Heltria *et al.* (2022) bahwa distribusi salinitas di muara Sungai Musi dipengaruhi oleh sirkulasi pasang surut dan aliran sungai pada saat pasang terdapat masuknya air laut sehingga terjadi peningkatan salinitas, sedangkan saat surut didominasi aliran air sungai terjadi penurunan salinitas. Keanekaragaman zooplankton sangat dipengaruhi oleh salinitas, baik kuantitas maupun kualitasnya (Widyarini *et al.*, 2017). Kisaran nilai salinitas yang baik bagi pertumbuhan zooplankton adalah 11-40 ‰ (Mariyati *et al.*, 2020)

Nilai pH perairan pada ketiga kedalaman, permukaan (0 m), 3 m dan 6 m berkisar 6,95 – 7,51, nilai tersebut bersifat netral dan normal masih mendukung untuk pertumbuhan fitoplankton dan zooplankton. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 ukuran pH yang baik bagi biota laut berkisar 7-8.5.

Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter perairan yang memengaruhi organisme perairan termasuk perkembangan hidup zooplankton. Hasil pengamatan kandungan DO yang didapat berkisar antara 7,37-9,57 mg/l. Kandungan DO yang didapat pada setiap stasiun masih dalam kondisi normal. Hal ini sesuai dengan keputusan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 yang menyatakan bahwa nilai oksigen terlarut yang optimum bagi biota laut harus lebih dari 5 mg/l. Konsentrasi DO yang baik sangat penting untuk proses respirasi dan metabolisme zooplankton. Hasil penelitian Wisner *et al.* (2018) menunjukkan bahwa banyak zooplankton hidup

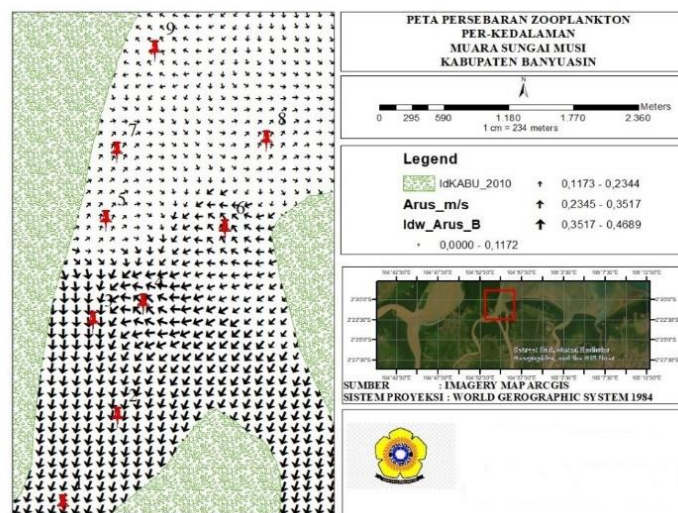
mendekati batas fisiologis mereka dan sangat sensitif terhadap perubahan konsentrasi oksigen kecil ($\leq 1\%$), variabilitas konsentrasi DO yang tidak terduga dapat mempengaruhi distribusi zooplankton, penurunan DO menyebabkan perubahan besar struktur dan fungsi ekosistem.

Kecepatan arus merupakan salah satu parameter perairan yang sangat memengaruhi keberadaan zooplankton, hal itu dikarenakan zooplankton merupakan organisme kecil yang hidupnya melayang mengikuti arus. Menurut Nurachmi *et al.* (2021) plankton merupakan mikroorganisme yang mengapung di air dan merupakan perenang yang lemah (pasif), sehingga pergerakannya dipengaruhi oleh pergerakan arus. Arus di perairan muara Sungai Musi memiliki kecepatan yang bervariasi yaitu berkisar antara 0,13 – 0,47 m/s, menurut Rozirwan *et al.* (2021), kecepatan arus di perairan muara Sungai Musi berkisar antara 0,02 – 0,08 m/s. Arah arus perairan muara Sungai Musi

Tabel 1. Parameter Kualitas Perairan

Kedalaman (m)	Stasiun	Suhu (°C)	pH	Salinitas (ppt)	DO (mg/l)	Kec. Arus (m/s)	Arah Arus (°)	Arah	Kecerahan (cm)
0	1	30,70	7,43	15,00	9,10	0,33	202	S	75,11
	2	30,40	7,23	18,67	7,37	0,43	190	S	85,33
	3	31,67	7,48	17,67	7,57	0,47	173	S	70,20
	4	30,20	6,95	19,67	8,57	0,33	324	BL	63,23
	5	29,93	7,37	19,00	8,60	0,17	12	U	76,57
	6	30,57	7,45	17,33	9,57	0,27	337	BL	67,58
	7	28,97	7,34	24,00	8,67	0,13	22	U	60,35
	8	30,97	7,43	18,67	8,23	0,17	17	U	84,10
	9	31,27	7,38	26,67	7,47	0,13	343	U	52,02
3	1	30,13	7,19	19,67	-	-	-	-	-
	2	30,33	7,12	21,67	-	-	-	-	-
	3	30,03	7,33	22,00	-	-	-	-	-
	4	30,07	7,25	24,00	-	-	-	-	-
	5	28,90	7,37	24,33	-	-	-	-	-
	6	29,27	7,25	22,33	-	-	-	-	-
	7	28,38	7,51	26,27	-	-	-	-	-
	8	30,17	7,36	25,17	-	-	-	-	-
	9	29,08	7,42	28,50	-	-	-	-	-
6	1	28,21	7,25	24,33	-	-	-	-	-
	2	29,43	7,26	23,33	-	-	-	-	-
	3	30,10	7,38	25,67	-	-	-	-	-
	4	29,50	7,27	26,67	-	-	-	-	-
	5	29,17	7,40	26,00	-	-	-	-	-
	6	28,43	7,37	24,67	-	-	-	-	-
	7	28,33	7,42	27,33	-	-	-	-	-
	8	29,43	7,37	27,67	-	-	-	-	-
	9	28,23	7,51	28,67	-	-	-	-	-

Ket : S : Selatan; U : Utara; dan BL: Barat Laut; - : tidak dilakukan pengukuran



Gambar 2. Kecepatan dan Arah Arus di Muara Sungai Musi

menunjukkan bahwa arah datang dari laut menuju ke perairan tawar (Gambar 2), hal ini dapat dilihat melalui vektor arus yang mengarah masuk ke Sungai Musi. Arah pergerakan arus stasiun 1-4 menuju pasang dan mengarah ke selatan sedangkan pada stasiun 5-9 arus bergerak menuju surut dan mengarah ke utara.

Kecerahan memengaruhi distribusi dari zooplankton (Mariyati *et al.*, 2020) meskipun kecerahan perairan tidak berkaitan dengan zooplankton secara langsung, namun kecerahan berkaitan dengan fotosintesis yang diperlukan oleh fitoplankton (produsen primer) yang merupakan sumber makanan utama dari zooplankton. Menurut Paramudhita *et al.* (2018) zooplankton cenderung bermigrasi secara vertikal karena zooplankton sensitif terhadap cahaya matahari. Tingkat kecerahan perairan muara Sungai Musi menunjukkan semakin dalam perairan tingkat kecerahan akan berkurang, hal ini berkaitan dengan penetrasi cahaya yang masuk ke perairan. Selain itu, tingginya tingkat kecerahan dipengaruhi oleh kondisi perairan yang dalam dan pengaruh material tersuspensi yang mulai berkurang. Nilai kecerahan yang tinggi memberikan pengaruh yang baik bagi proses fotosintesis fitoplankton dan memiliki dampak yang besar yaitu meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air.

Komposisi Zooplankton

Komposisi zooplankton di perairan muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin memiliki 8 filum dan 14 kelas (Gambar 3) yaitu copepoda (22

genus), malacostraca (7 genus), Branchiopoda (1 genus), Thecostraca (1 genus), Maxillopoda (1 genus), Ostracoda (1 genus), Nemertea Incertae Sedis (1 Genus), Polychaeta (3 genus), Bivalvia (2 genus), Gastropoda (3 genus), Appendicularia (1 genus), Eurotatoria (2 genus), Oligotrichea (4 genus), dan Tubulinea (1 genus).

Kelas *copepoda* merupakan jenis zooplankton yang paling banyak ditemukan diberbagai kedalaman baik itu permukaan (0 m), 3 m dan 6 m (Gambar 3). Wati *et al.* (2019) menyatakan bahwa zooplankton dari kelas *copepoda* melimpah di area pesisir dengan nilai persentase sebesar 50% dari total zooplankton. *Copepoda* mendominasi komunitas plankton dengan proporsi 70 - 90% dan berperan penting antara produsen primer dan predator kecil dan besar (Weldrick *et al.*, 2024; Bielecka *et al.*, 2024). Begitu juga Moreno & Sasaki (2023) mengungkapkan bahwa *copepoda* juga berfungsi sebagai jembatan penting dalam jaring makanan laut, mentransfer energi dari produsen primer seperti fitoplankton ke tingkat trofik yang lebih tinggi, termasuk ikan dan hewan laut lainnya.

Copepoda merupakan crustacea holoplankton yang berukuran sangat kecil yang banyak ditemukan di perairan laut dan samudera (Sari *et al.*, 2018). *Copepoda* merupakan herbivora primer sehingga keberadaanya sangat penting (Kwok *et al.*, 2015). *Copepoda* merupakan zooplankton yang memiliki kemampuan beradaptasi yang baik bahkan terhadap kondisi oseanografi di suatu daerah pesisir yang dinamis

misalnya salinitas dan suhu sehingga ketika dibandingkan dengan jenis yang lainnya *copepoda* lebih melimpah. Kelimpahan dan strategi makan *copepoda* menempatkannya sebagai pemain kunci dalam siklus biogeokimia, berkontribusi besar pada siklus karbon laut meskipun ada kekhawatiran tentang bagaimana perubahan iklim dan pengasaman laut dapat memengaruhi populasi dan peran ekologi mereka (Demayo *et al.*, 2021; Behbehani *et al.*, 2022).

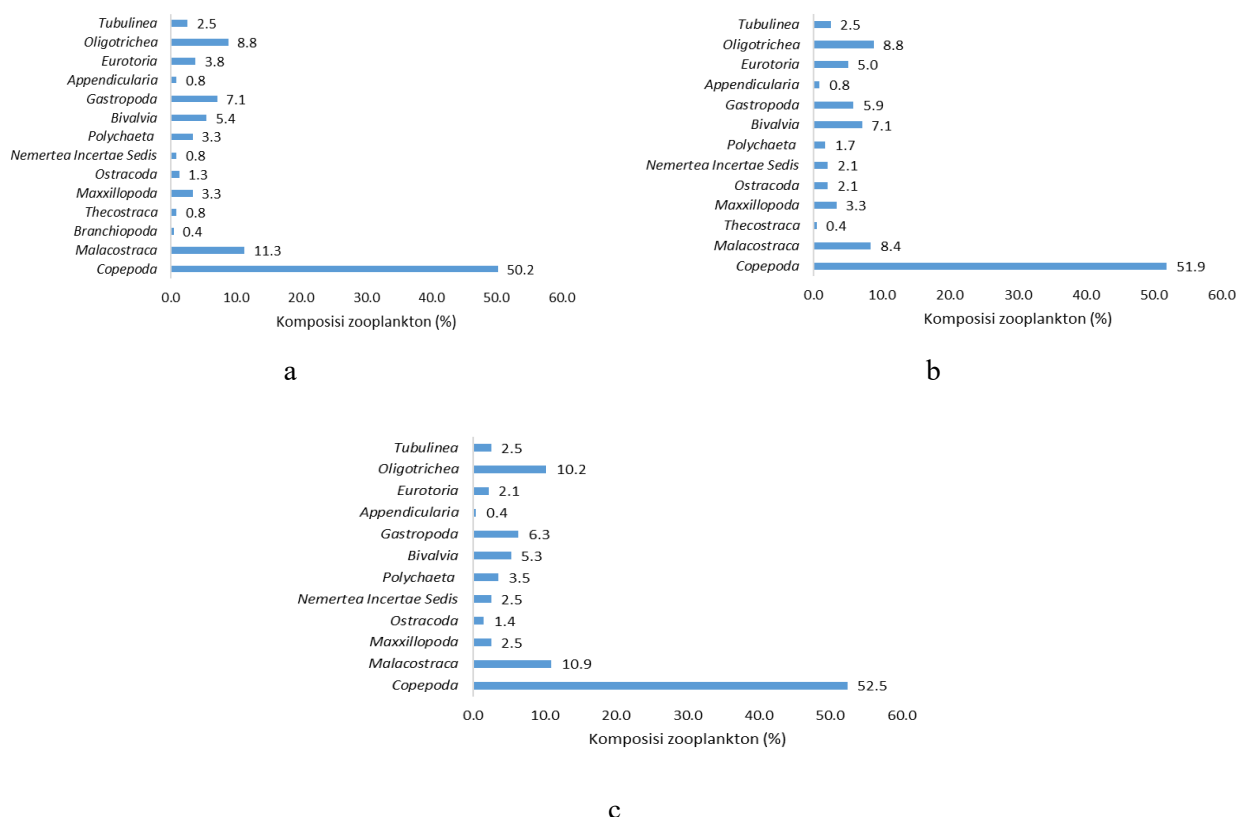
Nauplius merupakan anggota dari kelas Malacostraca yang memiliki persebaran merata di setiap kedalaman pada semua stasiun. Menurut Wati *et al.* (2019), nauplius merupakan kelompok *copepoda* yang memiliki kemampuan beradaptasi yang baik sehingga nauplius mampu untuk hidup di berbagai tipe perairan. Tidak hanya itu, nauplius merupakan komposisi jenis terbesar ke-2 setelah *copepoda* dan sering menjadi komponen utama dalam rantai makanan akuatik yang sangat penting bagi keseimbangan ekosistem perairan.

Genus *Daphnia* dari kelas Branchiopoda merupakan jenis zooplankton yang memiliki persebaran tidak merata pada setiap kedalamannya. Berdasarkan data yang diperoleh di perairan Muara

Sungai Musi Kabupaten Banyuasin *Daphnia* hanya ditemukan pada kedalaman 0 m (permukaan perairan). *Daphnia* merupakan jenis zooplankton yang hidup tergenang di perairan tawar pada bagian atas kolom air di dekat permukaan air yang kaya akan zooplankton serta tersebar di daerah tropis. Silva *et al.* (2025) mengungkapkan variasi kualitas makanan dan suhu telah terbukti berinteraksi secara kompleks, secara signifikan memengaruhi pertumbuhan organisme seperti *Daphnia*.

Kelimpahan Zooplankton

Kelimpahan zooplankton pada kedalaman 0 m (permukaan perairan) berkisar antara 32.000 – 285.400 ind/m³, kedalaman 3 m, berkisar antara 86.800 – 402.400 ind/m³ dan pada kedalaman 6 m, kelimpahan zooplanktonnya berkisar antara 41.600 – 266.400 ind/m³ (Gambar 4). Kelimpahan zooplankton tertinggi pada kelas *copepoda* dan terendah pada kelas *thecostraca*, tinggi rendahnya kelimpahan suatu taksa zooplankton di suatu perairan dipengaruhi oleh parameter perairan juga ketersediaan makanan di perairan.



Gambar 3. Komposisi Zooplankton di Perairan Muara Sungai Musi. (a) Kedalaman permukaan (0m); (b) Kedalaman 3 m; (c) Kedalaman 6 m

Tingginya kelimpahan zooplankton dipengaruhi oleh parameter lingkungan di perairan tersebut dan letak perairannya. Stasiun 6 (kelimpahan tertinggi zooplankton pada kedalaman 0 m) terletak di bagian Muara Sungai yang banyak mengandung unsur hara. Nilai kelimpahan terendah pada permukaan perairan berada pada stasiun 9 yaitu 32.000 ind/m³. Rendahnya kelimpahan zooplankton biasanya dipengaruhi oleh faktor pengambilan sampel, dimana pengambilan sampel pada stasiun 9 dilakukan pada pagi hari, waktu pagi hari zooplankton turun ke dasar perairan untuk melindungi dirinya dari predator. Pada saat siang hari, zooplankton umumnya bermigrasi ke perairan yang lebih dalam untuk menghindari predator visual, seperti ikan, yang lebih efektif memangsa dalam kondisi pencahayaan yang baik (Hobbs *et al.*, 2021; Bandara *et al.*, 2021; Xue *et al.*, 2021). Perilaku ini dipengaruhi oleh pemahaman biologis bahwa semakin tinggi intensitas cahaya, semakin besar pula risiko menjadi mangsa (predasi), karena mereka lebih mudah terlihat oleh predator (Hobbs *et al.*, 2021; Bandara *et al.*, 2021).

Kelimpahan zooplankton pada kedalaman 3 m menunjukkan bahwa kelimpahan tertinggi berada pada stasiun 2 yaitu 402.400 ind/m³. Stasiun 2 memiliki nilai kelimpahan zooplankton yang tinggi karena daerahnya berada dekat dengan pemukiman warga sehingga aktivitas manusia dan pembuangan limbah organik ataupun non organik dapat tidak secara langsung dimanfaatkan oleh zooplankton menjadi sumber makanan.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa semakin dalam suatu perairan maka semakin tinggi nilai kelimpahan zooplankton (Gambar 5). Pernyataan tersebut sesuai dengan Haliza *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kelimpahan zooplankton akan rendah pada saat intensitas cahaya meningkat di permukaan perairan dan akan melimpah pada saat intensitas cahaya menurun di permukaan perairan. Studi yang dilakukan oleh Sun *et al.* (2021) menunjukkan bahwa biomassa zooplankton di Laut Kuning Selatan menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan kedalaman air, bahwa perairan yang lebih dalam mendukung kelimpahan zooplankton yang lebih tinggi akibat berbagai faktor ekologi.

Kelimpahan zooplankton berhubungan dengan migrasi vertikal zooplankton. Menurut Wati *et al.* (2019) migrasi vertikal adalah migrasi harian yang dilakukan oleh zooplankton yang

spesifik ke arah dasar laut pada siang hari dan ke permukaan laut pada malam hari. Pola migrasi vertikal dari zooplankton dapat dilihat berdasarkan waktu dan kedalaman yang berbeda. Zooplankton pada siang hari cenderung berada pada perairan dalam karena untuk menghindari predator. Sebaliknya zooplankton pada malam hari cenderung naik ke permukaan karena untuk mencari makan. Penelitian Wang *et al.* (2025) mengenai perilaku migrasi zooplankton di berbagai lapisan kedalaman di Laut Cina Selatan Utara, mengungkapkan bahwa spesies zooplankton yang lebih besar menunjukkan pola migrasi harian yang khas, tinggal di perairan yang lebih dalam pada siang hari dan bermigrasi ke perairan yang lebih dangkal pada malam hari. Perilaku ini menunjukkan kemampuan adaptasi zooplankton dalam memanfaatkan lapisan air yang berbeda untuk menghindari predasi dan mencari sumber makanan, semakin menekankan hubungan antara kedalaman air dan kelimpahan zooplankton.

Biodiversitas Zooplankton

Biodiversitas ini meliputi indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E) dan indeks dominansi (C) di Perairan Muara Sungai Musi. Nilai indeks ini dapat digunakan untuk menilai kestabilan biodiversitas di perairan tersebut. Stabilitasnya kondisi lingkungan dapat menunjukkan kestabilan biota di perairan, semakin stabil kondisi lingkungan maka semakin stabil biotanya.

Indeks keanekaragaman zooplankton pada permukaan (0 m), kedalaman 3 m dan 6 m memiliki nilai keanekaragaman sedang (Tabel 2). Indeks keanekaragaman merupakan suatu indeks yang perlu diketahui karena indeks keanekaragaman menggambarkan tingkat keanekaragaman atau keragaman dari spesies zooplankton di perairan muara Sungai Musi. Indeks keanekaragaman biasanya memberikan informasi tentang kekayaan jenis dan kelimpahan relatif diberbagai jenis zooplankton di perairan tersebut.

Indeks keseragaman menggambarkan tingkat keseimbangan komposisi jenis dari perairan tersebut. Indeks keseragaman zooplankton pada kedalaman permukaan (0 m), 3 m dan 6 m masuk ke dalam kategori sedang hingga tinggi.

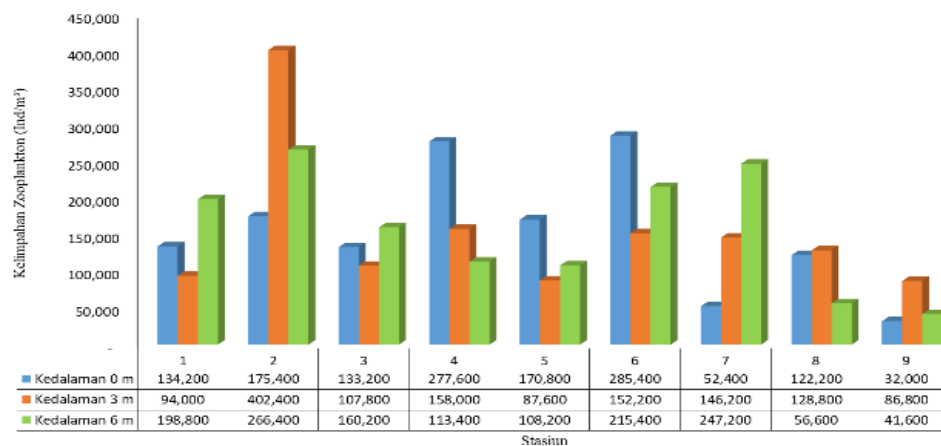
Indeks dominansi merupakan suatu indeks untuk mengindikasikan adanya spesies zooplankton yang mendominasi. Nilai indeks dominansi pada kedalaman 0 m, 3 m dan 6 m tergolong tidak ada spesies zooplankton yang

mendominasi, hal itu dapat diketahui melalui nilai dari indeks dominansi yang berkisar antara 0,13-0,46. Menurut kajian Warindra *et al.* (2020) di muara Sungai Selam dan Pohon Duri Oesapa, Kupang mendapatkan indeks dominansi zooplankton berkisar antara 0,21-0,33 selama pasang dan surut, hal ini menunjukkan tidak terdapat jenis zooplankton yang mendominasi. Nilai dominansi dapat menjadi indikator biologi tentang ada tidaknya jenis yang dominan dalam suatu ekosistem akuatik. Tidak ada jenis zooplankton yang mendominasi, maka perairan muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin memiliki kondisi perairan yang relatif stabil. Penelitian serupa oleh Patmawati *et al.* (2018) di perairan Pulau Panjang dan Teluk Awur, Jepara

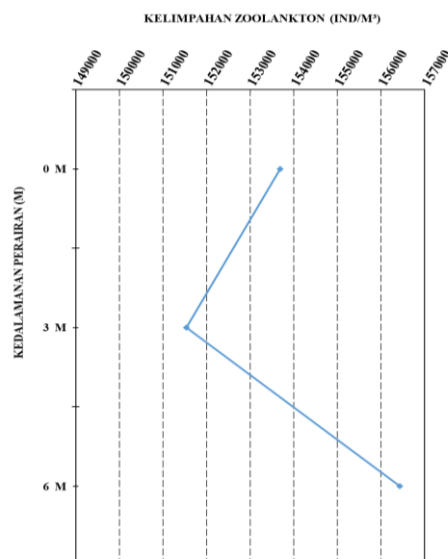
mengindikasikan indeks dominansi zooplankton antara 0,07-0,25 yang menunjukkan tidak adanya dominansi pada genus tertentu.

Hubungan Parameter Perairan Terhadap Biodiversitas dan Kelimpahan Zooplankton

Pada kedalaman permukaan (0 m) perairan, sumbu penyusun komponen utama memiliki kontribusi total sebesar 64,26% artinya analisis komponen utama mampu menjelaskan hingga 64,26% dari data yang diperoleh (Gambar 6). Hasil ini mengindikasikan pada stasiun 2 dan 4 memiliki nilai kelimpahan, keanekaragaman dan keseragaman zooplankton yang tinggi dan dipengaruhi oleh kecepatan arus yang cukup rendah sebesar 0,33-0,47 m/s. Kecepatan arus



Gambar 4. Kelimpahan Zooplankton di Perairan Muara Sungai Musi pada Kedalaman permukaan (0 m), 3m dan 6m



Gambar 5. Rata Rata Kelimpahan Zooplankton pada kedalaman permukaan (0 m), 3 m dan 6 m.

Tabel 2. Biodiversitas Zooplankton di Perairan Muara Sungai Musi pada Kedalaman 0 m, 3 m dan 6 m.

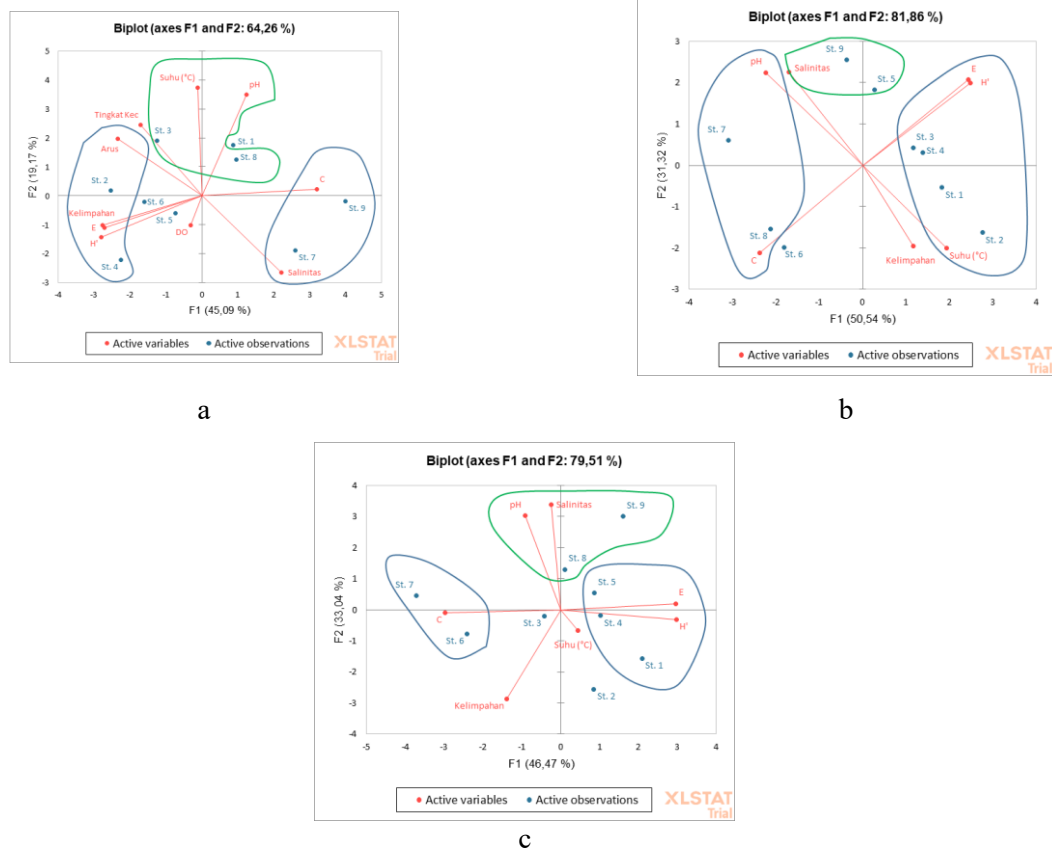
Kedalaman (m)	Stasiun	Keanekaragaman (H')		Keseragaman (E)		Dominansi (C)	
		Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria	Nilai	Kriteria
0	1	1,13	Sedang	0,43	Sedang	0,28	TD
	2	2,53	Sedang	0,77	Tinggi	0,17	TD
	3	2,20	Sedang	0,68	Tinggi	0,18	TD
	4	2,42	Sedang	0,68	Tinggi	0,13	TD
	5	2,27	Sedang	0,65	Tinggi	0,17	TD
	6	2,39	Sedang	0,63	Tinggi	0,16	TD
	7	1,59	Sedang	0,54	Sedang	0,38	TD
	8	1,71	Sedang	0,52	Sedang	0,33	TD
	9	1,39	Sedang	0,48	Sedang	0,46	TD
3	1	2,42	Sedang	0,78	Tinggi	0,16	TD
	2	2,60	Sedang	0,73	Tinggi	0,11	TD
	3	2,55	Sedang	0,75	Tinggi	0,12	TD
	4	2,58	Sedang	0,75	Tinggi	0,11	TD
	5	2,67	Sedang	0,77	Tinggi	0,12	TD
	6	1,48	Sedang	0,43	Sedang	0,47	TD
	7	1,58	Sedang	0,48	Sedang	0,34	TD
	8	1,49	Sedang	0,43	Sedang	0,47	TD
	9	2,61	Sedang	0,78	Tinggi	0,12	TD
6	1	2,88	Sedang	0,83	Tinggi	0,08	TD
	2	2,58	Sedang	0,74	Tinggi	0,13	TD
	3	2,24	Sedang	0,64	Tinggi	0,19	TD
	4	2,53	Sedang	0,71	Tinggi	0,13	TD
	5	2,55	Sedang	0,74	Tinggi	0,14	TD
	6	1,96	Sedang	0,54	Sedang	0,31	TD
	7	1,63	Sedang	0,45	Sedang	0,32	TD
	8	2,28	Sedang	0,68	Tinggi	0,18	TD
	9	2,68	Sedang	0,83	Tinggi	0,09	TD

Ket : TD : Tidak Ada Dominansi

merupakan salah satu parameter fisik yang sangat memengaruhi kelimpahan, keanekaragaman dan keseragaman zooplankton di perairan. Arus memengaruhi sebaran, ketersediaan zat hara dan stabilitas bagi organisme termasuk zooplankton.

Hasil penelitian Mariyati *et al.* (2020) menunjukkan hubungan negatif antara kelimpahan zooplankton dengan kecepatan arus, yang berarti semakin tinggi kecepatan arus, semakin rendah kelimpahannya. Kecepatan arus memengaruhi kelimpahan, keanekaragaman dan keseragaman zooplankton melalui sebaran organisme dan zat hara. Arus yang memiliki kecepatan sedang cenderung membantu terciptanya komunitas zooplankton yang lebih beragam dan seimbang, sedangkan arus yang sangat kuat bisa dapat mengganggu keberadaan komunitas tersebut.

Pada kedalaman perairan 3 m memiliki kontribusi total dalam komponen utama F1 dan F2 adalah sebesar 81,86 %. Berdasarkan hubungan antara kelimpahan zooplankton, parameter perairan dan biodiversitas dapat dilihat bahwa suhu sangat memengaruhi indeks keanekaragaman dan indeks keseragaman, semakin tinggi suhu semakin tinggi nilai keanekaragaman dan keseragaman di suatu perairan. Penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan makanan yang tinggi pada suhu yang lebih hangat menghasilkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi pada zooplankton, yang merupakan respons tipikal yang diamati dalam ekosistem estuari. Hubungan antara parameter perairan dengan biodiversitas perairan dapat dilihat bahwa nilai pH memengaruhi nilai dominansi zooplankton di perairan.



Gambar 6. Hubungan Parameter Perairan terhadap Biodiversitas dan Kelimpahan Zooplankton. (a) Kedalaman permukaan (0 m); (b) Kedalaman 3 m; (c) Kedalaman 6 m

Pada kedalaman 6 m sumbu penyusun komponen utama memiliki kontribusi total sebesar 79,51 % artinya analisis komponen utama mampu menjelaskan hingga 79,51 % dari data yang diperoleh. Hal ini dapat dilihat dari nilai indeks dominansi zooplankton pada stasiun 6 dan 7 yang memiliki nilai tertinggi diantara stasiun lainnya. Namun, pada stasiun ini tidak memiliki penciri khusus pada variabel parameternya. Hubungan parameter dengan biodiversitas zooplankton menunjukkan tidak adanya penciri khusus biodiversitas dan parameter perairan di stasiun 2. Berdasarkan data yang diperoleh stasiun 2 memiliki kelimpahan zooplankton cenderung lebih tinggi dari stasiun-stasiun lainnya. Pada kedalaman 6 m, parameter lingkungan, biodiversitas dan kelimpahan zooplankton memiliki kontribusi yang sama pada perairan Muara Sungai Musi

KESIMPULAN

Zooplankton di muara Sungai Musi, Kabupaten Banyuasin ditemukan sebanyak 50 genera yang terdiri dari 8 filum dan 14 kelas. Rata

rata kelimpahan zooplankton menunjukkan bahwa semakin dalam perairan, kelimpahannya semakin tinggi. Biodiversitas zooplankton pada kedalaman 0 m, 3 m dan 6 m memiliki keanekaragaman tergolong sedang, keseragaman zooplankton semakin dalam perairan semakin tinggi dan tidak ada jenis zooplankton yang mendominasi. Hubungan biodiversitas dan kelimpahan zooplankton dengan parameter lingkungan menunjukkan pada kedalaman 0 m paling dicirikan oleh arus dan salinitas, kedalaman 3 m keanekaragaman dan keseragaman zooplankton dicirikan oleh parameter suhu dan kedalaman 6 m menunjukkan parameter lingkungan berkontribusi sama besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sriwijaya yang telah membantu pembiayaan penelitian melalui Hibah Skema Penelitian Unggulan Kompetitif Tahun 2024, melalui anggaran DIPA Badan Layanan Umum Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryawati, R., Melki., Efriandi, M.S.Z., Tengku, Z.U., Gusti, D., Isnaini., & Widada, S. 2022. Kelimpahan dan Sebaran Zooplankton di Perairan Sungai Musi Bagian Hilir Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 14 (2): 123-132.
- Bandara K, Varpe Ø, Wijewardene L, Tverberg V, & Eiane K. 2021. Two Hundred Years of Zooplankton Vertical Migration Research. *Biological Reviews* 96(4): 1547-1589. doi: 10.1111/brv.12715
- Behbehani, M., Uddin, S., Dupont, S., Fowler, S.W., Görgün, A.U., Al-Enezi, Y., Al-Musallam, L., Vanitha, A., & Faizuddin, M. 2022. Ocean Acidification-Mediated Food Chain Transfer of Polonium Between Primary Producers and Consumers. *Toxics* 11(1): p.14. DOI: 10.3390/toxics11010014
- Bielecka, L., Drozdowska, V., Złoch, I., Rak, D., Pelevin, V., & Koltsova, E. 2024. Biological and optical properties of Baltic surface waters and sea-land interaction—searching for interdependencies. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 309: p108970. doi: 10.1016/j.ecss.2024.108970
- Demayo, J.A., Girod, A., Sasaki, M., & Dam, H.G. 2021. Adaptation to Simultaneous Warming and Acidification Carries a Thermal Tolerance Cost in a Marine Copepod. *Biology Letters* 17(7): .20210071. doi: 10.1098/rsbl.2021.0071
- Haliza, F.D.N., Diana, R.U.S.R., & Moh, H.S. 2022. Struktur Komunitas Plankton pada Waktu yang berbeda di Telaga Kumpe Banyumas. *Ilmiah Biologi Unsoed*, 4(3):174-181. doi: 10.20884/1.bioe.2022.4.3.4579
- Heltria, S., Yuliardi, A.Y., Kismawardhani, R.A., Nurjaya, I.W., Siagian, L.Y., & Gumay, D.A.S. 2022. Distribution of Salinity and Temperature in Musi Estuary: Using Vertical Salinity Gradient for Estuary Classification Zone. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2): 217-231. doi: 10.29244/jitkt.v14 i2.40222
- Hobbs, L., Banas, N.S., Cohen, J.H., Cottier, F., Berge, J., & Varpe, Ø. 2021. A Marine Zooplankton Community Vertically Structured by Light Across Diel to Interannual Timescales. *Biology Letters*, 17(2): p.20200810. doi: 10.1098/rsbl.2020.0810
- Krebs, C.J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Third edition. New York: Haeper and Row Publisher
- Krisanti, M., Sigid, H., Hilman, H., & Dwi, Y. 2021. Hubungan antara komunitas zooplankton dan kualitas air di perairan Danau Ebony, Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara. *Habitus Aquatica*, 2(1): 36–44. doi: 10.29244/HAJ.2.1.36
- Kwok, K.W., Souissi, S., Dur, G., Won, E.J., & Lee, J.S. 2015. Copepods as references species in estuarine and marine waters. Di dalam, editor. *Aquatic ecotoxicology*, pp. 281-308. doi: 10.1016/B978-0-12-800949-9.00012-7
- Lampert, W., & Sommer, U. 2007. Lymnoecology. 2 nd ed. Oxford : Oxford University Press.
- Mariyati, T., Hadi, E., & Endang, S. 2020. Keterkaitan antara Kelimpahan Zooplankton dan Parameter Lingkungan di Perairan Pantai Morosari, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2):157-165 doi: 10.14710/buloma.v9i2.27136
- Moreno G, Sasaki M. 2023. Starvation Reduces Thermal Limits of the Widespread Copepod *Acartia Tonsa*. *Ecology and Evolution* 13(10): p.e10586. doi: 10.1002/ece3.10586
- Nurhayati., Fauziyah., & Bernas, S.M. 2016. Hubungan panjang-berat dan pola pertumbuhan ikan di Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 8 (2) : 111-118.
- Nurrachmi, I., Amin, B., Siregar, S. H., Galib, M. 2021. Plankton community structure and water environment conditions in the Pelintung industry area, Dumai. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(1): 15-27 doi: 10.31258/jocos.2.1.15-27
- Odum, E.P. 1996. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi Ketiga. Penerjemah Tjahjono Samingan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Omura, T., Iwataki, M., Borja, V.M., Takayama, H., & Fukuyo, Y. 2012. Marine Phytoplankton of the Western Pacific. Tokyo: Kouseisha Kouseikaku
- Paramudhita, W., Endrawati, H. & Nuraini, R.A.T., 2018. Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2): 113-120. doi: 10.14710/buloma.v7i2.20548
- Patmawati, R., Endrawati, H., & Santoso, A. 2018. Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Pulau Panjang dan Teluk Awur, Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1): 37-42. doi: 10.14710/buloma.v7i1.19041

- Peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 22. 2021. Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Prianto, E., Husnah., Solekha, A. 2010. Karakteristik Fisika Kimia Periaran dan Struktur Komunitas Zooplankton di Estuari Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Bawal*, 3(3): 149-157.
- Putri, W.A.E., Anna, I.S.P., Fauziyah., Fitri, A., & Yulianto, S. 2019. Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat dan BOD di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1): 65-74
- brazil). *Coasts*, 5(4): p.39. doi: 10.3390/coasts5040039
- Sun Y, Yang L, Wu C, Fu X, Guo C, Li L, & Sun J. 2021. Characteristics of Eukaryotic Plankton Communities in the Cold Water Masses and Nearshore Waters of the South Yellow Sea. *Diversity*, 13(1): 21. doi: 10.3390/d13010021
- Toruan, R.L. & Sulawesty, F. 2007. Sebaran dan Kelimpahan Zooplankton di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Oseanologi dan Limnologi Indonesia*, 33: 381–392.
- Wang Y, Zhang SY, Sun M, Han J, Wang Z, Chen X, Chen ZH, Qin H. 2025. Spatial–Temporal Pattern and Stability Analysis of Zooplankton Community Structure in the Lower Yellow River in China. *Diversity*, 17(3): 162. doi: 10.3390/d17030162
- Warindra, M.T.A., Toruan, L.N., & Sine, K.G. 2020. Perbandingan Struktur Komunitas Zooplankton Pada Saat Pasang dan Surut di Muara Sungai Selam dan Pohon Duri Oesapa Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, 1(1): 1-9.
- Wati, M., Irawati, N., & Indrayani. 2019. Pola migrasi vertikal harian zooplankton pada berbagai kedalaman di Perairan Pulau Bungkutoko Kecamatan Abeli. *Manajemen Sumber Daya Perairan*, 4(1): 61-73
- Weldrick, C.K., Brasier, M.J., Burns, A., Johnson, O.J., & Maschette, D. 2024. Zooplankton abundance and distribution along the Mawson coast, East Antarctica. *Frontiers in Marine Science*, 11: p.1360541. doi: 10.3389/fmars.2024.1360541
- Wickstead, J. K. 1965. An Introduction to the Study of Tropical Plankton. Hutchinson & Co Ltd. London.
- Widyarini, H., Niken, T.M.P., & Sulistiono. 2017. Struktur Komunitas Zooplankton Di Muara Sungai Majakerta dan Perairan Sekitarnya, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1):91-10. doi: 10.29244/jitkt.v9i1.17919
- Wishner, K.F., Seibel, B.A., Roman, C., Deutsch, C., Outram, D., Shaw, C.T., Birk, M.A., Mislan, K., Adams, T., & Moore, D. 2018. Ocean deoxygenation and zooplankton: Very small oxygen differences matter. *Science advances*, 4(12): eaau5180. doi: 10.1126/sciadv.aau5180
- Xue M, Tong J, Tian S, Wang X. 2021. Broadband Characteristics of Zooplankton Sound Scattering Layer in the Kuroshio–Oyashio Confluence Region of the Northwest Pacific Ocean in Summer of 2019. *Journal of Marine Science and Engineering* 9(9): 938. doi: 10.3390/jmse9090938
- Xu Y, Cheng F, Ma X, Mao M, Zhu Y, Jiang Z, Zheng Z, Zeng J, Shou L, Zhou F, *et al.* 2025. The Impact of Summer Yangtze River Runoff Fluctuations on Estuarine Fronts Dynamics and Zooplankton Communities From 2016 to 2023. *Frontiers in Marine Science* 12. doi:10.3389/fmars.2025.1556561