

Hubungan komunitas zooplankton dengan faktor oseanografi di ekosistem terumbu karang Manokwari

The relationship between zooplankton communities and oceanographic factors in the Manokwari coral reef ecosystem

Tresia Sonya Tururaja^{1*}, Roni Bawole², Rina A. Moge², Murtihapsari²

^{1*}Mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Papua

²Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat, 98314, Indonesia

*Email : t.tururaja@unipa.ac.id

Disubmit: 15 Juli 2025, direvisi: 25 Juli 2025, diterima: 26 Juli 2025

Doi : 10.30862/cassowary.cs.v8.3.484

ABSTRACT : *Zooplankton plays an important dual role in marine ecosystems as food webs connectors and sensitive indicators of water quality. This study examines the composition, abundance, and relationship of zooplankton communities with oceanographic parameters in the coral reef ecosystem of Manokwari Waters. Samples were collected from three observation stations: Kaki Island, Lemon Island, and Marampa Port, using a 25 µm plankton net. Morphological identification resulted in six classes of zooplankton, namely Hexanauplia, Gastropoda, Bivalve, Malacostraca, Branchiopoda, and Ostracoda, for a total of 23 species. The class Hexanauplia dominates in all locations, with the most abundant species being Undinula vulgaris (10 individuals), Calanus sinicus (7), and Eurytemora pacifica (6). Cluster analysis based on the Bray-Curtis similarity index with the Average Linkage method shows the similarity of zooplankton communities between Marampa Port and Lemon Island. Kaki Island forms a separate cluster, indicating differences in species composition spatially. The highest abundance was recorded in the Hexanauplia class with an abundance index of >2,500 ind./L in some species. Canonical Correspondence Analysis (CCA) revealed a positive correlation between DO and Bivalvia (+0.99), temperature with Gastropoda (+0.92), and salinity with Hexanauplia (+0.28). Environmental factors such as temperature, DO, pH, and depth have been shown to influence the spatial distribution and diversity of communities. These findings reinforce the dual role of zooplankton as a fundamental food source for benthic organisms such as the soft coral Sarcophyton sp. and as an effective bioindicator for monitoring the health of tropical coastal ecosystems.*

Keywords: *Hexanauplia, Manokwari, oceanographic parameters, undinula vulgaris, zooplankton,*

PENDAHULUAN

Zooplankton merupakan komponen fundamental dalam ekosistem laut yang memegang peranan ganda yang sangat penting. Zooplankton menjadi penghubung vital yang mentransfer energi dari produsen (fitoplankton) ke tingkat trofik yang lebih tinggi, seperti ikan,

mamalia laut, dan organisme benthik (Chakraborty dan Das, 2015). Komunitas zooplankton juga berfungsi sebagai indikator ekologis yang sensitif. Komposisi, kelimpahan, dan distribusi zooplankton dapat berubah secara signifikan sebagai respons terhadap perubahan parameter fisika kimia

perairan. Zooplankton dijadikan sebagai penanda biologis yang efektif untuk menilai kesehatan dan stabilitas suatu ekosistem laut (Faiqoh *dkk.*, 2015; Karpowicz *dkk.*, 2020; Dittami *dkk.*, 2021; Hall dan Lewandowska, 2022).

Ekosistem laut tropis merupakan sistem dinamis yang sangat produktif namun rentan terhadap perubahan iklim (Guild *dkk.*, 2025). Kondisi terumbu karang di Indonesia menunjukkan gradien kesehatan yang bervariasi, dengan sebagian besar berada dalam kategori cukup baik hingga buruk (Kurniawan *dkk.*, 2024; Bariah *dkk.*, 2024). Perairan Manokwari di Papua Barat, memiliki ekosistem terumbu karang yang signifikan (Thovyan *dkk.*, 2017; Dasmaseila *dkk.*, 2019) namun rentan terhadap tekanan antropogenik (Tururaja dan Mogeia 2010). Organisme sesil seperti karang lunak merupakan komponen penting dalam ekosistem terumbu karang sebagai pembentuk struktur habitat (Prawira *dkk.*, 2023; Sanna *dkk.*, 2025). Karang lunak bergantung pada ketersediaan sumber makanan dari kolom air untuk mendukung metabolisme dan pertumbuhannya (Luthfi *dkk.*, 2018).

Karang lunak, khususnya dari genus *Sarcophyton*, menerapkan strategi nutrisi *mixotrophic* yang melengkapi energi dari simbiosis fotosintetik dengan menangkap partikel organik dari lingkungan, termasuk zooplankton (Pupier *dkk.*, 2021; Sturaro *dkk.*, 2021; Lange *dkk.*, 2023). Hubungan trofik ini sangat penting bagi ketahanan karang lunak, terutama di lingkungan yang dinamis. Struktur komunitas zooplankton di perairan Teluk Doreri, Manokwari telah dilaporkan oleh Marani *dkk.*, (2022) dan Ayu *dkk.*, (2023). Kajian secara integratif mengaitkan komposisi komunitas zooplankton dengan dinamika parameter oseanografi lokal serta peran ekologisnya terhadap organisme bentik kunci, seperti *Sarcophyton* sp., sangat jarang dilakukan.

Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi jenis, kelimpahan, dan distribusi spasial komunitas zooplankton serta mengkaji parameter oseanografi yang membentuk struktur komunitas tersebut. Pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan

kontribusi terhadap pengembangan sistem pemantauan kualitas perairan tropis yang berbasis biologis dan mendukung konservasi ekosistem terumbu karang secara berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Manokwari dari Distrik Manokwari Utara hingga Manokwari Selatan, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat (Gambar 1). Perairan Manokwari merupakan lokasi bagi ekosistem terumbu karang yang penting, sekaligus area yang menerima tekanan dari aktivitas pembangunan di sekitarnya. Tiga stasiun pengambilan sampel ditetapkan untuk mewakili gradien kondisi lingkungan yang berbeda: (1) Perairan Pulau Kaki, yang terletak di bagian Utara Manokwari; (2) Perairan Pulau Lemon, yang berdekatan dengan area pemukiman; dan (3) Pelabuhan Marampa, yang merupakan area dengan aktivitas pelayaran yang tinggi. Pengambilan sampel lapangan untuk penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan di lapangan meliputi perahu, jaring plankton (*plankton net*) dengan ukuran mata jaring 25 μ m, ember volume 5 L, botol sampel, dan GPS. Pengukuran parameter lingkungan, digunakan *hand refractometer* (ATAGO) untuk mengukur salinitas. Pengukuran DO, pH dan suhu digunakan *Water Quality Analyzer* (HORIBA PD220-K). Peralatan yang digunakan di laboratorium antara lain mikroskop binokuler Olympus (model CX23) pada perbesaran x40 dan x100, pipet tetes. Bahan utama yang digunakan untuk pengawetan sampel adalah larutan lugol 1%.

Metode Pengumpulan Data

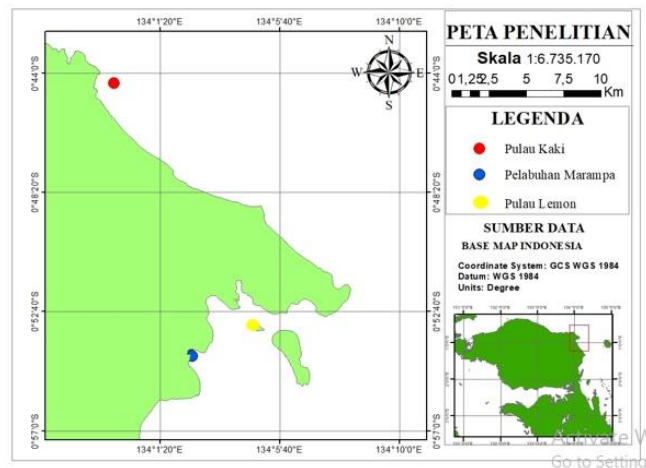
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei eksploratif dengan teknik pengambilan sampel sesaat (*grab sample*). Penentuan stasiun penelitian dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu di titik-titik

yang relevan untuk menggambarkan kondisi ekosistem terumbu karang perairan Manokwari. Analisis hubungan antara komunitas zooplankton dan lingkungan, diolah menggunakan analisis statistik multivariat, termasuk Analisis Korespondensi Kanonikal (CCA) dan Analisis Kluster berdasarkan indeks kemiripan *Bray-Curtis*.

Prosedur Pengambilan Data

Sampel air laut untuk pengamatan zooplankton diambil sebagai contoh sesaat (*grab sample*) di tiga lokasi: Pulau Lemon, Pulau Kaki, dan Pelabuhan Marampa, pada pukul 14.00–17.00 WIT. Pengambilan dilakukan pada kedalaman 50 cm menggunakan ember 5 L sebanyak 10 kali, dengan total volume 50 L yang disaring melalui

plankton net berukuran mesh size 25 μm . Hasil saringan dimasukkan ke dalam botol gelap 100 ml, diawetkan dengan lugol 1%, dan disimpan dalam *cool box* sebelum dianalisis di Laboratorium Sumberdaya Akuatik FPIK Unipa. Pengamatan zooplankton dilakukan sebanyak tiga ulangan menggunakan *sedgwick rafter cell* dengan metode sensus (Marani *dkk.*, 2022; Marani *dkk.*, 2023; Alianto 2024; Yuliana, 2014). Analisis sampel plankton dilakukan di Laboratorium Oseanografi dan Laboratorium Sumberdaya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua. Pengukuran parameter oseanografi seperti suhu, salinitas, DO, pH, dan arus dilakukan secara *in-situ* pada setiap stasiun dengan tiga kali ulangan untuk memastikan akurasi data.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Perairan Manokwari)

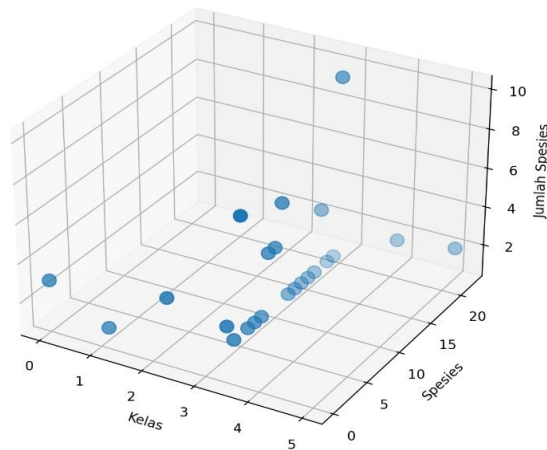
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi dan keanekaragaman komunitas zooplankton

Hasil identifikasi komunitas zooplankton di Perairan Manokwari menunjukkan tingkat keanekaragaman yang tinggi. Terdapat enam kelas zooplankton yang berhasil ditemukan yaitu Bivalvia, Branchiopoda, Gastropoda, Hexanauplia, Malacostraca, dan Ostracoda. Pulau Lemon memiliki komposisi yang paling beragam dengan empat kelas, disusul Pelabuhan Marampa dengan lima kelas, dan Pulau Kaki dengan tiga kelas (Gambar 2).

Sebanyak 23 spesies berhasil diidentifikasi dari ketiga lokasi, dengan *Undinula vulgaris* dari kelas Hexanauplia sebagai spesies

dominan. Spesies ini dikenal sebagai *copepoda calanoid* berbadan besar yaitu ukuran tubuh betina dewasa 2,2–3,5 mm dan tubuh jantan dewasa sedikit lebih kecil yaitu 2,0–3,0 mm (Gambar 3). *U. vulgaris* berkerumun secara masif di perairan tropis, memberikan kontribusi besar sebagai makanan bagi ikan planktivora (Armstrong *dkk.*, 2021). Keberadaan *U. vulgaris* di lokasi penelitian menandakan adanya pengaruh air laut terbuka (neritik-samudra) di ekosistem pesisir, serta menunjukkan kesehatan kolom air yang mendukung kelangsungan zooplankton berukuran besar.



Gambar 2. Tiga dimensi dari kelas, spesies dan jumlah spesies zooplankton yang diperoleh pada stasiun penelitian

Dominasi kelas Hexanauplia di semua lokasi dapat dilihat melalui visualisasi tiga dimensi yang menggabungkan kelas, spesies, dan jumlah individu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas Hexanauplia sebagai indikator dominan dari struktur komunitas zooplankton di Perairan Manokwari. Hasil yang diperoleh didukung oleh Antuke *dkk.*, (2021) bahwa 20 spesies zooplankton dari 15 genus, dengan kelas Hexanauplia menyumbang 13 genus dan 18 spesies. Kelas Hexanauplia menjadi paling dominan dalam struktur komunitas zooplankton di Likupang,

Minahasa Utara. Kelas *Hexanauplia* juga dilaporkan sebagai kelompok zooplankton paling banyak ditemukan di Dumai, Riau (Nurrachmi *dkk.*, 2021).

Komposisi yang beragam dari genus seperti *Acartia*, *Calanus*, *Eurytemora*, dan *Oithona* memperlihatkan kompleksitas komunitas zooplankton dan fleksibilitas ekologis mereka dalam menghadapi variasi parameter lingkungan. Temuan ini juga diperkuat oleh laporan Jensen *dkk.*, (2022) yang menemukan pola dominasi serupa di perairan bertekanan antropogenik sedang di Eropa.

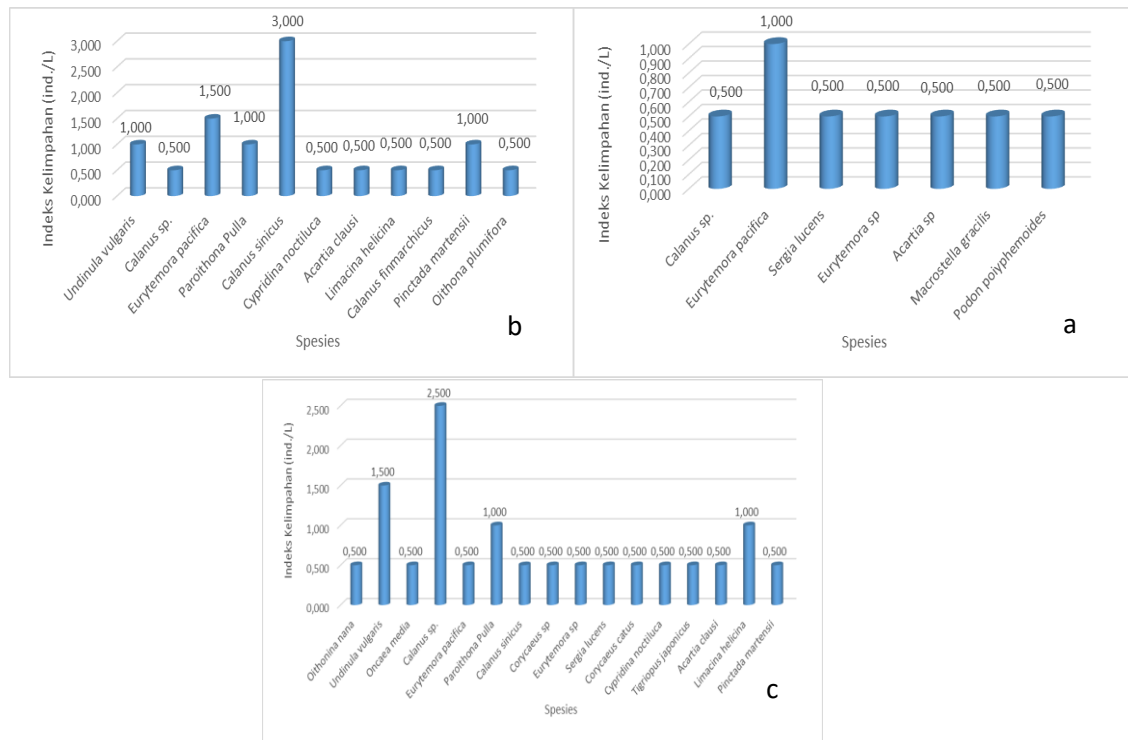


Gambar 3. Zooplankton *Undinula vulgaris* (sumber : Armstrong *dkk.*, 2021)

Distribusi spasial dan kelimpahan

Distribusi dan kelimpahan zooplankton menunjukkan variasi spasial yang jelas antar lokasi penelitian, yang mengisyaratkan adanya pengaruh kuat dari kondisi lingkungan lokal. Spesies *Eurytemora pacifica* memiliki kelimpahan tertinggi di Pulau Kaki, *Calanus sinicus* lebih dominan di Pulau Lemon, dan

Calanus sp. di Pelabuhan Marampa (Gambar 4). Variasi pada tingkat spesies ini mengindikasikan bahwa meskipun kelas Hexanauplia dominan secara umum, kondisi mikrohabitat pada setiap stasiun mendukung sub komunitas zooplankton yang sedikit berbeda.



Gambar 4. Komposisi kelimpahan spesies zooplankton pada stasiun Pulau Kaki (a), Pulau Lemon (b), Pelabuhan Marampa (c)

Data kelimpahan individu (ind./L) menunjukkan bahwa kelas Hexanauplia merupakan kelompok dengan jumlah tertinggi di semua lokasi (Gambar 5). Hasil penelitian mengindikasikan bahwa Perairan Manokwari masih memiliki perairan yang produktif secara biologis. Penelitian sebelumnya oleh Nurrachmi *dkk.*, (2021) dan Yudhatama *dkk.*, (2019) juga melaporkan kelimpahan Hexanauplia sebagai indikator ketersediaan sumber makanan alami bagi larva ikan dan meroplankton di ekosistem tropis.

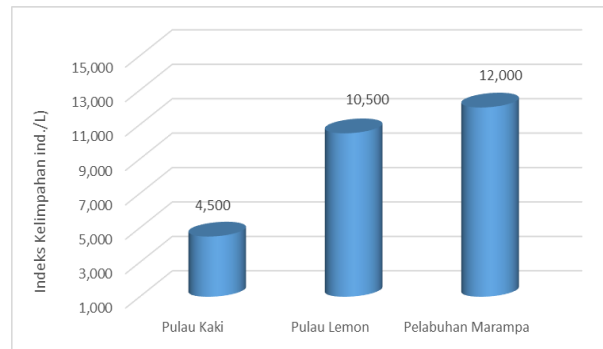
Analisis kluster berdasarkan indeks kemiripan *Bray-Curtis* dengan metode *Average Linkage* semakin mempertegas adanya pola spasial ini (Gambar 6). Hasil analisis dendrogram menunjukkan bahwa komunitas zooplankton di Pulau Lemon dan Pelabuhan Marampa memiliki tingkat kemiripan yang tinggi, membentuk satu kluster yang erat. Hal ini mengimplikasikan adanya kemungkinan konektivitas hidrodinamik yang memungkinkan pertukaran massa air dan plankton antar kedua lokasi tersebut.

Komunitas zooplankton di Pulau Kaki membentuk cabang yang terpisah secara signifikan. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh kombinasi faktor seperti isolasi geografis, perbedaan kualitas air (seperti kadar DO yang lebih rendah), atau pengaruh arus lokal yang membatasi pertukaran plankton dengan dua lokasi lainnya (Kiemel *dkk.*, 2023; Voelker dan Swan, 2021).

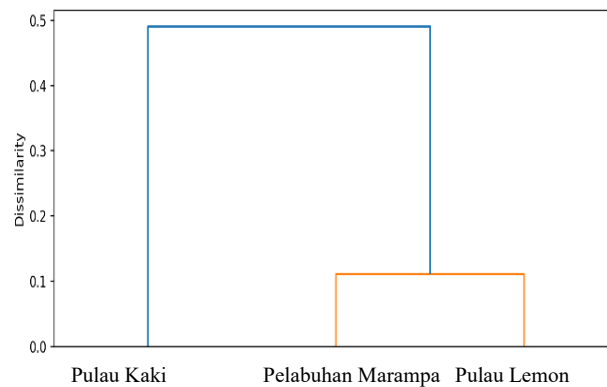
Hubungan komunitas zooplankton dengan faktor oseanografi

Guna memahami pendorong di balik variasi spasial ini, dilakukan Analisis Korespondensi Kanonikal (CCA) yang menghubungkan data komunitas zooplankton dengan parameter lingkungan (Gambar 7).

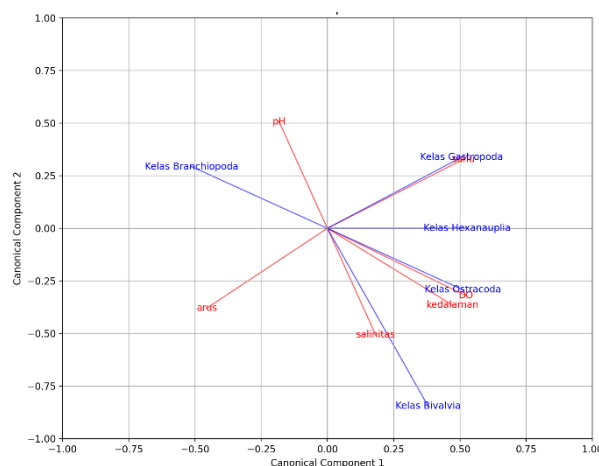
Analisis hubungan komunitas zooplankton dengan faktor oseanografi menunjukkan bahwa parameter fisik dan kimia air seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), pH, dan arus memainkan peran signifikan dalam membentuk struktur komunitas.



Gambar 5. Kelimpahan kelompok zooplankton di Pulau Kaki, Pulau Lemon dan Pelabuhan Marampa



Gambar 6. Dendrogram klasifikasi hirarki zooplankton di stasiun Pulau Kaki, Pelabuhan Marampa dan Pulau Lemon



Gambar 7. Nilai *Canonical Correlation Analysis* (CCA) biplot parameter lingkungan dan kelas zooplankton di setiap stasiun penelitian

Korelasi tinggi antara DO dan kelas *Bivalvia* (+0,99) serta *Hexanauplia* (+0,80) menunjukkan bahwa oksigen merupakan faktor utama dalam mendukung kelangsungan hidup spesies zooplankton tertentu. Hal ini juga didukung oleh temuan Ji *dkk.*, (2025) dan Espinasse *dkk.*, (2022).

Suhu memperlihatkan hubungan positif dengan *Gastropoda* (+0,92), yang mengindikasikan bahwa kelompok ini cenderung berkembang di perairan hangat. Arus laut menunjukkan korelasi negatif dengan *Gastropoda* dan *Hexanauplia*, mengindikasikan bahwa arus yang terlalu kuat

cenderung menghambat distribusi dan kelimpahan zooplankton tertentu (Marani *dkk.*, 2022; Tavsanoglu dan Akbulut, 2020).

Korelasi antara salinitas dan DO juga menunjukkan hubungan positif yang tinggi (+0,80), menggambarkan bahwa perairan dengan salinitas tinggi cenderung memiliki oksigen terlarut yang stabil, mendukung kelimpahan spesies zooplankton yang adaptif terhadap lingkungan laut. Kedalaman juga memiliki pengaruh signifikan terhadap komunitas, dengan korelasi tinggi terhadap *Bivalvia* (+1,00), menunjukkan preferensi mereka terhadap substrat dalam yang kaya oksigen dan kurang gangguan.

Peran ekologis komunitas zooplankton

Temuan komunitas zooplankton yang beragam dan melimpah menegaskan peran ekologis gandanya di ekosistem Teluk Doreri. Peran zooplankton yang pertama, sebagai sumber makanan fundamental, komunitas ini secara langsung menopang kehidupan organisme pada tingkat trofik yang lebih tinggi. Peran zooplankton secara khusus yaitu menjadi sumber nutrisi heterotrofik bagi organisme bentik sesil seperti karang lunak *Sarcophyton* sp. Kemampuan *Sarcophyton* sp. untuk menangkap zooplankton dari kolom air merupakan strategi nutrisi tambahan yang penting untuk melengkapi energi dari fotosintesis, terutama saat berada di bawah tekanan lingkungan seperti pemanasan suhu. Komunitas zooplankton mencerminkan interaksi antara faktor oseanografi (Marani *dkk.*, 2023) dan struktur habitat bentik seperti terumbu karang dan substrat lunak (Garrote dan Ramírez, 2020; Brito *dkk.*, 2020; Zamoner *dkk.*, 2021).

Peran zooplankton yang kedua, sebagai indikator ekologis yang sensitif. Setiap kelas zooplankton menunjukkan preferensi dan toleransi yang berbeda terhadap faktor lingkungan tertentu. Perubahan dalam komposisi dan kelimpahan relatif dari komunitas zooplankton dapat menggambarkan perubahan kualitas perairan. Contohnya pergeseran dari komunitas yang didominasi *copepoda calanoid* ke kelompok lain dapat menandakan perubahan suhu atau salinitas. Dengan demikian, pemantauan komunitas zooplankton dapat menjadi alat yang efektif dan

informatif untuk menilai kesehatan ekosistem terumbu karang di Manokwari secara lebih luas.

KESIMPULAN

Komunitas zooplankton di perairan Manokwari, menunjukkan keanekaragaman yang baik, terdiri dari 23 spesies dengan dominasi dari kelas Hexanauplia. Struktur komunitas ini menunjukkan variasi spasial yang jelas, dimana komposisinya secara signifikan dibentuk oleh gradien parameter oseanografi seperti suhu, salinitas, dan Oksigen Terlarut (DO). Berdasarkan temuan ini, komunitas zooplankton di perairan Manokwari tidak hanya berperan sebagai sumber makanan fundamental bagi organisme bentik seperti karang lunak *Sarcophyton* sp., tetapi juga berfungsi sebagai indikator ekologis yang sensitif terhadap perubahan kualitas perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Disertasi Doktor (No. Kontrak : 143e/UN42.15/PG/2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Alianto. (2024). Menyediakan Panduan Pengambilan dan Penanganan Contoh Air Plankton Bagi Mahasiswa dan Peneliti Pemula. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 2(4), 376–386. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i4.291>.
- Antuke, R., Manu, G. D., Mantiri, R. O. S. E., Manginsela, F. B., Wantasen, A. S., & Sumilat, D. A. (2021). Struktur Komunitas Zooplankton di Perairan Kampung Ambong Likupang Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 8(2), 274–283. <https://doi.org/10.35800/jip.8.2.2020.31629>
- Armstrong, A. O., Stevens, G. M., Townsend, K. A., Murray, A., Bennett, M. B., Armstrong, A. J., Uribe-Palomino, J., Hosegood, P., Dudgeon, C. L. & Richardson, A. J. (2021). Reef manta rays forage on tidally driven, high density

- zooplankton patches in Hanifaru Bay, Maldives. *PeerJ*, 9, p.e11992. <https://doi.org/10.7717/peerj.11992>.
- Ayu, I. P., Iswantari, A., Wulandari, D. Y., Pratiwi, N. T. M., Sulaiman, G. S. A., Subhan, B., Arafat, D., Rahmadya, A., & Himawan, M. R. (2023). October. Preliminary: biodiversity of plankton in Sawaibu Bay, Manokwari, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1251, No. 1, p. 012068). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/1251/1/012068
- Bariah, A., Safitri, I., Nurrahman, Y. A., Sofiana, M. S. J., Helena, S., & Faizal, I. (2024). Assessing Coral Reef Health in Northern Waters of Penata Besar Island West Kalimantan. *Jurnal Biodjati*, 9(2), 306–320. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v9i2.38146>
- Brito L. V. R., Silva J. J. J. A., Pinheiro, M. A. A., & Santos, H. F. (2020). Micro and mesozooplankton at the edges of coastal tropical reefs (Tamandaré, Brazil). *Helgoland Marine Research*, 74, 20. <https://doi.org/10.1186/s10152-020-00539-4>
- Chakraborty, K., & Das, K. (2015). Modeling and analysis of a two-zooplankton one-phytoplankton system in the presence of toxicity. *Applied Mathematical Modelling*, 39(3–4), 1241–1265. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.08.004>
- Dasmaseela, Y. H., Pattiasina, T. F., Syafril., & Tapilatu, R. F. (2019). Evaluasi Kondisi Terumbu Karang Di Pulau Mansinam Menggunakan Aplikasi Metode Underwater Photo Transect (UPT). *Median*, 11(2), 1–12. <http://doi.org/md.v11i2.458>
- Dittami, S. M., Arboleda, E., Auguet, J. C., Bigalke, A., Briand, E., Cárdenas, P., Cardini, U., Decelle, J., Engelen, A. H., Eveillard, D., & Gachon, C. M. (2021). A community perspective on the concept of marine holobionts: current status, challenges, and future directions. *PeerJ*, 9, p.e10911. <https://doi.org/10.7717/peerj.10911>
- Espinasse, B., Sturbois, A., Basedow, S. L., Hélaouët, P., Johns, D. G., Newton, J., & Trueman, C. N. (2022). Temporal dynamics in zooplankton $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isoscapes for the North Atlantic Ocean: Decadal cycles, seasonality, and implications for predator ecology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 986082. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.986082>.
- Faiqoh, E., Ayu, I. P., Subhan, B., Syamsuni, Y. F., Anggoro, A. W., & Sembiring, A. (2015). Variasi Geografik Kelimpahan Zooplankton di Perairan Terganggu, Kepulauan Seribu, Indonesia. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 1(1), 19–22. <https://doi.org/10.24843/jmas.2015.v1.i01.19-22>
- Garrote, E. O., & Ramírez, M. Á. (2020). Nocturnal variation of the zooplankton community in coral reef substrates at Isla del Coco National Park (Eastern Tropical Pacific). *Revista de Biología Tropical*, 68(1, Supl.), 261–270. <https://doi.org/10.15517/RBT.V68IS1.41189>
- Guild, R., Wang, X., & Quijón, P. A. (2025). Climate change impacts on coastal ecosystems. *Environmental Research: Climate*, 3(4), 042006. DOI 10.1088/2752-5295/ad9f90
- Hall, C. A. M., & Lewandowska, A. M. (2022). Zooplankton dominance shift in response to climate-driven salinity change: A mesocosm study. *Frontiers in Marine Science*, 9, 861297. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861297>
- Jensen, M. R., Sigsgaard, E. E., Ávila, M. D. P., Agersnap, S., Brenner-Larsen, W., Sengupta, M. E., Xing, Y., Krag, M. A., Knudsen, S. W., Carl, H., & Møller, P. R. (2022). Short-term temporal variation of coastal marine eDNA. *Environmental DNA*, 4(4), pp.747-762. <https://doi.org/10.1002/edn3.285>.
- Ji, L., Zhang, H., Wang, Z., Tian, Y., Tian, W., and Liu, Z. (2025). Trace Elements and Temperature Combined to Regulate Zooplankton Community Structures in

- Mountain Streams. *Biology*, 14(2), 183. <https://doi.org/10.3390/biology14020183>
- Karpowicz, M., Ejsmont-Karabin, J., Kozłowska, J., Feniova, I., & Działowski, A. R. (2020). Zooplankton community responses to oxygen stress. *Water*, 12(3), 706. <https://doi.org/10.3390/w12030706>
- Kiemel, K., Weithoff, G., & Tiedemann, R. (2023). DNA metabarcoding reveals impact of local recruitment, dispersal, and hydroperiod on assembly of a zooplankton metacommunity. *Molecular ecology*, 32(23), 6190-6209. <https://doi.org/10.1111/mec.16627>.
- Kurniawan, R., Putra, R. D., & Aji, L. P. (2024). Method for calculating the Coral Health Index (Case Study: Mapur Island, Bintan, Indonesia). *BIO Web of Conferences*, 134, 06022. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413406022>.
- Lange, K., Reynaud, S., de Goeij, J. M., & Ferrier-Pagès, C. (2023). The effects of dissolved organic matter supplements on the metabolism of corals under heat stress. *Limnology and Oceanography*, 68(12), 2774-2788.
- Luthfi, O. M., Saputra, P.A., Mutiara, N. F. R. A., Arisyaputra, R. A., Sinaga, J. K., Bisel, R. S. M., Ika, S. N., Ria A. M., Murti, M. P. H., Girindra, L. A., Rizal, S. R., Bagus, N. M., Ahmad, M., & Raditya, N.M. (2018). Pemantauan Kondisi Invertebrata Menggunakan Metode Reef Check, Di Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10(2), 129. <https://doi.org/10.21107/jk.v10i2.2711>
- Marani, A. R., Alianto, A., Sabariah, V., Manaf, M., Tururaja, T. S., & Dody, S. (2022). Zooplankton di Perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(2), 189-196. <http://doi.org/10.21107/jk.v15i2.14134>
- Marani, A. R., Alianto, A., Sabariah, V., Tururaja, T. S., Manaf, M., & Dody, S. (2023). Zooplankton sebagai Bioindikator Lingkungan Perairan: Studi Kasus Perairan Teluk Doreri Manokwari, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 5(1), 83-90. e-ISSN : 2686-6137.
- 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* e-issn, 2746, 4512.
- Prawira, P. A., Wiyanto, D. B., & Dirgayusa, I. G. N. P. (2023). Struktur komunitas karang lunak pada kedalaman berbeda di Teluk Jemeluk Amed, Kabupaten Karangasem, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 8(2), 311–320. <http://dx.doi.org/10.24843/jmas.2022.v08.i02.p16>
- Pupier, C. A., Grover, R., Fine, M., van de Water, J. A. J. M., & Ferrier-Pagès, C. (2021). Dissolved nitrogen acquisition in the symbioses of soft and hard corals with Symbiodiniaceae: A key to understanding their different nutritional strategies? *Frontiers in Microbiology*, 12, 657759. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.657759>.
- Sanna, L., Richardson, L. E., & McClanahan, T. R. (2025). Benthic drivers of structural complexity in coral reefs across a tropical–subtropical transition zone. *Frontiers in Marine Science*, 1513498. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1513498>
- Sturaro, N., Hsieh, Y. E., Chen, Q., Wang, P. L., & Denis, V. (2021). Trophic plasticity of mixotrophic corals under contrasting environments. *Functional Ecology*, 35(12), 2841-2855.
- Tavsanoglu, U. N., & Akbulut, N. E. (2019). Seasonal dynamics of riverine zooplankton functional groups in Turkey: Kocayay Delta as a case study. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1), pp.69-77.
- Thovyan, A. I., Sabariah, V., & Parenden, D. (2017). Persentase Tutupan Terumbu Karang di Perairan Pasir Putih Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(1), 67. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2017.vol.1.no.1.22>

- Tururaja, S. T., Moge, R. (2010). Bakteri Coliform di Perairan Teluk Doreri, Manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Species. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 15(1):47-52.
- Voelker, N., & Swan, C. M. (2021). The interaction between spatial variation in habitat heterogeneity and dispersal on biodiversity in a zooplankton metacommunity. *Science of the Total Environment*, 754, 141861. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141861>.
- Yudhatama, B. K., Redjeki, S., & Suryono, C. A. (2019). Distribusi horizontal zooplankton berdasarkan salinitas di perairan Bonang Kabupaten Demak Indonesia. *Journal of Marine Research*, 8(3), 322-327. <https://doi.org/10.14710/JMR.V8I3.24988>.
- Yuliana. (2014). Keterkaitan Antara Kelimpahan Zooplankton dengan Fitoplankton dan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Jailolo, Halmahera Barat. *Maspari Journal*, 6(1), 25–31. <https://doi.org/ISSN.2087-0558>.
- Zamoner, J. B., Aued, A. W., Macedo-Soares, L. C. P., Piccolotto, V. A. P., Garcia, C. A. E., & Segal, B. (2021). Integrating oceanographic data and benthic community structure temporal series to assess the dynamics of a marginal reef. *Frontiers in Marine Science*, 8, 762453. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.762453>.