

**STUDI MAKROZOOBENTOS SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS PERAIRAN DI
PESISIR TELUK JAKARTA PADA MEI 2024**

**STUDY OF MACROZOOBENTOS AS A BIOINDICATOR OF WATER QUALITY ON THE
COAST OF JAKARTA BAY IN MAY 2024**

¹Immanuel Suweni*, ²Kartika Widya, ²Truly Yuswantari, ²Gentio Harsono

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNHAN RI, Jakarta, Indonesia

²Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut, Jakarta, Indonesia

*Koresponden penulis: suwenicarvallo@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas perairan di pesisir Teluk Jakarta dengan menggunakan makrozoobentos sebagai bioindikator. Makrozoobentos adalah organisme benthik yang hidup di dasar perairan, dipilih karena sensitivitasnya terhadap perubahan kondisi lingkungan dan kemampuannya mencerminkan kualitas air suatu daerah. Studi dilakukan pada Mei 2024, dengan pengambilan sampel di tiga stasiun yang tersebar di sepanjang pesisir Teluk Jakarta. Setiap stasiun dipilih secara sistematis untuk mewakili variasi kondisi lingkungan di area penelitian. Sampel makrobentos diidentifikasi hingga tingkat taksonomi yang sesuai dan dianalisis untuk mengevaluasi kualitas perairan berdasarkan indeks biotik. Hasil studi menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi makrobentos di berbagai lokasi, serta hubungan yang erat antara komposisi makrobentos dan parameter kualitas perairan seperti kandungan bahan organik. Implikasi dari temuan ini mencakup pentingnya menggunakan makrobentos sebagai indikator sensitif untuk memantau kualitas pesisir dan lingkungan perairan. Studi ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi manajemen pesisir Teluk Jakarta yang berkelanjutan di kawasan Jakarta Utara.

Kata Kunci: Makrozoobentos, Bioindikator, Kualitas Perairan, Teluk Jakarta, Keanekaragaman, Pencemaran.

Abstract

This research aims to evaluate the quality of waters on the coast of Jakarta Bay using macrozoobenthos as a bioindicator. Macrozoobenthos are benthic organisms that live at the bottom of waters, selected for their sensitivity to changes in environmental conditions and their ability to reflect the water quality of an area. The study was carried out in May 2024, with samples taken at three stations spread along the coast of Jakarta Bay. Each station was chosen systematically to represent variations in environmental conditions in the study area. Macrozoobenthos samples are identified to the appropriate taxonomic level and analyzed to evaluate water quality based on biotic indices. The study results show significant variations in macrozoobenthic composition in various locations, as well as a close relationship between macrozoobenthic composition and water quality parameters such as organic matter content. The implications of these findings include the importance of using macrozoobenthos as a sensitive indicator for monitoring the quality of coastal and aquatic environments. This study can be a basis for developing a sustainable coastal management strategy for Jakarta Bay in the North Jakarta area.

Keyword: Macrozoobenthos, Bioindicators, Water Quality, Jakarta Bay, Diversity, Pollution

1. PENDAHULUAN

Kualitas perairan merupakan aspek krusial dalam menentukan kesehatan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Kota Jakarta merupakan kota padat penduduk dan memiliki banyak industri atau pabrik. Pertumbuhan populasi yang pesat dan urbanisasi yang tidak terkendali mengakibatkan kualitas perairan di Jakarta mengalami tekanan yang signifikan dan

menjadikan Jakarta sebagai salah satu kota dengan kualitas air yang buruk. Serta lemahnya hukum dalam pengolahan limbah industri atau pabrik menambahkan peluang air tercemar lebih besar. Perairan di Jakarta juga memiliki kandungan logam berat yang tinggi (Wahyuningsih, 2014). Sumber logam berat pada perairan Jakarta ini berasal dari kegiatan industri kimia, cat, pabrik tekstil dan batu baterai serta Pelabuhan seperti

pengecatan kapal, pembuangan air ballast, galangan kapal dan pengisian bahan bakar (Edward, 2021). Polusi air ini dapat berdampak langsung bagi masyarakat dan ekosistem. Di daerah dengan air yang buruk, penyakit yang dapat ditularkan melalui air seperti diare, infeksi kulit, dan infeksi saluran kemih masih sering terjadi. Oleh karena itu, memahami dan mengelola kualitas air di Jakarta merupakan hal penting untuk meningkatkan kualitas hidup penduduk dan menjaga keseimbangan ekologi.

Dalam upaya menjaga kesehatan ekosistem perairan, pemantauan kualitas air menjadi aspek yang sangat penting. Salah satu metode yang efektif dan efisien untuk menilai kualitas air adalah melalui penggunaan bioindikator. Bioindikator merupakan suatu komponen biotik yang dapat digunakan sebagai petunjuk. Bioindikator dapat menunjukkan perubahan kualitas dari suatu perairan yang terjadi akibat dari aktivitas manusia yang berada di daerah tersebut maupun kerusakan yang disebabkan oleh alam. Makrozoobentos adalah hewan bentik berukuran besar yang hidup di dasar perairan, termasuk serangga air, cacing, moluska, dan krustasea. Makrozoobentos ini merupakan salah satu biota yang dapat dijadikan bioindikator di suatu perairan. Hal ini disebabkan karena makrozoobentos mudah ditemukan pada dasar perairan sehingga dapat dikatakan sebarannya luas dan jumlah spesies yang lebih banyak dapat memberikan jangkauan respon terhadap tekanan di suatu lingkungan. Makrozoobentos yang relatif menetap pada dasar perairan dan memiliki siklus hidup yang panjang memungkinkan dapat menjelaskan perubahan dari waktu ke waktu (Musthofa *et al.*, 2014). Beberapa spesies makrozoobentos sangat toleran terhadap polusi, sementara yang lain sangat sensitif. Dengan mempelajari komposisi komunitas makrozoobentos di suatu perairan, para ilmuwan dan pengelola lingkungan dapat menentukan tingkat pencemaran dan kondisi ekologis perairan tersebut. Misalnya, dominasi spesies toleran polusi dapat mengindikasikan degradasi lingkungan, sedangkan kehadiran berbagai spesies sensitif menunjukkan kualitas air yang baik.

Metode biologis ini dapat mendeteksi perubahan jangka panjang dalam kualitas air,

karena makrozoobentos mengintegrasikan efek dari berbagai tekanan lingkungan sepanjang hidup mereka. Selain itu, metode ini sering kali lebih ekonomis dan praktis untuk dilakukan di lapangan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan makrozoobentos sebagai bioindikator dalam penilaian kualitas air. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan alat yang lebih baik dan berkelanjutan dalam pemantauan dan pengelolaan kualitas air.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 dengan tiga lokasi stasiun yang berbeda di daerah Jakarta Utara, diantaranya yaitu Pantai Ancol, Muara Baru dan Hutan Mangrove PIK. Sampel diambil dari tiga stasiun pengamatan sebanyak 3 kali pengambilan sampel dengan menggunakan *purposive sampling method* (penempatan titik sampling secara sengaja).

Metode yang digunakan dalam pengambilan makrozoobentos adalah metode pengambilan stasiun per stasiun, yang merupakan suatu metode pengambilan sampel dalam studi ekologi untuk mempelajari distribusi organisme di suatu habitat tertentu. Metode ini merupakan metode pendekatan sistematis untuk mengumpulkan data dari berbagai lokasi (stasiun) dalam suatu area penelitian. Metode ini sering digunakan dalam penelitian lingkungan, ekologi, dan ilmu-ilmu alam lainnya untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mencerminkan variasi yang ada dalam area studi.

Metode pengambilan sampel stasiun per stasiun melibatkan pembagian area penelitian menjadi beberapa stasiun atau titik pengamatan yang berbeda. Pada setiap stasiun, sampel diambil dan dianalisis untuk memperoleh data yang representatif mengenai kondisi atau variabel yang diteliti di seluruh area tersebut. Sampel makrozoobentos diambil dari zona intertidal dengan menggunakan pipa PVC yang memiliki diameter 22 mm dan panjang 30 cm. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam plastik sampel untuk selanjutnya akan dibawa ke lab untuk proses pengayakan untuk memisahkan antara pasir dengan makrozoobentos. Satu per satu isi kantong

diayak dalam saringan no. 18 standar US atau saringan bertingkat dengan mata saring dengan ukuran 1,00 mm, kemudian dicuci dengan air bersih sehingga dapat diperoleh fauna bentik yang bersih. Setelah melewati proses pengayakan sampel bentik akan diawetkan menggunakan formalin 10% atau alcohol 70% dan akan ditaruh kedalam botol dan diberi label sesuai tempat sampel diambil. Identifikasi makrozoobentos menggunakan miskroskop stereo dan buku identifikasi untuk mengetahui taksonomi dari fauna bentik tersebut.

Data yang diperoleh disusun dalam tabel dengan baik dan secara keseluruhan kemudian dianalisis dengan ekologi kuantitatif untuk mengetahui struktur komunitas (keanekaragaman, keseragaman, dan kekayaan jenis). Metode yang digunakan untuk menganalisis adalah indeks keanekaragaman Shannon Wiener (H') pada rumus 1;

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

Keterangan:

- H': Penduga keragaman populasi
- Pi: Jumlah individu masing-masing jenis
- S: jumlah jenis

$$E = \frac{H'}{\ln S} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- S: Jumlah keseluruhan dari spesies
- H' max: Keragaman maksimum

Indeks Keseragaman (E) dimana semakin besar nilai keseragaman suatu spesies dapat menunjukkan kelimpahan yang seragam dan merata antar spesies yang diteliti pada suatu daerah. Untuk menentukan nilai indeks keseragaman diperlukan rumus 2 di atas;

Indeks Dominasi (C) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan kualitas perairan suatu daerah dimana jumlah spesies jenis dari perairan tersebut banyak. Indeks Keragaman Simpson dapat ditentukan dengan rumus 3, seperti berikut;

$$C = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- C: Indeks Dominasi
- N: Jumlah total Individu

- n: jumlah Individu masing-masing jenis

Tabel 1. Kriteria Kualitas air berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, (sumber Selanno, D. A. J. (2009). Analisis hubungan antara beban pencemaran dan konsentrasi limbah sebagai dasar pengelolaan kualitas lingkungan perairan Teluk Ambon Dalam.)

No.	Indeks Keragaman	Kualitas	Pustaka
1	> 3	Air bersih	Wilha (1975)
	1-3	Setengah tercemar	
	< 1	Tercemar berat	
2	3,0-4,0	Tercemar sangat ringan	Wilha (1975)
	2,0-3,0	Tercemar ringan	
	1,0-2,0	Setengah tercemar	
3	2,0	Tidak tercemar	Lee <i>et al.</i> , (1975)
	2,0-1,0	Tercemar ringan	
	1,5-1,0	Tercemar sedang	
	< 1,0	Tercemar berat	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi dan Kelimpahan Makrozoobentos

Makrozoobnetos yang ditemukan di Perairan terdiri 10 keluarga dari 2 kelas pada Filum Moluska. Pada stasiun A ditemukan keluarga Conidae, Thiaridae, Trochidae, Potamidae, Littorinidae, Potamididae, dan Rissoinidae dari kelas Gastropoda, serta Pectinidae, Veneridae, dan Limidae dari kelas Bivalvia. Sedangkan pada stasiun B hanya ditemukan kelas gastropoda yang terdiri dari keluarga Thiaridae, Littorinidae, dan Batillariidae. Begitu juga pada stasiun C, hanya terdapat 1 keluarga Thiaredae dari kelas Gastropoda.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan signifikan pada kelimpahan makrozoobentos dari ketiga stasiun yang diteliti. Stasiun A memiliki tingkah kelimpahan sedang, yaitu jumlah total 372 dari 9 keluarga pada kelas Gastropoda dan Bivalvia.

Sedangkan pada stasiun B hanya ditemukan dari kelas gastropoda, tetapi memiliki tingkat kelimpahan yang paling tinggi dengan jumlah 557 yang terdiri dari tiga keluarga. Terjadi penurunan drastis pada stasiun berikutnya dengan hanya ditemukan 30 dari kelas Thiaridae pada Gastropoda, hal ini menunjukkan stasiun B memiliki tingkat kelimpahan paling rendah. Faktor kondisi, bentuk dan kualitas perairan dapat memengaruhi tingkat kelimpahan makrozoobentos pada setiap tempat (Chazanah *et al.*, 2020). Ketiga stasiun ditentukan pada lokasi dengan jarak yang tidak berdekatan serta memiliki bentuk dan kualitas perairan yang berbeda, hal tersebut tentu mengakibatkan terjadinya perbedaan kelimpahan makrozoobentos pada tiap stasiun.

3.2 Keaneekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi Makrozoobentos

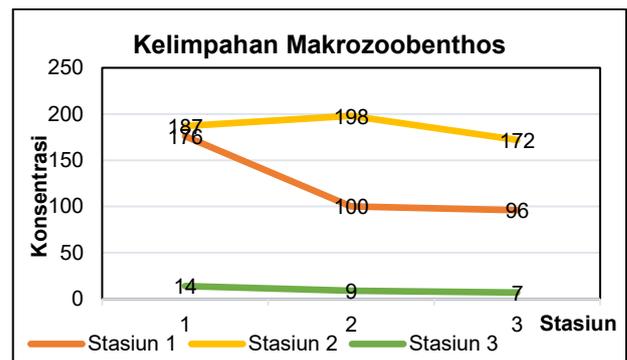
Indeks Shannon-Wiener digunakan untuk menganalisis keanekaragaman makrozoobentos sebagai indikator kualitas air. Pada stasiun A, nilai keanekaragaman (H') 1,223 menunjukkan nilai sedang pada keanekaragaman dengan indeks 1,5-1,0 pada tabel 1 dikategorikan sebagai kondisi perairan tercemar sedang. Sedangkan stasiun B dan C berada pada indeks yang sama, yaitu pada <1.0 yang menunjukkan perairan stasiun B dan C tercemar berat, terutama pada stasiun C yang memiliki nilai keseragaman 0. Melalui hasil penelitian diketahui keanekaragaman makrozoobentos perairan teluk jakarta cenderung berada pada tingkat rendah. Hal ini mengindikasikan kualitas ekosistem perairan pada Teluk Jakarta tidak baik bahkan tercemar (Rahman *et al.*, 2023).

Tingkat pencemaran pada Teluk jakarta banyak disebabkan meningkatnya intensitas aktivitas antropogenik dan industri di sekitar perairan serta terjadinya pembuangan limbah yang tentunya dapat mengganggu keseimbangan ekosistem (Ardiansyah *et al.*, 2022). Dari ketiga stasiun yang diamati, stasiun C merupakan perairan dengan keanekaragaman paling rendah. Berdasarkan pengamatan, lokasi C merupakan aliran sungai dengan banyak ditemukan limbah rumah tangga yang terbawa arus dan terakumulasi pada daerah

hilir sungai menyebabkan ekosistem pada stasiun C terganggu dan mengakibatkan rendahnya keanekaragaman makrozoobentos (Ninsalam *et al.*, 2016).

Tabel 2. Kelimpahan makrozoobentos di pesisir Teluk Jakarta.

Biota	STASIUN								
	A			B			C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Gastropoda									
Conidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Thiaridae	114	62	46	185	195	163	14	9	7
Trochidae	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Potamididae	38	0	17	0	0	0	0	0	0
Littorinidae	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Rissoinidae	9	28	20	0	0	0	0	0	0
Batillariidae	0	0	0	2	3	9	0	0	0
Bivalvia									
Pectinidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Veneridae	13	10	0	0	0	0	0	0	0
Limidae	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Jumlah	176	100	96	187	198	172	14	9	7
Total	372			557			30		



Gambar 1. Kelimpahan Makrozoobentos di Pesisir Teluk Jakarta

Sedangkan pada stasiun A dan B yang memiliki kategori kualitas air tercemar sedang merupakan kawasan pariwisata dengan tingkat aktivitas manusia yang tinggi dan beragam dan berpotensi menghasilkan sampah. Akan tetapi kedua lokasi tersebut berada pada sistem pengolahan yang cukup baik, sehingga dapat meminimalisir terjadinya pencemaran akibat penumpukan limbah pariwisata.

Begitu juga pada tingkat keseragaman dan dominansi yang dimiliki pada ketiga stasiun penelitian juga menunjukkan tingkat kualitas ekosistem perairan yang cukup rendah di Teluk Jakarta. Stasiun A memiliki tingkat keseragaman sedang dengan nilai 0,557 dan tingkat dominansi sedang dengan 0,406 menunjukkan bahwa makrozoobentos pada stasiun A masih memiliki keseimbangan

ekosistem dan keragaman yang cukup baik walaupun masih terganggu akibat pencemaran sedang (Ernawati *et al.*, 2023).

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman, Indeks Keseragaman dan Indeks Dominasi

Indeks	Stasiun Pengambilan Sampel		
	A	B	C
Keanekaragaman (H')	1.223	0.130	0.000
Keseragaman (e)	0.557	0.119	0
Dominasi (D)	0.406	0.948	1

Berbeda pada stasiun B yang menunjukkan ekosistem perairan yang kurang seimbang dengan memiliki tingkat keseragaman yang rendah pada nilai 0,119 dan dominansi atau kecenderungan pada spesies tertentu yang tinggi pada nilai 0,948. Sedangkan stasiun C memiliki nilai keseragaman 0 atau tidak memiliki keseragaman, serta dengan ditemukannya makrozoobentos pada satu kelas dan keluarga yang sama menunjukkan dominansi yang sangat tinggi dengan nilai 1. Hal tersebut menjadi indikasi terjadinya ketidakseimbangan dan sangat rendahnya kualitas ekosistem pada perairan stasiun C (Rachman *et al.*, 2016).

3.3 Faktor Abiotik

Keanekaragaman makrozoobentos pada suatu perairan juga dipengaruhi oleh faktor biotik seperti ada tidaknya organisme pengganggu seperti predator dan ketersediaan produsen serta pangan yang berperan penting dalam menentukan kelimpahan dan keanekaragaman jenis makrozoobentos yang hidup (Saragih *et al.*, 2024). Berhubungan pada kualitas air, keanekaragaman makrozoobentos dipengaruhi oleh faktor abiotik pada perairan seperti kadar fosfat, gas terlarut, pH, sedimen, suhu, dan kekeruhan juga berkontribusi. Faktor-faktor fisik, kimia, dan biologi tersebut saling berinteraksi membentuk kondisi lingkungan perairan tertentu yang dapat mempengaruhi jenis dan jumlah makrozoobentos pada suatu perairan (Rahman *et al.*, 2023). Pada penelitian ini juga diketahui perbedaan pada faktor abiotik sebagai parameter pada kejernihan air, suhu air, dan jenis sedimentasi yang mempengaruhi perbedaan keanekaragaman

dan kelimpahan makrozoobentos pada masing-masing stasiun penelitian.

Tabel 4. Parameter Kualitas Air

Parameter	Stasiun		
	A	B	C
Kejernihan	Jernih	Sangat keruh	Keruh
Suhu	29°C	25°C	27°C
Sedimentasi	Pasir halus	Lumpur	Lumpur dan kerikil

Stasiun A memiliki perairan yang jernih dengan suhu 29°C menunjukkan perairan yang mendapatkan pencahayaan sinar matahari yang cukup sehingga membantu proses produktivitas (Binzer *et al.*, 2006). Dengan memiliki jenis sedimentasi berupa pasir halus memungkinkan terjadinya sirkulasi air dan oksigen yang cukup baik untuk mendukung kehidupan keanekaragaman makrozoobentos pada perairan stasiun (Kuwa *et al.*, 2006). Sedangkan stasiun B memiliki perairan yang sangat keruh akibat tercemar limbah organik dari hasil degradasi daun dan ranting yang gugur dan membusuk di dalam air, serta terdapat limbah anorganik dari pembuangan industri dan aktivitas manusia lainnya. Walaupun keanekaragaman jenis makrozoobentos pada stasiun C tergolong rendah tetapi memiliki tingkat kelimpahan yang tinggi, hal tersebut didukung oleh kondisi air ideal dengan suhu 25°C dan sedimen berupa lumpur yang mengandung banyak nutrisi dari hasil dekomposisi bahan organik untuk bertahan hidup (Putro *et al.*, 2014). Berbeda pada stasiun C yang juga memiliki jenis sedimentasi lumpur, akan tetapi didominasi oleh kerikil yang memiliki kandungan bahan organik lebih rendah meskipun memiliki suhu ideal makrozoobentos hidup pada 27°C. Dengan kondisi air keruh yang menyebabkan pencahayaan matahari kurang maksimal pada bagian dasar perairan dan banyaknya sampah mengganggu keseimbangan ekosistem tempat hidup makrozoobentos (Bangun *et al.*, 2018).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tingkat keanekaragaman makrozoobentos yang tergolong sedang hingga rendah, Teluk Jakarta memiliki kualitas air yang kurang baik. Pada tingkat keseragaman dan tingkat dominansi pada makrozoobentos juga menunjukkan keseragaman yang rendah, serta terjadinya dominansi jenis tertentu yang dikaitkan dengan kondisi perairan yang tercemar. Hasil analisis didukung dengan pengamatan faktor abiotik yang mempengaruhi rendahnya keanekaragaman makrozoobentos menggunakan parameter kejernihan air, suhu air, dan jenis sedimentasi. Didapatkan kondisi ekosistem perairan yang kurang baik dan tercemar untuk menjadi habitat keanekaragaman makrozoobentos.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing dan berbagai pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam pembuatan jurnal ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Damar, A., Machfud, & Hariyadi, S. (2022). Roles and interrelation between variables: a study case of plastic waste management in Jakarta Bay. *Journal of Coastal Conservation*, 26(5), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00888-x>
- Bangun, A. P., Wahyuningsih, H., & Muhtadi, A. (2018). Impacts of macro - And microplastic on macrozoobenthos abundance in intertidal zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012102>
- Binzer, T., Sand-Jensen, K., & Middelboe, A. L. (2006). Community photosynthesis of aquatic macrophytes. *Limnology and Oceanography*, 51(6), 2722–2733. <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.6.2722>
- Chazanah, N., Muntalif, B. S., Rahmayani, R. A., & Sudjono, P. (2020). Macrozoobentos distribution as a bioindicator of water quality in the upstream of the Citarum river. *Journal of Ecological Engineering*, 21(3), 10–17. <https://doi.org/10.12911/22998993/116335>
- Ernawati, E., Rohyani, I. S., Ardi, R. H., Wahyuningsih, A. F., Muflihah, B. H. T., & Zubair, R. A. (2023). Macrozoobenthos Diversity as A Bioindicator of Water Quality in River Sesaut Village Narmada West Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 543–550. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4860>
- Kuwaie, T., Kamio, K., Inoue, T., Miyoshi, E., & Uchiyama, Y. (2006). Oxygen exchange flux between sediment and water in an intertidal sandflat, measured in situ by the eddy-correlation method. *Marine Ecology Progress Series*, 307, 59–68. <https://doi.org/10.3354/meps307059>
- Ninsalam, Y., Qin, R., & Rekkittke, J. (2016). Application for 3d scene understanding in detecting discharge of domesticwaste along complex urban rivers. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41(July), 663–667. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B3-663-2016>
- Putro, S. P., Hariyati, R., Suhartana, S., & Sudaryono, A. (2014). Response of Trophic Groups of Macrobenthos to Organically Enriched Sediments: A Comparative Study between Temperate and Tropical Regions. *Aquatic Science and Technology*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.5296/ast.v2i1.4807>
- Rachman, H., Priyono, A., & Usli, D. A. N. Y. (2016). Macrozoobenthos as bioindicator of river water quality in Ciliwung Hulu Sub watershed. *Media Konservasi*, 21(3), 261–269.

- Rahman, F. N., Tambaru, R., Lanuru, M., Lanafie, Y. A., & Samawi, M. F. (2023). Macrozoobenthos Diversity As a Bioindicator of Water Quality Around the Center Point of Indonesia (Cpi). *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.20956/jiks.v9i1.19960>
- Saragih, M., Sinaga, M. P., & Saragih, E. H. (2024). Macrozoobentos Diversity In The Mangrove Ecosystem In Bagan Asahan Village, North Sumatra Province. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 12(1), 337–344. <https://doi.org/10.35800/jip.v12i1.55125>
- Wahyuningsih, T. (2015). Pencemaran Pb dan Cd pada Hasil Perikanan Laut Tangkapan Nelayan di Sekitar Teluk Jakarta. *Prosiding KPSDA*, 1(1).

