EVALUASI KUALITAS AIR LAUT AKIBAT AKTIVITAS PENGINAPAN DI ATAS LAUT DI PULAU DERAWAN, KABUPATEN BERAU

EVALUATION OF MARINE WATER QUALITY IMPACTS ASSOCIATED WITH OVERWATER ACCOMODATION ACTIVITIES ON DERAWAN ISLAND, BERAU REGENCY

Mulyadi Syam[1], Muhammad Roem[2], Ery Gusman[2]*

[1]Mahasiswa Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK Universitas Borneo Tarakan
[2]Staff Pengajar Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK Universitas Borneo Tarakan
*e-mail: erygusman@borneo.ac.id

ABSTRAK

Pesatnya pembangunan penginapan di atas laut (*over-water structures*) di Pulau Derawan berpotensi menurunkan kualitas perairan pesisir akibat ketiadaan pengolahan limbah cair domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status kualitas air laut secara komparatif terhadap Baku Mutu Air Laut (PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII) serta mengidentifikasi indikasi pencemaran organik dan potensi ancaman eutrofikasi. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober–Desember 2024 pada 9 stasiun pengamatan yang terbagi ke dalam 3 zona representatif (PN1: bertekanan tinggi, PN2: bertekanan sedang, PN3: kontrol/referensi). Parameter fisika dan kimia diuji secara in situ dan ex situ di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu (28,4-30,6ºC), TSS (0,0015-0,0145 mg/L), minyak dan lemak (0,094-0,776 mg/L), serta amonia (0,032-0,223 mg/L) masih memenuhi baku mutu lingkungan. Namun, terdeteksi tiga parameter kritis yang melampaui baku mutu, yaitu kecerahan (2,0-3,0 m; baku mutu >5 m), oksigen terlarut (4,1-7,0 mg/L; baku mutu >5 mg/L), dan orto-fosfat (0,027-0,039 mg/L; baku mutu 0,015 mg/L). Pembuangan limbah cair domestik (graywater dan blackwater) tanpa pengolahan serta tingginya aktivitas lalu lintas perahu wisata menjadi penyebab utama penurunan DO dan lonjakan orto-fosfat. Temuan ini mengindikasikan awal terjadinya eutrofikasi yang mengancam keberlanjutan ekosistem terumbu karang di Pulau Derawan.

Kata kunci: Baku mutu air laut, Eutrofikasi, Penginapan atas laut, Pulau Derawan.

ABSTRACT

The rapid development of over-water lodgings in Derawan Island poses a threat to coastal water quality due to the lack of proper domestic wastewater treatment. This study aims to evaluate seawater quality against the Marine Water Quality Standards (Government Regulation No. 22 of 2021, Annex VIII) and identify organic pollution indicators and potential eutrophication risks. The research was conducted from October to December 2024 across 9 sampling stations categorized into three representative zones (PN1: high impact, PN2: moderate impact, PN3: control/reference). Physical and chemical parameters were measured both in situ and ex situ in the laboratory. Results showed that temperature (28.4-30.6ºC), TSS (0.0015-0.0145 mg/L), oil and grease (0.094-0.776 mg/L), and ammonia (0.032-0.223 mg/L) complied with environmental standards. However, three critical parameters violated the quality standards: water clarity (2.0-3.0 m; standard >5 m), dissolved oxygen (4.1-7.0 mg/L; standard >5 mg/L), and ortho-phosphate (0.027-0.039 mg/L; standard 0.015 mg/L). Direct discharge of untreated domestic wastewater (graywater and blackwater) along with tourist boat traffic are the primary drivers of DO depletion and elevated ortho-phosphate levels. These findings highlight an emerging risk of eutrophication that threatens the sustainability of coral reef ecosystems in Derawan Island.

Keywords: Derawan Island, Eutrophication, Over-water resort, Water clarity.

© Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026

PENDAHULUAN

Salah satu tempat di Indonesia yang sudah dikenal sebagai wisata bawah laut ada di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Destinasi yang paling banyak peminatnya adalah Kepulauan Derawan, Pulau Maratua, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Kepulauan ini merupakan pusat pertumbuhan ekonomi yang dicita-citakan pemerintah daerah. Sejak nama Kepulauan Derawan dikenal di penjuru dunia, hotel dan resort baru terus berdiri (Surya & Apriyandi, 2021). Berdasarkan pemantauan langsung di lapangan, sebagian besar penginapan dibangun tepat di pinggir pantai, ada yang menjulur ke laut, bahkan ada yang berdiri di atas permukaan air. Dengan kata lain, banyak *resort* tersebut seolah terapung dan memanfaatkan tanah sempadan pantai untuk menjawab permintaan wisatawan.

Pulau Derawan, bagian dari Kepulauan Derawan, hanya seluas 44,6 hektar, tetapi keindahan taman laut di sekelilingnya membuatnya populer sebagai lokasi menyelam; di kawasan ini terdata sekitar 1.000 spesies biota laut dan 832 spesies ikan karang (Setyasih & Helmy, 2021). Pembangunan sektor pariwisata harus terus digerakkan agar manfaat ekonomi dan perlindungan lingkungan saling sejalan. Kekayaan hayati laut, yang bergantung pada struktur karang yang menarik, menyajikan ekosistem unik, dan naiknya kunjungan biasanya beriringan dengan bertambahnya jumlah penduduk setempat demi memenuhi kebutuhan wisatawan dan tenaga kerja (Putri dkk., 2022).

Pesatnya pembangunan penginapan di atas laut (*over-water structures*) di Pulau Derawan didorong oleh tingginya permintaan pariwisata bahari tanpa diimbangi oleh penyediaan infrastruktur pengolahan limbah yang memadai. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada potensi ekonomi pariwisata, inventarisasi fasilitas umum, atau daya tarik wisata bahari secara konvensional. Namun kajian empiris yang secara spesifik mengukur dampak langsung dari struktur akomodasi atas laut terhadap perubahan parameter fisika-kimia perairan pesisir di pulau kecil yang sensitif belum tersedia. Ketiadaan pengolahan limbah cair domestik (*graywater* dan *blackwater*) berpotensi memicu akumulasi nutrien dan penurunan kualitas air secara lokal.

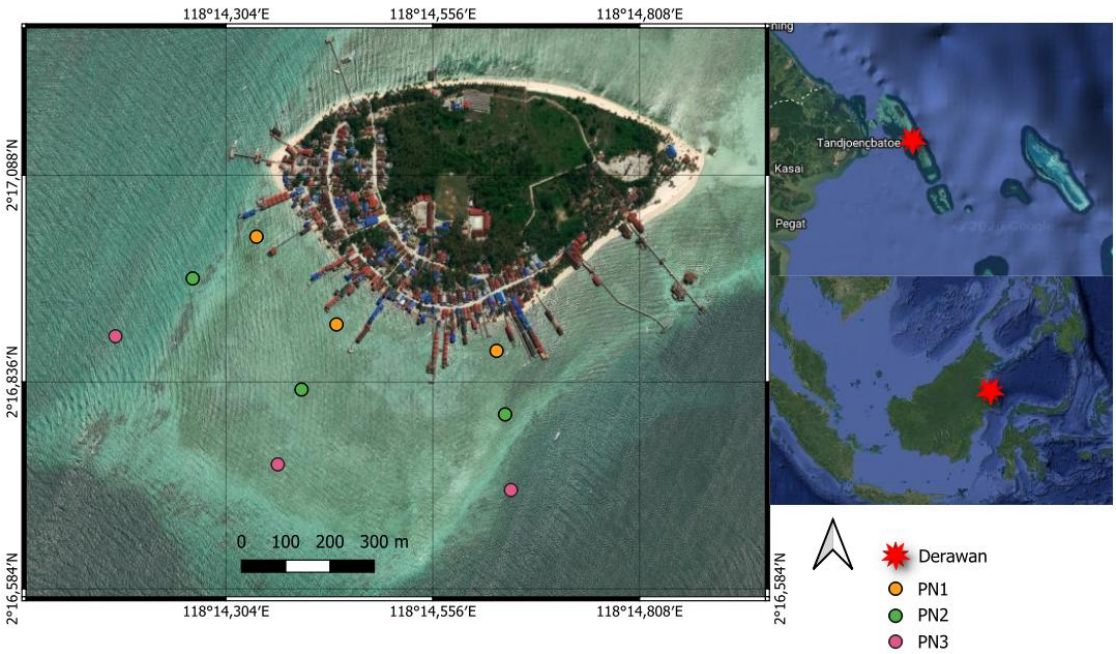
Kajian komparatif berbasis standar regulasi lingkungan khususnya Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status kualitas air laut secara komparatif terhadap kriteria Baku Mutu Air Laut untuk peruntukan Biota Laut dan Wisata Bahari berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 serta mengidentifikasi indikasi pencemaran organik dan potensi ancaman eutrofikasi akibat aktivitas penginapan atas laut sebagai landasan ilmiah perumusan arahan pengelolaan kawasan pesisir Pulau Derawan secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – Desember 2024. Penelitian ini dilaksanakan pada 9 titik pengukuran (stasiun) di sekitar Pulau Derawan Kabupaten Berau Kalimantan Timur seperti yang terlihat pada Gambar 1.

 © Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Penentuan lokasi sampel dilakukan menggunakan metode purposive sampling yang terdistribusi secara spasial mengelilingi Pulau Derawan (Sugiyono, 2021). Sembilan stasiun tersebut dikelompokkan ke dalam 3 zona representatif sebagai berikut:

- PN1: Zona Bertekanan Tinggi (*High-Impact Zone*): Stasiun yang berada di kawasan padat penginapan atas laut (water bungalow) dan area aktivitas dermaga, untuk mengukur akumulasi masukan limbah domestik secara langsung (*direct point-source discharge*);
- PN2: Zona Bertekanan Sedang (*Moderate-Impact Zone*): Stasiun di pemukiman lokal dan lintasan kapal wisata;
- PN3: Zona Kontrol/Referensi (*Low-Impact/Reference Zone*): Stasiun berjarak terluar dengan tutupan terumbu karang yang relatif utuh sebagai pembanding kondisi alami perairan (*baseline*).

Pembagian spasial mengelilingi mata angin ini juga mempertimbangkan arah arus pasang surut (tidal flushing) guna menangkap sebaran temporal dan spasial kualitas air perairan (Green et al., 2018).

Sampel air diambil dari 9 titik di sekitar penginapan laut, adapun parameter yang diuji di antaranya adalah Total Suspended Solid (TSS), Kadar minyak dan lemak, amoniak (NH_3), Orto-fosfat (PO_4-P), Dissolved Oxygen (DO) , pH, suhu, salinitas. Standar baku mutu mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 untuk Wisata Bahari dan Biota Laut. Untuk pengukuran kualitas air secara langsung di lapangan (in situ) menggunakan alat Hanna Multiparameter HI98194 (DO, Suhu, dan Salinitas). Kecerahan diukur menggunakan secchi disk. Parameter TSS, minyak dan lemak, amoniak (NH_3), dan fosfat (PO_4) diuji secara ex situ di Laboratorium Kualitas Air FPIK UBT.

Analisis Data

Parameter kualitas air dalam penelitian ini dipilih berdasarkan relevansinya terhadap potensi pencemaran dari aktivitas penginapan di atas laut. Data hasil pengukuran di lapangan dianalisis secara komparatif terhadap kriteria Baku Mutu Air Laut sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan

© Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026

Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VIII).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Perairan Sekitar Penginapan Laut

Data pengukuran kualitas air disajikan pada tabel 1. Analisis kualitas air dilakukan untuk mengidentifikasi derajat perubahan karakteristik fisika dan kimia perairan pesisir akibat aktivitas antropogenik di Pulau Derawan. Seluruh parameter hasil pengukuran di tiga stasiun pengamatan dievaluasi secara komparatif mengacu pada Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut dan Wisata Bahari berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 (Lampiran VIII).

Tabel 1. Hasil Kualitas Air untuk Penginapan

No	Parameter	Satuan	Zona			Baku Mutu *
			PN1	PN2	PN3	
1	Suhu	(º C)	28,4-30,4	28,8-29,8	28,4-30,6	28-30
2	Salinitas	(ppt)	34,6-35,6	34,4-34,9	34,5-34,9	33-34
3	pH	-	8,1-8,3	7,9-8,5	7,9-8,6	7-8,5
4	Kecerahan	(m)	2-3	2-3	2-2,5	>5
5	DO	(mg/L)	4,1-7	4,1-5	4,7-5	>5
6	TSS	(mg/L)	0,0055-0,0145	0,0015-0,0074	0,0073-0,0136	20
7	Minyak Lemak	(mg/L)	0,094-0,253	0,098-0,162	0,164-0,776	1
8	Amonia	(mg/L)	0,04-0,103	0,038-0,076	0,032-0,223	0,3
9	Orto-fosfat	(mg/L)	0,03-0,039	0,029-0,034	0,027-0,030	0,015

**Sumber: Baku Mutu Air Laut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 (Lampiran VIII - Peruntukan Biota Laut dan Wisata Bahari)*

Dinamika Karakteristik Fisika Perairan

Kondisi fisika perairan di sekitar lokasi penginapan laut menunjukkan karakteristik perairan pulau kecil yang didominasi oleh sirkulasi massa air laut lepas. Suhu perairan berkisar antara 28,4–30,6º C dan salinitas berkisar 34,4–35,6 ppt. Nilai suhu berada penuh dalam batas aman baku mutu 28–30º C yang mengindikasikan kestabilan termal perairan tanpa potensi stres termal pada biota laut (Tavakoli-Kolour et al., 2023). Sementara itu, nilai salinitas tercatat sedikit berada di atas batas kisaran baku mutu 33-34 ppt, hal ini merupakan fenomena yang umum di Lokasi perairan pada pulau-pulau kecil dengan tingkat penguapan (evaporasi) tinggi dan minimnya akumulasi debit air tawar dari sungai daratan (Erler et al., 2024).

Temuan fisika yang membutuhkan perhatian serius terletak pada parameter kecerahan perairan. Hasil pengukuran mencatat kecerahan hanya mencapai 2,0–3,0 m, yang berarti berada jauh di bawah standar baku mutu >5 m. Rendahnya tingkat kecerahan ini merupakan implikasi langsung dari tingginya frekuensi lalu lintas perahu wisata yang memicu resuspensi sedimen dasar, serta akumulasi partikel terlarut dari buangan limbah organik cair penginapan di atas laut (Hamuna et al., 2018; Calllejas et al., 2021). Kondisi ini mengancam keberlangsungan ekosistem terumbu karang dan padang lamun di bawahnya akibat terhambatnya penetrasi radiasi matahari yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis (Dwyer et al., 2018).

Keseimbangan Kimiawi dan Respon Dekomposisi Organik

Parameter derajat keasaman (pH) perairan berada pada rentang 7,9–8,6. Sebagian besar lokasi memenuhi ambang baku mutu 7,0–8,5, meskipun pada Stasiun PN3 terdeteksi lonjakan pH hingga 8,6.

 © Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026

Kondisi cenderung alkalis ini berkorelasi dengan peningkatan dinamika fotosintesis fitoplankton pada siang hari yang mengonsumsi CO_2 terlarut, serta adanya akumulasi buangan bahan organik alkalis (seperti sisa sabun/pembersih) dari penginapan (Chrachri et al., 2018; Flynn & Mitra, 2023).

Dampak dari masukan bahan organik tersebut tercermin secara konsisten pada konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang berkisar antara 4,1–7,0 mg/L. Pada ketiga stasiun pengamatan, terdeteksi nilai DO yang turun hingga 4,1 mg/L, melampaui batas minimum yang disyaratkan (>5 mg/L). Penurunan oksigen terlarut ini terutama terjadi pada zona-zona yang berdekatan langsung dengan tiang pancang penginapan laut. Kondisi ini mengindikasikan tingginya laju konsumsi oksigen oleh mikroorganisme untuk menguraikan limbah organik (*biodegradation*), diperparah oleh terhalangnya laju pertukaran air (*flushing rate*) di kolong bangunan penginapan (Zhang et al., 2018). Sebaliknya, parameter Total Suspended Solid (TSS) berada pada taraf yang sangat rendah (0,0015–0,0145 mg/L bila dibandingkan dengan baku mutu (20 mg/L), membuktikan bahwa penurunan kecerahan bukan disebabkan oleh lumpur terigenus darat, melainkan oleh partikel organik mikroskopis pencemar pesisir (Sinaga et al., 2020).

Indikator Pencemaran Nutrien dan Akumulasi Limbah Domestik

Evaluasi terhadap kandungan minyak dan lemak (0,094–0,776 mg/L) serta amonia (0,032-0,223 mg/L) menunjukkan bahwa secara umum kedua parameter tersebut masih berada di bawah ambang batas baku mutu (1 mg/L dan 0,3 mg/L). Namun demikian, fenomena menarik terlihat pada Stasiun PN3 yang mencatat peningkatan tajam mendekati batas kritis baku mutu (0,776 mg/L untuk minyak-lemak dan 0,223 mg/L untuk amonia). Peningkatan simultan ini mengonfirmasi adanya masukan limbah *graywater* dari aktivitas dapur restoran penginapan serta limpasan limbah sanitasi (*blackwater*) langsung tanpa proses pengolahan yang memadai (Widyarani et al., 2019).

Temuan paling kritis dalam penelitian ini ditunjukkan oleh parameter orto-fosfat (PO_4-P). Konsentrasi orto-fosfat di seluruh stasiun pengamatan (0,027-0,039 mg/L) terbukti secara konsisten telah melampaui baku mutu (0,015 mg/L) hingga mencapai 1,8 sampai 2,6 kali lipat dari batas toleransi. Tingginya kadar fosfat ini merupakan akibat langsung dari ketiadaan Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) terpadu pada penginapan di atas laut, sehingga limbah deterjen domestik dari fasilitas cuci dan sanitasi terbuang secara langsung (direct discharge) ke perairan intertidal (Shaikh & Ahammed, 2024)

Kondisi tingginya konsentrasi orto-fosfat yang meluas di perairan Pulau Derawan mengindikasikan awal terjadinya proses eutrofikasi perairan. Mengacu pada Smith et al. (1999), ketersediaan fosfat yang berlebih dalam ekosistem laut yang sensitif dapat memicu tiga dampak ekologis utama:

1. Peningkatan laju pertumbuhan alga pekat (*blooming alga*) yang menginvasi dan menutupi struktur terumbu karang;
2. Penurunan konsentrasi oksigen terlarut (DO) secara drastis akibat dekomposisi biomassa alga mati oleh bakteri aerobik; serta
3. Gangguan fisiologis kritis yang memicu kematian biota bentik dan penurunan keanekaragaman hayati terumbu karang secara permanen.

KESIMPULAN

1. Kondisi Umum: Kualitas air perairan pesisir Pulau Derawan mengalami penurunan akibat aktivitas penginapan di atas laut, meskipun sebagian besar parameter fisika-kimia masih memenuhi standar PP No. 22 Tahun 2021.
2. Parameter Melampaui Baku Mutu (BM): Terjadi pelanggaran baku mutu pada tiga parameter kritis, yaitu kecerahan, yaitu kecerahan 2,0-3,0 (BM >5 m), oksigen

terlarut/DO 4,1-7,0 mg/L (BM >5 mg/L), dan orto-fosfat 0,027-0,039 mg/L (BM 0,015 mg/L).
3. Dampak Ekologis: Pembuangan limbah cair domestik tanpa pengolahan menjadi penyebab utama lonjakan orto-fosfat dan penurunan DO, yang memicu potensi eutrofikasi serta mengancam keberlangsungan ekosistem terumbu karang.

SARAN

1. Pengelola Penginapan: Wajib menginstalasi Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) komunal/biofilter pada setiap bangunan atas laut dan beralih ke deterjen ramah lingkungan.
2. Pemerintah Daerah: Memperketat izin pemanfaatan ruang laut, memberlakukan moratorium pembangunan penginapan atas laut baru, serta menjalankan pemantauan kualitas air secara berkala.
3. Peneliti Selanjutnya: Mengkaji secara kuantitatif daya dukung lingkungan, kapasitas asimilasi limbah perairan, serta dinamika sebaran pencemar berbasis variasi musim.

DAFTAR PUSTAKA

Callejas, I. A., Lee, C. M., Mishra, D. R., Felgate, S. L., Evans, C., Carrias, A., Rosado, A., Griffin, R., Cherrington, E. A., Ayad, M., Rudresh, M., Page, B. P., & Jay, J. A. (2021). Effect of COVID-19 Anthropause on Water Clarity in the Belize Coastal Lagoon. *Frontiers in Marine Science, 8*, 648522. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.648522

Chrachri, A., Hopkinson, B. M., Flynn, K., Brownlee, C., & Wheeler, G. L. (2018). Dynamic changes in carbonate chemistry in the microenvironment around single marine phytoplankton cells. *Nature Communications, 9*(74). 10.1038/s41467-017-02426-y

Dwyer, J. M., Erftemeijer, P. L. A., Wright, J. P., & Dwyer, J. M. (2018). Elevated turbidity and the nutrient removal capacity of seagrass. *Frontiers in Marine Science, 5*, 462. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00462

Erler, D. V., Dudgeon, C. L., Armstrong, A. O., Banks, E. W., Ramirez-Valle, O., Gutiérrez-Jurado, H. A., Gilby, B. L., & Townsend, K. A. (2024). Linking transpiration to reef nitrogen supply on a tropical coral island. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 129*(2), e2023JG007413. https://doi.org/10.1029/2023JG007413

Flynn, K. J., & Mitra, A. (2023). Feeding in mixoplankton enchances phototrophy increasing bloom-induced pH changes with ocean acidification. *Journal of Plankton Research, 45*(4), 636-651. https://doi.org/10.1093/plankt/fbad030

Green, R., Lowe, R. J., & Buckley, M. L. (2018). Hydrodynamics of a tidally forced coral reef atoll. *Journal of Geophysical Research: Oceans. 123, 7084-7101.* *https://doi.org/10.1029/2018JC013946*

Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di Perairan Depapre, Kabupaten Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *16*(1), 35–43. https://doi.org/10.14710/jis.%v.%i.%Y.633-644

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VIII: Baku Mutu Air Laut). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32. Jakarta.

 © Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026

Putri, D. L., Nurmawati, & Harahap, R. G. (2022). Strategi pengembangan rencana kawasan pesisir terpadu Pulau Derawan pasca pandemi COVID-19. Jurnal INOVTEK Polbeng, 12(1), 40–45.

Setyasih, I., & Helmy, M. W. (2021). Analisis potensi Pulau Maratua sebagai destinasi pariwisata andalan Indonesia Timur. Indonesian Journal of Tourism and Leisure, 2(1). https://doi.org/10.36256/ijtl.v2i1.124

Shaikh, I. N., & Ahammed, M. M. (2024). Effect of washing method and detergent type on laundry greywater characteristics. *Journal of Water Process Engineering, 66*, 106103. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106103

Sinaga, B. B., Suteja, Y., & Dharma, I. G. B. S. (2020). Fluktuasi total padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*) dan kekeruhan di Selat Lombok. *Journal of Marine and Aquatic Science.* *6*(2), 238-245. https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p11

Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100(1-3), 179–196. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00091-3

Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Surya, S. M., & Apriyandi, H. (2021). Pemanfaatan Ruang untuk Bangunan Resort Pariwisata yang Berada di atas Laut di Kepulauan Derawan. Notary Journal, 1(1), 1–18. https://doi.org/10.19166/nj.v1i1.2693

Tavakoli-Kolour, P., Sinniger, F., Morita, M., Nakamura, T., & Harii, S. (2023) Variability in thermal stress thresholds of corals across depths. *Frontiers in Marine Science*, *10*, 1210662. 10.3389/fmars.2023.1210662

Widyarani., Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., Sintawardani, N. (2022). Domestik wastewater in Indonesia: Generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research. 29, 32397-32414. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6*

Zhang, Y., Gao., X., Guo, W., Zhao, J., & Li, Y. (2018). Origin and dynamic of dissolved organic matter in a mariculture area suffering from summertime hypoxia and acidification. *Frontiers in Marine Science.* *5*(325). https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00325

© Hak Cipta oleh Jurnal Harpodon Borneo Tahun 2026