



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

Evaluasi Dampak Pengambilan dan Pengisian Material Pasir Terhadap Kualitas Air Laut di Konservasi Pantai Nusa Dua-Tanjung Benoa

Made Ari Riska Dayanti^{1*}, I Made Panji Tirta Prakasa², Ni Luh Putu Ika Candrawengi³

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar 80224, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar 80224, Indonesia

³Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar 80224, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: aririska@undiknas.ac.id

ABSTRACT

Sand bypassing and beach nourishment are implemented in Nusa Dua and Tanjung Benoa to maintain shoreline stability, but these activities may affect seawater quality. This study evaluates seawater quality during project implementation by examining physical and chemical parameters according to marine tourism water-quality standards outlined in Government Regulation No. 22 of 2021. Field sampling at both sites was followed by laboratory analyses using spectrophotometry for ammonia, nitrate, and phenol; Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) for heavy metals; and organoleptic methods for physical parameters. Most physical parameters met regulatory standards. However, four chemical parameters exceeded permissible limits. Free ammonia (NH₃-N) reached 0.336 mg/L in Nusa Dua and 0.259 mg/L in Tanjung Benoa; nitrate (NO₃-N) concentrations were 0.404 mg/L and 0.283 mg/L; sulfide (H₂S) was detected at <0.01 mg/L and phenol concentrations <0.001 mg/L. These elevated levels are likely linked to domestic wastewater, tourism activities, and local hydrodynamic conditions. The outcomes of this research emphasize the necessity of continuous seawater monitoring to preserve the balance of Bali's coastal ecosystems and support sustainable coastal management.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 10 027 2025

First Revised 11 017 2025

Accepted 11 019 2025

First Available online 12 002 2025

Publication Date 12 001 2025

Keyword:

*Beach nourishment,
sand bypassing,
seawater quality*

1. PENDAHULUAN

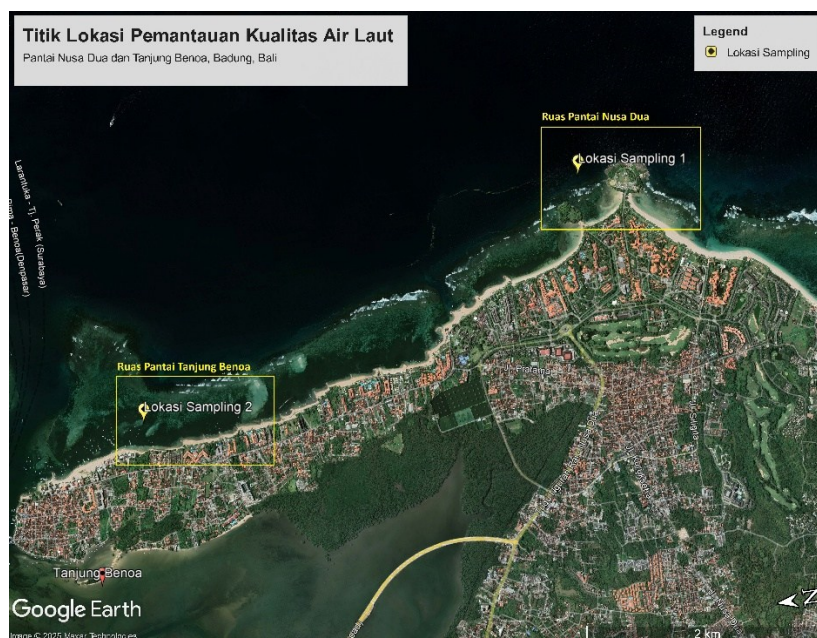
Wilayah pesisir memiliki peranan vital dalam mendukung keseimbangan ekologi sekaligus menjadi ruang strategis bagi kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat. Di Bali, kawasan pesisir Nusa Dua dan Tanjung Benoa merupakan salah satu pusat pengembangan pariwisata bahari yang memberikan kontribusi secara signifikan terhadap perekonomian daerah. Namun, peningkatan intensitas aktivitas manusia di wilayah pesisir seperti pembangunan infrastruktur wisata, kegiatan *watersport* serta reklamasi pada akhirnya menimbulkan tekanan lingkungan yang signifikan, salah satunya berupa abrasi pantai dan penurunan kualitas ekosistem laut (Zhang et al., 2025). Dalam mengatasi hal tersebut, pemerintah melalui berbagai program pengelolaan pesisir telah melaksanakan proyek penataan dan perlindungan pantai dengan pendekatan teknik rekayasa yang berwawasan lingkungan. Proyek pengelolaan pantai di kawasan Nusa Dua dan Tanjung Benoa dilaksanakan sebagai bagian dari upaya perlindungan garis pantai terhadap ancaman abrasi yang terus meningkat. Salah satu metode yang digunakan dalam proyek ini adalah *sand bypassing* dan *beach nourishment* (Dayanti & Suprianingsih, 2025), yaitu teknik pemindahan dan pengisian material pasir untuk menyeimbangkan dinamika sedimen di sepanjang garis pantai. Metode *sand bypassing* dilakukan dengan mengalihkan aliran sedimen dari area penumpukan alami ke wilayah pantai yang dianggap mengalami kekurangan material, sedangkan *beach nourishment* bertujuan menambah volume pasir yang telah mengalami abrasi sehingga nantinya dapat mengembalikan profil pantai alami (Ming, 2023). Kedua metode ini terbukti efektif dalam memperkuat stabilitas pantai serta mempertahankan nilai estetika kawasan wisata bahari.

Secara teknis, metode ini efektif menahan laju abrasi dan menjaga estetika pantai. Namun, kegiatan operasional seperti pengambilan pasir dari *stockpile*, proses pengangkutan, serta pengisian pasir ke pantai berpotensi memengaruhi kondisi kualitas air laut di sekitarnya. Aktivitas tersebut dapat meningkatkan kekeruhan, menurunkan kadar oksigen terlarut, serta memodifikasi konsentrasi senyawa kimia, termasuk amonia, nitra sulfida, dan fenol. Selain itu, penggunaan bahan bakar minyak pada alat berat dan pergerakan mesin pengangkut pasir juga dapat meningkatkan risiko kontaminasi bahan kimia dan minyak di perairan yang pada akhirnya mengintervensi stabilitas ekosistem lingkungan (Saputra et al., 2024).

Kondisi ini menunjukkan perlunya pengendalian lingkungan yang ketat untuk mencegah degradasi kualitas air laut selama kegiatan proyek berlangsung. Pemantauan kualitas air laut menjadi aspek penting dalam menjamin keberlanjutan proyek, karena kawasan Nusa Dua-Tanjung Benoa merupakan wilayah wisata bahari yang memiliki sensitivitas ekologis tinggi. Merujuk kepada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, kualitas air laut kawasan wisata bahari harus memenuhi ambang batas tertentu agar tetap mendukung kehidupan biota laut serta aman bagi aktivitas wisata dan rekreasi. Dalam konteks ini, upaya pemantauan lingkungan (UPL) berperan strategis sebagai instrumen pengawasan dan pengendalian terhadap potensi dampak negatif proyek (Rahayu Nuban dan Zebua, 2024). Pemantauan ini tidak sekedar menjamin kepatuhan terhadap peraturan, melainkan juga menjadi dasar peningkatan kinerja lingkungan melalui deteksi dini terhadap perubahan parameter kualitas air laut. Selain itu, kajian selama pelaksanaan proyek berfungsi sebagai langkah mitigasi yang menyediakan data empiris untuk proses pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan dampak lingkungan. Dengan pertimbangan tersebut, pelaksanaan penelitian ini relevan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh aktivitas pengambilan dan pengisian pasir terhadap parameter fisika dan kimia air laut, guna mendukung pengelolaan pesisir yang adaptif dan berkelanjutan di wilayah Bali.

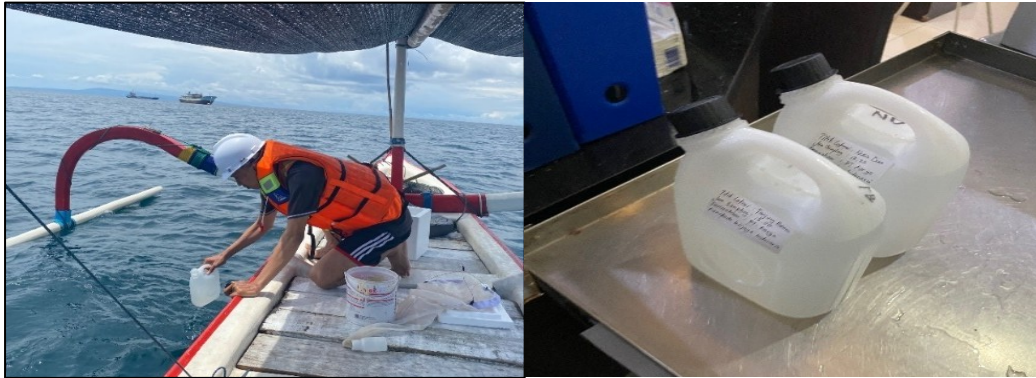
2. METODE

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kualitas air laut di perairan wilayah Nusa Dua dan Tanjung Benoa yang terdampak oleh aktivitas proyek konservasi pantai, termasuk *sand bypassing* dan *beach nourishment*. Pendekatan analisis yang diterapkan yakni kuantitatif deskriptif, dengan pengumpulan data lapangan terkait parameter fisika dan kimia air laut, kemudian dianalisis secara tabulasi di laboratorium. Pemantauan dilakukan pada dua lokasi yang representatif (**Gambar 1**). Perairan Nusa Dua dengan koordinat $8^{\circ}47'56.64''S$ - $115^{\circ}14'21.93''E$ sebagai titik sampling 1 dan perairan Tanjung Benoa yang memiliki koordinat spesifik di $8^{\circ}45'48.76''S$ dan $115^{\circ}13'32.02''E$ dan merupakan titik sampling 2.



Gambar 1. Titik sampling lokasi pemantauan kualitas air laut

Titik-titik ini dipilih karena mewakili area yang terkena dampak langsung dari aktivitas pengambilan pasir dan aktivitas proyek lainnya, yaitu dekat dengan zona wisata bahari dan fasilitas umum, serta mempertimbangkan arus laut, kedalaman dan aksesibilitas untuk pengambilan sampel yang representatif. Pengambilan data dilakukan pada saat pelaksanaan proyek yakni pada tanggal 4 Maret 2023. Parameter yang dipantau mencakup fisika air, seperti warna, bau, kekeruhan, zat padat yang tersuspensi dan suhu serta parameter kimia air yang mencakup pH, salinitas, oksigen terlarut, BOD₅, amonia, nitrat, fosfat, sulfida, fenol, deterjen, minyak atau minyak lemak, dan logam berat (raksa, krom, arsen, kadmium, tembaga, seng, timbal dan nikel). Sampel diambil secara berkala menggunakan prosedur standar lapangan (**Gambar 2**), kemudian dianalisis di laboratorium UPTD Balai Hyperkes dan Keselamatan Kerja Provinsi Bali. Metode analisis meliputi spektrofotometri untuk senyawa terlarut, *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) diterapkan pada logam berat, pengukuran *organoleptic* untuk parameter fisika dan metode winkler serta titrasi standar untuk oksigen terlarut dan BOD. Temuan yang diperoleh dari analisis laboratorium selanjutnya disusun secara sistematis dan dikaji terhadap baku mutu untuk air laut peraturan yang berlaku. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat diimplementasikan dalam menilai dampak kegiatan proyek terhadap kualitas air laut dan mendukung strategi pengelolaan lingkungan pesisir yang berorientasi kepada keberlanjutan ekosistem laut.



Gambar 2. Tahapan pengambilan sampel kualitas air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi ini dirancang untuk mengevaluasi nilai kualitas air laut untuk wilayah Pantai Nusa Dua dan Pantai Tanjung Benoa, Bali. Analisis yang dilakukan mengindikasikan, kondisi kualitas air laut di area proyek konservasi secara umum termasuk dalam kategori baik, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil pengukuran pada kedua titik sampling (**Tabel 1**).

Tabel 1. Data analisis parameter air laut di Pantai Nusa Dua dan Pantai Tanjung Benoa

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran		Baku Mutu Wisata Bahari*	Metode
		Titik Sampling 1	Titik Sampling 2		
Fisika					
Warna	TCU	0.925	1.002	30	Spektrofotometri
Bau	-	Tidak berbau	Tak berbau	Tidak Berbau	Organoleptis
Kekeruhan	NTU	0,32	0,27	5	Spektrofotometri
Zat Padat Tersuspensi	mg/L	1	1	20	Spektrofotometri
Suhu	°C	24	24	Alami	SNI 06-6989 232005
Kimia					
pH	-	8,16	8,13	7-8,5	SNI 6989.11:2019
Salinitas	%	30,45	30,06	Alami	Spektrofotometri
Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6,04	5,64	>5	SNI 6989.14:2004
BOD ₅	mg/L	< 0,60	< 0,60	10	APHA, 23rd Edition 2017
Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	0,336	0,259	0,02	Spektrofotometri
Fospat (PO ₄ -P)	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,015	Spektrofotometri
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,404	0,283	0,06	Spektrofotometri
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	< 0,01	< 0,01	0,002	Spektrofotometri
Phenol	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,001	Spektrofotometri
Detergen	mg/L	< 0,05	< 0,05	0,001	Spektrofotometri
Minyak & Lemak	mg/L	< 0,1	< 0,1	1	Gravimetri
Raksa (Hg)	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	0,002	Mercury Analyzer
Chrom valensi 6		< 0,003	< 0,003	0,002	AAS
Arsen (As)	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	0,025	AAS
Kadmium (Cd)	mg/L	<0,001	<0,001	0,002	AAS
Tembaga (Cu)	mg/L	< 0,0153	< 0,0153	0,05	AAS
Timbal (Pb)	mg/L	< 0,0036	< 0,0036	0,005	AAS
Seng (Zn)	mg/L	0,0782	0,0502	0,095	AAS
Nikel (Ni)	mg/L	< 0,003	< 0,003	0,075	AAS

*Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VIII (Baku Mutu Air Laut)

Sebagian besar parameter pencemar yang diuji tercatat berada di bawah nilai ambang baku yang berlaku dalam peraturan, khususnya mengenai Baku Mutu Air Laut yang dikategorikan untuk Wisata Bahari. Meskipun demikian, terdapat empat variabel kimia yang memiliki nilai melebihi standar, yaitu amonia bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), dan sulfida (H_2S). Sementara itu, konsentrasi fenol belum melampaui standar, namun berada sangat dekat dengan batas ambang yang ditetapkan yaitu 0,001 mg/L. Kadar amonia bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$) tercatat mencapai 0,336 mg/L untuk di pesisir Nusa Dua dan 0,259 mg/L di pesisir Tanjung Benoa, sedangkan acuan pada peraturan menetapkan nilai kriteria mutu adalah 0,02 mg/L untuk parameter ini. Kondisi ini mengindikasikan adanya kontaminasi oleh bahan organik, bersumber dari limbah domestik, termasuk kegiatan operasional perhotelan dan fasilitas pariwisata di sekitar lokasi. Peningkatan kadar amonia bebas berpotensi menurunkan kualitas air, meningkatkan risiko eutrofikasi, serta merusak ekosistem terumbu karang dan kesehatan biota laut (Kurniawan et al., 2023).

Selain amonia, kadar nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) juga menunjukkan peningkatan signifikan, yakni 0,404 mg/L pada Pantai Nusa Dua dan 0,283 mg/L untuk di Pantai Tanjung Benoa, jauh melebihi standar baku mutu yakni 0,06 mg/L. Sumber utama nitrat berasal dari limbah domestik, aktivitas pertanian, serta industri di sekitar kawasan pesisir. Tingginya konsentrasi nitrat dapat memicu proses eutrofikasi, mendorong pertumbuhan alga berlebih, menurunkan oksigen terlarut, dan berdampak negatif terhadap kelangsungan ekosistem laut. Kadar sulfida (H_2S) di kedua lokasi tercatat <0,01 mg/L, nilai tersebut tidak sesuai dengan ketentuan baku mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, yang menetapkan ambang batas sulfida untuk perairan dengan peruntukan wisata bahari sebesar 0,002 mg/L. Keberadaan sulfida menunjukkan adanya proses dekomposisi senyawa organik bersulfur melalui aktivitas bakteri anaerob maupun reduksi sulfat oleh mikroorganisme (Yadav et al., 2024). Jika konsentrasi sulfida meningkat, hal ini berpotensi menurunkan kualitas air dan menimbulkan efek toksik bagi biota laut.

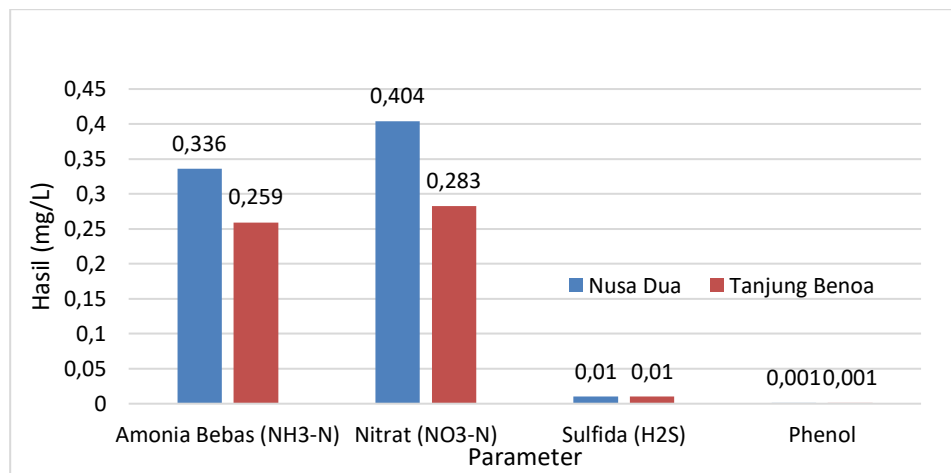
Tabel 2. Data perbandingan parameter kimia fisik air laut yang melampaui baku mutu

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran		Baku Mutu Wisata Bahari	Metode
		Titik Sampling 1	Titik Sampling 2		
Amonia Bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$)	mg/L	0,336	0,259	0,02	Spektrofotometri
Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	0,404	0,283	0,06	Spektrofotometri
Sulfida (H_2S)	mg/L	< 0,01	< 0,01	0,002	Spektrofotometri
Phenol	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,001	Spektrofotometri

Data hasil analisis kualitas air laut menunjukkan bahwa kadar fenol tercatat <0,001 mg/L di kedua lokasi (Tabel 2). Meskipun kadar fenol dalam sampel tergolong rendah dibandingkan baku mutu yang berlaku, baku mutu untuk fenol secara prinsipil adalah 0,001 mg/L, sehingga keberadaannya tetap perlu menjadi perhatian. Senyawa organik fenol bersifat toksik dan dapat berasal dari limbah industri, tumpahan minyak, maupun aktivitas pariwisata (Radziff et al., 2021). Keberadaan senyawa ini berisiko membahayakan biota laut dan mengganggu keseimbangan ekosistem pesisir jika tidak dikendalikan. Parameter fisika dengan nilai paling kecil adalah kekeruhan dengan nilai sebesar 0,27 NTU pada titik lokasi sampling 2, sedangkan parameter kimia yang paling rendah adalah fenol <0,001 mg/L. Hal ini berbanding terbalik dengan besaran nitrat yang menunjukkan nilai yang relatif lebih tinggi dibandingkan parameter lain khususnya di titik lokasi sampling 1. Temuan ini menegaskan perlunya pemantauan kualitas air laut secara rutin dan pengelolaan limbah secara terpadu

untuk menjaga kelestarian ekosistem perairan serta mendukung keberlanjutan kegiatan wisata bahari di kawasan penelitian.

Kadar parameter kimia seperti amonia bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan juga nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), sulfida (H_2S), serta fenol di perairan Nusa Dua secara konsisten memiliki nilai lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kadar di perairan Tanjung Benoa, yang mengindikasikan adanya perbedaan tingkat pencemaran di kedua lokasi titik sampling. Peningkatan konsentrasi parameter tersebut diduga berkaitan dengan intensitas aktivitas antropogenik yang lebih tinggi, termasuk limbah domestik dan industri, serta aktivitas pariwisata yang lebih padat. Selain itu, karakteristik hidrodinamika seperti kelemahan arus dengan pola gelombang yang relatif tenang, dinamika pasang surut yang lemah dan sirkulasi perairan yang cenderung semi-tertutup di Nusa Dua turut berkontribusi terhadap akumulasi zat pencemar, sehingga mempengaruhi kualitas air secara keseluruhan.



Gambar 3. Grafik perbandingan kadar empat parameter di kedua lokasi titik sampling

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang menekankan pengaruh aktivitas manusia terhadap mutu air laut di daerah pariwisata laut. Penelitian yang dilakukan [Sudipa \(2024\)](#) di Pantai Nusa Penida memperlihatkan bahwa kondisi kualitas air laut pada kawasan tersebut mendukung kelestarian budidaya rumput laut, dengan indeks pencemaran yang menunjukkan kondisi perairan yang sangat baik. Namun, peningkatan kadar amonia dan nitrat di beberapa titik, seperti Jungutbatu, Toyapakeh, dan Sampalan, mengindikasikan adanya potensi pencemaran di perairan pesisir yang disebabkan oleh limbah domestik dan aktivitas pariwisata yang perlu diperhatikan. Kondisi ini dapat memengaruhi kualitas air dan keberlanjutan ekosistem perairan di kawasan tersebut. Hal ini konsisten dengan temuan penelitian saat ini, di mana amonia bebas dan nitrat tercatat melebihi baku mutu di Pantai Nusa Dua dan Tanjung Benoa, menunjukkan adanya tekanan lingkungan yang signifikan dari aktivitas pariwisata, perhotelan, dan limbah domestik di kawasan pesisir.

Hal berbeda dijelaskan dalam temuan [Rudiyanti et al. \(2014\)](#), yang turut menegaskan bahwa sulfida dalam perairan pesisir terbentuk melalui aktivitas mikroba dalam mendekomposisi bahan organik yang mengandung belerang, dan akumulasi senyawa ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem apabila tidak dikendalikan. Hal ini beriringan dengan hasil evaluasi pada penelitian ini yaitu keberadaan sulfida dan fenol, meskipun masih berada pada kadar rendah, menggambarkan proses penguraian senyawa organik melalui aktivitas bakteri anaerob yang terjadi, serta dipengaruhi oleh limbah industri dan aktivitas

pariwisata. Proses tersebut, jika terus berlanjut atau kadarnya meningkat, berpotensi menurunkan kualitas air dan menimbulkan efek toksik bagi biota laut.

Perbandingan temuan ini dengan studi sebelumnya menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di Pantai Nusa Dua hingga di Tanjung Benoa tergolong dalam tren regional di Bali, dengan peningkatan limbah domestik, aktivitas pariwisata, dan industri berdampak langsung terhadap parameter kimia perairan, termasuk nutrisi dan senyawa toksik. Pada penelitian telah mencakup lokasi yang spesifik dan representatif, serta evaluasi parameter kimia dan fisika secara menyeluruh, termasuk amonia, nitrat, sulfida, dan fenol, yang dibandingkan dengan baku mutu khusus kawasan wisata bahari. Pendekatan ini memberikan informasi yang lebih kontekstual dan aplikatif bagi pengelolaan lingkungan pesisir. Hal ini menegaskan perlunya pendekatan pengelolaan lingkungan pesisir yang terpadu, meliputi pemantauan kualitas air secara rutin, pengelolaan limbah domestik dan industri, serta regulasi aktivitas pariwisata. Dengan strategi yang tepat, diharapkan keberlanjutan ekosistem pesisir dapat terjaga, kualitas perairan tetap aman untuk biota laut dan aktivitas manusia, serta mendukung pengembangan wisata bahari yang ramah lingkungan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pengelolaan sumber daya laut berkelanjutan yang menekankan integrasi antara perlindungan ekosistem, pengendalian pencemar, dan aktivitas manusia untuk memastikan keberlangsungan fungsi ekologis dan ekonomi kawasan pesisir.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi dampak kegiatan proyek terhadap kualitas air laut di perairan wilayah Nusa Dua dan Tanjung Benoa menjelaskan bahwa sebagian besar variabel fisika, seperti warna, bau, kekeruhan, zat padat tersuspensi, dan suhu, berada pada level yang aman dan sesuai dengan standar mutu perairan untuk kawasan wisata bahari selaras dengan Peraturan Gubernur Bali. Namun demikian, terdapat empat parameter kimia yang melebihi baku mutu, yaitu amonia bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), sulfida (H_2S), dan fenol. Kadar amonia bebas tercatat 0,336 mg/L pada Pantai Nusa Dua dan 0,259 mg/L pada wilayah Tanjung Benoa, jauh melebihi nilai baku mutu yaitu 0,02 mg/L, mengindikasikan pengaruh limbah domestik dan aktivitas pariwisata. Kadar nitrat yakni 0,404 mg/L dan 0,283 mg/L juga melebihi batas 0,06 mg/L, menandakan pengayaan nutrisi dari limbah domestik atau aktivitas industri di sekitar kawasan. Kadar sulfida di kedua lokasi tercatat <0,01 mg/L, tidak sepadan dengan batas 0,002 mg/L, yang mencerminkan proses penguraian senyawa organik melalui aktivitas bakteri anaerob. Sementara itu, kadar fenol <0,001 mg/L, mengindikasikan nilai tersebut telah melampaui baku mutu sebesar 0,001 mg/L, kemungkinan berasal dari limbah industri, tumpahan minyak, atau aktivitas pariwisata, dengan potensi toksisitas terhadap biota laut. Secara keseluruhan, meskipun beberapa parameter kimia melebihi baku mutu, kualitas air di kedua lokasi masih terkendali. Temuan ini mendukung pengelolaan lingkungan pesisir yang berkelanjutan melalui pemantauan rutin, pengendalian limbah, dan regulasi aktivitas pariwisata, sehingga ekosistem laut tetap terjaga dan keberlanjutan wisata bahari dapat didukung secara efektif.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan kepada pemangku kepentingan yang berkontribusi, melalui berbagai bentuk keterlibatan, selama proses pelaksanaan hingga penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus ditunjukkan kepada Laboratorium UPTD

Balai Hyperkes dan Keselamatan Kerja Provinsi Bali atas fasilitasi, dukungan teknis, serta bantuan dalam proses analisis data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dayanti, M. A. R., & Suprianingsih, N. W. (2025). Kajian Lingkungan: Evaluasi Kualitas Udara dan Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Proyek di Kawasan Nusa Dua dan Tanjung Bena. *Journal of Innovative and Creativity*, 5(2), 13324–13337. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/joecy.v5i2.2023>
- Kurniawan, F., Adrianto, L., Bengen, D. G., & Prasetyo, L. B. (2023). Hypothetical effects assessment of tourism on coastal water quality in the Marine Tourism Park of the Gili Matra Islands, Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8), 7959–7985. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02382-8>
- Ming, J. (2023). Beach Nourishment: A Sustainable Approach to Coastal Protection and Restoration. *J Coast Zone Manag*, 26(5), 1000580–1000581. <https://doi.org/10.35248/2473-3350.23.26.580>
- Radziff, S. B. M., Ahmad, S. A., Shaharuddin, N. A., Merican, F., Kok, Y. Y., Zulkharnain, A., Gomez-Fuentes, C., & Wong, C. Y. (2021). Potential application of algae in biodegradation of phenol: A review and bibliometric study. In *Plants* (Vol. 10, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants10122677>
- Rahayu Nuban, S., & Kasih Novilita Zebua, C. (2024). Kajian Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Pembangunan Pabrik Rumput Laut di Desa Oematnunu. *Journal Syntax Idea*, 6(08). <https://doi.org/https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i8.4187>
- Rudiyanti, S., Apriliana, R., & Purnomo, P. W. (2014). Keanekaragaman Jenis Bakteri Perairan Dasar Berdasarkan Tipe Tutupan Permukaan Perairan di Rawa Pening. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(2), 119–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/mari.v3i2.5015>
- Saputra, A. W., Hendrayansyah, P. A., & Zahir, L. A. (2024). Evaluasi Dampak Lingkungan dari Proyek Pembangunan Jalur Lintas Selatan Di Tulungagung. *Jurnal Daktilitas Teknik Sipil Universitas Tulungagung*, 04(01), 83–92. <https://doi.org/https://doi.org/10.36563/daktilitas.v4i2.1372>
- Sudipa, N. (2024). Analysis of Seawater Quality on the Sustainability of Seaweed Cultivation on the coast of Nusa Penida, Bali. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 8(3), 129–134. <https://doi.org/10.24843/atbes.2024.v08.i03.p03>
- Yadav, S., Koenen, M., Bale, N. J., Reitsma, W., Engelmann, J. C., Stefanova, K., Damsté, J. S. S., & Villanueva, L. (2024). Organic matter degradation in the deep, sulfidic waters of the Black Sea: insights into the ecophysiology of novel anaerobic bacteria. *Microbiome*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01816-x>
- Zhang, C., Wang, Y., Du, J., Tian, Z., & Zhong, Y. (2025). Beach Erosion Characteristics Induced by Human Activities—A Case Study in Haiyang, Yellow Sea. *Remote Sensing*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/rs17050736>