



Analisis Status Mutu dan Strategi Pengolahan Pencemaran Air Laut di Perairan Wisata Bahari Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura Provinsi Papua

Bambang Suhartawan¹, Daawia², Auldry F. Walukow²

¹Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

^{2,3}Universitas Cenderawasih

basuhpapua@gmail.com, daawiasuhartawan@gmail.com, auldrywalukow@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air laut berdasarkan baku mutu air laut untuk Wisata Bahari sesuai Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 dan menentukan status mutu berdasarkan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL) sesuai Peraturan Menteri LHK RI Nomor 27 Tahun 2021. Pengambilan sampel dilakukan pada September hingga Desember 2024 di tujuh stasiun penelitian kawasan wisata Teluk Yos Sudarso menggunakan teknik purposive sampling. Parameter yang dianalisis meliputi Total Padatan Tersuspensi (TSS), Oksigen Terlarut (DO), Minyak dan Lemak (ML), Amoniak Total (AT), dan Orto-Fosfat (OF). Hasil penelitian menunjukkan nilai TSS berkisar 16-115 mg/L dengan 71,43% stasiun melebihi baku mutu (20 mg/L); DO berkisar 5,3-6,7 mg/L dengan 100% stasiun memenuhi baku mutu (≥ 5 mg/L); ML berkisar 0,7-6,6 mg/L dengan 85,71% stasiun melebihi baku mutu (1 mg/L); AT berkisar 0,14-0,66 mg/L dengan 100% stasiun melebihi baku mutu (0,02 mg/L); dan OF berkisar 0,01-0,08 mg/L dengan 57,14% stasiun melebihi baku mutu (0,015 mg/L). Berdasarkan perhitungan IKAL, dua stasiun (28,57%) termasuk kategori "Baik" (Pantai Base-G dan Pantai Dok 2), tiga stasiun (42,86%) kategori "Sedang" (Pantai Yakoba, Pantai Ciberi, dan Pantai Pasir II Holtekamp), dan dua stasiun (28,57%) kategori "Kurang" (Pantai Hamadi dan Pantai Holtekamp). Secara keseluruhan, kualitas air laut di perairan Teluk Yos Sudarso belum optimal untuk mendukung aktivitas wisata bahari. Parameter TSS, ML, dan AT menjadi kontributor signifikan terhadap rendahnya nilai IKAL, mengindikasikan tekanan antropogenik yang tinggi. Disarankan pengelolaan kawasan melalui pendekatan zonasi berdasarkan status mutu air, pengendalian sumber pencemaran, pemantauan kualitas air secara berkala, peningkatan edukasi dan partisipasi masyarakat, serta pengembangan infrastruktur pendukung wisata ramah lingkungan.

Kata kunci: Kualitas air laut, status mutu, indeks kualitas air laut, wisata bahari, Teluk Yos Sudarso

Abstract

This research aims to analyze seawater quality based on seawater quality standards for Marine Tourism according to Government Regulation of Republic of Indonesia Number 22 Year 2021 and determine the quality status based on Seawater Quality Index (IKAL) according to Minister of Environment and Forestry Regulation Number 27 Year 2021. Sampling was conducted from September to December 2024 at seven research stations in the Yos Sudarso Bay tourism area using purposive sampling technique. Parameters analyzed included Total Suspended Solids (TSS), Dissolved Oxygen (DO), Oil and Grease (ML), Total Ammonia (AT), and Ortho-Phosphate (OF). Results showed TSS values ranged from 16-115 mg/L with 71.43% of stations exceeding the quality standard (20 mg/L); DO ranged from 5.3-6.7 mg/L with 100% of stations meeting the quality standard (≥ 5 mg/L); ML ranged from 0.7-6.6 mg/L with 85.71% of stations exceeding the quality standard (1 mg/L); AT ranged from 0.14-0.66 mg/L with 100% of stations exceeding the quality standard (0.02 mg/L); and OF ranged from 0.01-0.08 mg/L with 57.14% of stations exceeding the quality standard (0.015 mg/L). Based on IKAL calculations, two stations (28.57%) were categorized as "Good" (Base-G Beach and Dok 2 Beach), three stations (42.86%) as "Moderate" (Yakoba Beach, Ciberi Beach, and Pasir II Holtekamp Beach), and two stations (28.57%) as "Poor" (Hamadi Beach and Holtekamp Beach). Overall, seawater quality in Yos Sudarso Bay is not yet optimal to support marine tourism activities. TSS, ML, and AT parameters contribute significantly to the low IKAL values, indicating high anthropogenic pressure. Management of the area is recommended through zoning approaches based on water quality status, pollution source control, regular water quality monitoring, improved education and community participation, and development of environmentally friendly tourism infrastructure.

Keywords: Seawater quality, quality status, seawater quality index, marine tourism, Yos Sudarso Bay

@Jurnal Ners Prodi Sarjana Keperawatan & Profesi Ners FIK UP 2025

✉ Corresponding author : Bambang Suhartawan

Email: basuhpapua@gmail.com

address : jl raya abepura - sentani. Padang Bulan, Abepura, Jayapura kotak pos 9935

PENDAHULUAN

Teluk Yos Sudarso terletak di pesisir pantai utara Kota Jayapura, sekitar 50 km dari perbatasan dengan negara Papua New Guinea (PNG) (Salsabila et al., 2023; Sari, 2016). Kawasan ini memiliki nama lain yaitu Teluk Humboldt, dinamai untuk mengenang pahlawan nasional Yos Sudarso yang gugur dalam pertempuran melawan Belanda pada tahun 1962. Sebagai destinasi wisata bahari unggulan di Provinsi Papua, teluk ini menawarkan beragam pantai yang eksotis seperti Pantai Base-G, Pantai Dok 2, Pantai Yakoba, Pantai Hamadi, Pantai Ciberi, Pantai Holtekamp, dan Pantai Pasir II Holtekamp. Festival Teluk Yos Sudarso yang diselenggarakan setiap tahun di Pantai Hamadi oleh pemerintah Kota Jayapura semakin menunjukkan potensi wisata bahari kawasan ini (Hamuna, Pujiyat, et al., 2018).

Penelitian terkini dalam bidang kualitas air laut telah mengalami perkembangan signifikan dengan menggunakan pendekatan komprehensif yang mengintegrasikan parameter fisika, kimia, dan biologi. Beberapa studi mutakhir, seperti yang dilakukan oleh (Patty et al., 2021) dan (Hamuna, Tanjung, et al., 2018a), menunjukkan bahwa penilaian kualitas air laut tidak lagi terbatas pada analisis parameter tunggal, melainkan mempertimbangkan interaksi kompleks antara berbagai faktor lingkungan. Pendekatan multimetrik ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika ekosistem pesisir dan dampak antropogenik.

Meskipun telah banyak penelitian dilakukan terkait kualitas air laut di Indonesia, masih terdapat celah penelitian yang signifikan di wilayah Papua, khususnya di Teluk Yos Sudarso. Studi yang dilakukan oleh Hamuna, et al. (2018b) hanya berfokus pada parameter fisika-kimia dasar (pH, DO, salinitas, turbiditas) tanpa mengkaji kontaminan antropogenik seperti logam berat, hidrokarbon, dan mikroplastik yang berpotensi membahayakan ekosistem dan aktivitas wisata bahari. Penelitian Hassard et al. (2017) yang mengkaji bakteri indikator di Teluk Yos Sudarso tidak mengintegrasikannya dengan parameter fisika-kimia, menciptakan pemahaman yang terfragmentasi tentang kualitas air secara holistik. Ruspita (2023) telah melakukan analisis logam berat namun dengan desain spasial yang terbatas dan tidak mewakili seluruh kawasan perairan wisata, sementara

kajian oleh Lopez-Londono et al. (2021) tentang degradasi terumbu karang gagal menghubungkannya secara kuantitatif dengan parameter kualitas air. Kelemahan metodologis juga terlihat dalam ketiadaan pendekatan temporal yang konsisten; penelitian Werner et al. (2020) menyoroti pentingnya studi multi-musiman namun tidak menerapkannya dalam penelitian di Teluk Yos Sudarso. Lebih lanjut, penelitian Karlina et al. (2018), Newton et al. (2020) dan Long et al. (2021) mengidentifikasi berbagai tekanan antropogenik di kawasan pesisir Papua tanpa mengkuantifikasi kontribusi relatifnya terhadap pencemaran, sementara Liu (n.d.) menekankan pentingnya strategi pengolahan pencemaran namun tidak mengembangkan pendekatan yang spesifik untuk karakteristik unik Teluk Yos Sudarso. Kesenjangan pemahaman ini diperparah oleh minimnya integrasi antara status mutu air dengan standar kelayakan wisata bahari sebagaimana diungkapkan oleh Julianto et al. (2024), serta terbatasnya kajian tentang persepsi dan partisipasi stakeholder lokal dalam pengelolaan pencemaran sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian terbatas. Hal ini menunjukkan kebutuhan mendesak akan penelitian komprehensif yang tidak hanya mengukur parameter kualitas air secara holistik dan multi-temporal, tetapi juga mengkuantifikasi hubungan antara sumber pencemaran dan degradasi kualitas air, menganalisis dampaknya terhadap ekosistem pendukung wisata bahari, serta mengembangkan strategi pengolahan pencemaran yang kontekstual dengan kondisi sosio-ekologis Teluk Yos Sudarso untuk mendukung keberlanjutan pariwisata bahari di Papua.

Penelitian ini menghadirkan sejumlah aspek inovatif dalam mengkaji kualitas air laut di Teluk Yos Sudarso. Pertama, penelitian ini menggunakan pendekatan multimetrik yang mengintegrasikan lima parameter utama sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021. Kedua, kajian dilakukan pada tujuh stasiun penelitian yang mewakili berbagai karakteristik pantai, memungkinkan analisis spasial yang komprehensif. Ketiga, penelitian ini tidak sekadar menilai status mutu air, tetapi juga memberikan rekomendasi pengelolaan yang konkret berdasarkan temuan ilmiah.

Keberadaan Teluk Yos Sudarso sebagai destinasi wisata bahari menghadapi tantangan karena letaknya yang berada di pusat kota Jayapura (Hamuna, Tanjung, et al., 2018b). Kondisi ini membuat teluk rentan terhadap pencemaran dari berbagai aktivitas antropogenik seperti pemukiman, perkantoran, dan kegiatan ekonomi masyarakat sekitar yang limbahnya bermuara ke teluk (Krei, 2024). Meningkatnya jumlah wisatawan dan aktivitas pariwisata juga berkontribusi terhadap potensi perubahan kualitas perairan. Sebagaimana dinyatakan oleh Alimudin Laapo et al. (2009), perubahan kualitas air laut di kawasan wisata dapat signifikan mempengaruhi keberlanjutan ekosistem pesisir dan aktivitas pariwisata bahari.

Kualitas air laut memegang peranan penting dalam menjaga fungsi ekologis dan estetika kawasan wisata bahari. Penilaian kualitas air laut dapat dilakukan dengan menganalisis parameter fisika, kimia, dan biologi yang kemudian diinterpretasikan menjadi Indeks Kualitas Air Laut (IKAL). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021, penentuan IKAL mempertimbangkan lima parameter utama yaitu Total Padatan Tersuspensi (TSS), Oksigen Terlarut (DO), Minyak dan Lemak (ML), Amoniak Total (AT), dan Orto-Fosfat (OF). Bahwa keseimbangan parameter-parameter tersebut sangat menentukan daya dukung lingkungan perairan untuk aktivitas wisata bahari dan kehidupan biota laut (Hamuna, Tanjung, et al., 2018a).

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air laut berdasarkan baku mutu air laut untuk Wisata Bahari sesuai Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VIII dan menentukan status mutu berdasarkan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL) sesuai Peraturan Menteri LHK RI Nomor 27 Tahun 2021 lampiran III. Penelitian dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2024 di tujuh stasiun penelitian, meliputi Pantai Base-G, Pantai Dok 2, Pantai Yakoba, Pantai Hamadi, Pantai Ciberi, Pantai Holtekamp, dan Pantai Pasir II Holtekamp. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengambilan kebijakan pengelolaan kawasan wisata bahari yang berkelanjutan di Teluk Yos Sudarso.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2024 di kawasan perairan wisata bahari Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura, Provinsi Papua. Pengambilan sampel dilakukan pada 7 (tujuh) stasiun penelitian yang mewakili lokasi wisata bahari di Teluk Yos Sudarso, yaitu:

- a. Stasiun 1: Pantai Base-G
- b. Stasiun 2: Pantai Dok 2
- c. Stasiun 3: Pantai Yakoba
- d. Stasiun 4: Pantai Hamadi
- e. Stasiun 5: Pantai Ciberi
- f. Stasiun 6: Pantai Holtekamp
- g. Stasiun 7: Pantai Pasir II Holtekamp

Adapun ke tujuh stasiun penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Gambar lokasi penelitian

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. GPS (Global Positioning System) untuk penentuan titik koordinat stasiun
- b. DO meter untuk pengukuran oksigen terlarut
- c. Botol sampel polietilen volume 1 liter
- d. Cool box untuk penyimpanan sampel
- e. Kertas label dan alat tulis
- f. Kamera untuk dokumentasi
- g. Peralatan laboratorium untuk analisis parameter kualitas air

Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air laut dilakukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian (Putri et al., 2022; Sutrisyani, 2002). Sampel air laut diambil pada kedalaman 30-50 cm dari permukaan dengan jarak sekitar 15-20 m dari garis pantai pada masing-masing stasiun penelitian (Wang et al., 2024; Wangersky, 1978; Zabalegui et al., 2020). Pengambilan sampel dilakukan pada saat pasang menuju

surut untuk menghindari bias akibat perbedaan kondisi pasang-surut (Tanjung et al., 2022).

Sampel air laut diambil menggunakan botol sampel polietilen volume 1 liter yang telah dibila(Pemerintah Republik Indonesia, 2021) dengan air sampel sebanyak 3 kali, kemudian diisi penuh tanpa gelembung udara, ditutup rapat, dan diberi label sesuai lokasi dan waktu pengambilan. Selanjutnya, sampel disimpan dalam cool box berisi es untuk menjaga suhu sampel tetap rendah. Pengambilan dan penanganan sampel mengacu pada prosedur standar menurut SNI 6964.8:2015 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Laut (Simon I et al., 2020).

Pengukuran Parameter Kualitas Air Laut

Parameter kualitas air laut yang diukur meliputi 5 parameter utama sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 tentang Pedoman Penentuan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, yaitu:

a. Total Padatan Tersuspensi (TSS)

- o Metode: Gravimetri
- o Prosedur: Mengacu pada SNI 06-6989.3-2019
- o Alat: Kertas saring Whatman Grade 934 AH (ukuran pori 1,5 µm), oven, desikator, timbangan analitik
- o Satuan: mg/L

b. Oksigen Terlarut (DO)

- o Metode: Elektrometri
- o Prosedur: Pengukuran in situ menggunakan DO meter yang telah dikalibrasi
- o Alat: DO meter YSI ProODO
- o Satuan: mg/L

c. Minyak & Lemak (ML)

- o Metode: Gravimetri
- o Prosedur: Mengacu pada SNI 06-6989.10-2011 dengan ekstraksi menggunakan pelarut organik
- o Alat: Corong pemisah, timbangan analitik, peralatan ekstraksi
- o Satuan: mg/L

d. Amoniak Total (AT)

- o Metode: Spektrofotometri
- o Prosedur: Mengacu pada SNI 06-6989.30-2019 dengan metode fenat
- o Alat: Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 640 nm
- o Satuan: mg/L

e. Orto-Fosfat (OF)

- o Metode: Spektrofotometri
- o Prosedur: Mengacu pada SNI 06-6989.31-2019 dengan metode asam askorbat
- o Alat: Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 880 nm
- o Satuan: mg/L

Analisis sampel air laut secara eksitu dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi Papua untuk parameter TSS, ML, AT dan OF, sedangkan parameter DO dilakukan analisis secara in situ.

Analisis Data

a. Analisis Perbandingan dengan Baku Mutu

Hasil pengukuran parameter kualitas air laut dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk wisata bahari sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VIII. Parameter dikatakan memenuhi baku mutu jika nilainya tidak melebihi (untuk parameter TSS, ML, AT, OF) atau tidak kurang dari (untuk parameter DO) nilai baku mutu yang ditetapkan (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

b. Penentuan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL)

Penentuan status mutu air laut berdasarkan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL) mengikuti metode yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 lampiran III (KLHK, 2021). Metode ini diadaptasi dari National Sanitation Foundation Rumus perhitungan indeks kualitas air laut (IKAL) (Badriani, 2017; Stapleton et al., 2002) (Badriani, 2017; Stapleton et al., 2002; Suhartawan et al., 2022) adalah :

$$WIQ = \sum_{i=1}^n QiWi$$

dimana :

WQI = Indeks kualitas air laut (IKAL)

Qi = sub-indeks parameter kualitas air ke i;

Wi = bobot parameter kualitas air ke i;

n = banyak parameter

Sedangkan untuk menentukan besarnya sub-indeks tiap parameter (Qi) menggunakan rumus :

1) Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Kadar TSS (mg/L)	Q-TSS	Baik	$90 > IKAL \geq 70$
$20 \geq X \geq 0$	$(-0,035X^2) + (0,55X) + 93$	Sedang	$70 > IKAL \geq 50$
$100 \geq X > 20$	$(0,0008X^2) - (1,0217X) + 107,83$	Kurang	$50 > IKAL \geq 25$
$X > 100$	10	Sangat Kurang	$25 > IKAL \geq 0$

2) Oksigen Terlarut (DO)

Kadar DO (mg/L)	Q – DO
$3 \geq X \geq 0$	$(1,6336X^3) - (5,3439X^2) + (12,966X^4 \times 10^{-12})$
$7 \geq X > 3$	$(-0,0028X^4) + (0,0611X^3) - (2,5294X^2) + (37,097X) - 54,951$
$10 \geq X > 7$	$(1,5596X^3) + (38,895X^2) - (331,35X) + 1.043$
$11 \geq X > 10$	$(-20X) + 260$
$15 \geq X > 11$	40
$X > 15$	0

3) Minyak dan Lemak (ML)

Kadar ML (mg/L)	Q – Minyak & Lemak
$2 \geq X \geq 0$	$(3,5X^2) + (47,5X) + 100$
$4 \geq X > 2$	$(2,5X^2) + (19,5X) + 48$
$8 \geq X > 4$	10
$14 \geq X > 8$	$(-0,0333X^3) + (0,9X^2) - (9,0667X) + 42$
$X \geq 14$	0

4) Amoniak Total (AT)

Kadar AT (mg/L)	Q – Amoniak Total
$0,4 \geq X \geq 0$	$(-2,619X^4) + (238,1X^3) + (611,9X^2) - (200,95X) + 100$
$1 \geq X > 0,4$	$(4,488X^5) + (17,735X^4) + (27,529X^3) - (20,734X^2) + (7,373,7X) - 920,17$
$X > 1$	1

5) Orto-Fosfat (OF)

Kadar OF (mg/L)	Q – Orto-Fosfat
$0,001 \geq X \geq 0$	$(-10,000X) + 100$
$0,015 \geq X > 0,001$	$(-598,36X) + 89,923$
$0,05 \geq X > 0,015$	$(-1,329,9X) + 99,95$
$0,07 \geq X > 0,05$	$(-330,36X) + 51,726$
$0,1 \geq X > 0,07$	$(-2,678,2X^2) + (89,286X) + 35,714$
$1 \geq X > 0,1$	$(2,7778X^2) - (14,167X) + 16,389$
$X > 1$	2

Besaran bobot tiap parameter (Wi)

Parameter	Wi
TSS	0,22
DO	0,20
Minyak & Lemak	0,21
Amoniak Total	0,19
Orto-Fosfat	0,18
Total bobot	1,00

Untuk mengetahui status mutu air laut dengan kategori sebagai berikut :

Kategori	IKAL
Sangat Baik	$100 \geq IKAL \geq 90$

c. Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan untuk menggambarkan distribusi parameter kualitas air laut dan IKAL pada ketujuh stasiun penelitian. Pemetaan spasial dilakukan menggunakan software ArcGIS 10.8 dengan metode interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW) (Haerudin & Putra, 2019).

d. Perumusan Rekomendasi Pengelolaan

Berdasarkan hasil analisis kualitas dan status mutu air laut, dirumuskan rekomendasi pengelolaan kawasan wisata bahari Teluk Yos Sudarso dengan mempertimbangkan aspek kelestarian lingkungan dan keberlanjutan kegiatan wisata. Proses perumusan rekomendasi menggunakan pendekatan Coastal and Marine Resources Management (CMRM) yang mengintegrasikan aspek ekologi, sosial-ekonomi, dan tata kelola (Busch et al., 2024).

Analisis Statistik

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk menggambarkan variasi parameter kualitas air laut antar stasiun penelitian. Uji korelasi Pearson digunakan untuk menganalisis hubungan antar parameter kualitas air laut. Analisis kluster hierarki digunakan untuk mengelompokkan stasiun penelitian berdasarkan kesamaan karakteristik kualitas air lautnya (Benaafi et al., 2023).

Hasil dan Pembahasan

1) Kualitas Parameter Air Laut di Perairan Wisata Bahari Teluk Yos Sudarso

Hasil pengukuran parameter kualitas air laut pada 7 stasiun penelitian di perairan wisata bahari Teluk Yos Sudarso disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Laut di Perairan Wisata Bahari Teluk Yos Sudarso

Parameter	Stasiun Penelitian							Baku Mutu
	1	2	3	4	5	6	7	
TSS (mg/L)	16	21	77	101	17	115	67	20
DO (mg/L)	6,4	6,1	6,1	5,6	5,3	6,7	6,1	5
ML (mg/L)	0,7	2,1	2,6	6,6	5,6	5,8	4,4	1

Parameter	Stasiun Penelitian	Baku Mutu
AT (mg/L)	0,21 0,24 0,32 0,41 0,32 0,66 0,14 0,02	
OF (mg/L)	0,06 0,08 0,08 0,06 0,01 0,01 0,01 0,015	

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan Tabel 1, dapat diobservasi bahwa terdapat variasi nilai parameter kualitas air antar stasiun penelitian. Parameter Total Padatan Tersuspensi (TSS) berkisar antara 16-115 mg/L dengan nilai tertinggi pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dan terendah pada Stasiun 1 (Pantai Base-G). Kadar Oksigen Terlarut (DO) berkisar antara 5,3-6,7 mg/L dengan nilai tertinggi pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dan terendah pada Stasiun 5 (Pantai Ciberi). Konsentrasi Minyak dan Lemak (ML) berkisar antara 0,7-6,6 mg/L dengan nilai tertinggi pada Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dan terendah pada Stasiun 1 (Pantai Base-G). Kadar Amoniak Total (AT) berkisar antara 0,14-0,66 mg/L dengan nilai tertinggi pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dan terendah pada Stasiun 7 (Pantai Pasir II Holtekamp). Sementara itu, konsentrasi Orto-Fosfat (OF) berkisar antara 0,01-0,08 mg/L dengan nilai tertinggi pada Stasiun 2 (Pantai Dok 2) dan Stasiun 3 (Pantai Yakoba) serta nilai terendah pada Stasiun 5, 6, dan 7.

2) Perbandingan dengan Baku Mutu

Hasil perbandingan parameter kualitas air laut dengan baku mutu air laut untuk wisata bahari sesuai Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VIII disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Laut dengan Baku Mutu

Parameter	Baku Mutu	Jumlah Stasiun	
		Memenuhi	Tidak Memenuhi
TSS (mg/L)	20	2 (28,57%)	5 (71,43%)
DO (mg/L)	5	7 (100%)	0 (0%)
ML (mg/L)	1	1 (14,29%)	6 (85,71%)
AT (mg/L)	0,02	0 (0%)	7 (100%)
OF (mg/L)	0,015	3 (42,86%)	4 (57,14%)

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa dari 7 stasiun penelitian, hanya parameter DO yang 100% memenuhi baku mutu di seluruh stasiun. Parameter TSS hanya memenuhi baku mutu di 2 stasiun (28,57%),

yaitu Stasiun 1 (Pantai Base-G) dan Stasiun 5 (Pantai Ciberi). Parameter ML hanya memenuhi baku mutu di 1 stasiun (14,29%), yaitu Stasiun 1 (Pantai Base-G). Parameter AT tidak memenuhi baku mutu di seluruh stasiun (100%). Parameter OF memenuhi baku mutu di 3 stasiun (42,86%), yaitu Stasiun 5, 6, dan 7.

3) Indeks Kualitas Air Laut (IKAL)

a) Perhitungan IKAL Stasiun 1 (Pantai Base-G)

Perhitungan IKAL untuk Stasiun 1 (Pantai Base-G) disajikan secara rinci sebagai berikut:

• Sub-indeks parameter TSS

Hasil penelitian diperoleh TSS = 16 mg/L, berada pada range TSS: $20 \geq X \geq 0$

$$\begin{aligned} Q\text{-TSS} &= (-0,035X^2) + (0,55X) + 93 \\ &= [-0,035 \times (16)^2] + (0,55 \times 16) + 93 \\ &= [-0,035 \times 256] + 8,8 + 93 \\ &= [-8,96] + 101,8 \\ &= 92,84 \end{aligned}$$

$$\text{Subtotal TSS} = Q\text{-TSS} \times W\text{-TSS}$$

$$\begin{aligned} &= 92,84 \times 0,22 \\ &= 20,42 \end{aligned}$$

• Sub-indeks parameter DO

Hasil penelitian diperoleh DO = 6,4 mg/L, berada pada range: $7 \geq X > 3$

$$\begin{aligned} Q\text{-DO} &= (-0,0028X^4) + (0,0611X^3) - (2,5294X^2) + (37,097X) - 54,951 \\ &= [-0,0028 \times (6,4)^4] + [0,0611 \times (6,4)^3] - [2,5294 \times (6,4)^2] + [37,097 \times 6,4] - 54,951 \\ &= [-0,0028 \times 1677,7216] + [0,0611 \times 262,144] - [2,5294 \times 40,96] + [237,4208] - 54,951 \\ &= [-4,69762048] + 16,0169984 - 103,604224 + 237,4208 - 54,951 \\ &= 90,18495 \end{aligned}$$

$$= 90,18$$

$$\text{Subtotal DO} = Q\text{-DO} \times W\text{-DO}$$

$$\begin{aligned} &= 90,18 \times 0,20 \\ &= 18,04 \end{aligned}$$

• Sub-indeks parameter Minyak & Lemak

Hasil penelitian diperoleh Minyak dan Lemak = 0,7 mg/L, berada pada range: $2 \geq X \geq 0$

$$Q\text{-Minyak dan Lemak} = (3,5X^2) + (47,5X) + 100$$

$$\begin{aligned} &= [3,5 \times (0,7)^2] + (47,5 \times 0,7) + 100 \\ &= [3,5 \times 0,49] + (33,25) + 100 \end{aligned}$$

$$= 1,715 + 33,25 + 100$$

$$= 134,965$$

$$= 134,97$$

$$\text{Subtotal Minyak dan Lemak} = Q\text{-Minyak dan Lemak} \times W\text{-Minyak dan Lemak}$$

$$= 134,97 \times 0,21$$

$$= 28,34$$

- Sub-indeks parameter Amoniak Total
Hasil penelitian diperoleh Amoniak Total = 0,21 mg/L, berada pada range Amoniak Total: $0,4 \geq X \geq 0$

$$= [-2,619 \times 0,001945] + [238,1 \times 0,009261] + [611,9 \times 0,0441] - [200,95 \times 0,21] + 100$$

$$= [-0,005093] + [2,205044] + [26,98479] - [42,1995] + 100$$

$$= 86,98524$$

$$= 86,99$$
Subtotal Amoniak Total = Q-Amoniak Total $\times$ W-Amoniak Total

$$= 86,99 \times 0,19$$

$$= 16,53$$
- Sub-indeks parameter Orto Fosfat
Hasil penelitian diperoleh Orto Fosfat = 0,06 mg/L, berada pada range Orto Fosfat: $0,07 \geq X > 0,05$

$$Q-OF = (-330,36X) + 51,726$$

$$= (-330,36 \times 0,06) + 51,726$$

$$= -19,8216 + 51,726$$

$$Q\text{-Amoniak Total} = (-2,619X^4) + (238,1X^3) + (611,9X^2) - (200,95X) + 100$$

$$= [-2,619 \times (0,21)^4] + [238,1 \times (0,21)^3] + [611,9 \times (0,21)^2] - [200,95 \times 0,21] + 100$$

$$= 31,9044$$

$$= 31,90$$
Subtotal Orto Fosfat = Q-Orto Fosfat $\times$ W-Orto Fosfat

$$= 31,90 \times 0,18$$

$$= 5,74$$
Perhitungan IKAL Stasiun 1 (Pantai Base-G):
IKAL = Jumlah Subtotal Parameter IKAL = 20,42 + 18,04 + 28,34 + 16,53 + 5,74 = 89,07
Berdasarkan nilai IKAL = 89,07, status mutu air laut Stasiun 1 (Pantai Base-G) termasuk dalam kategori "Baik" ($90 > IKAL \geq 70$).

2) Rangkuman Hasil Perhitungan IKAL

Hasil perhitungan IKAL untuk semua stasiun penelitian di perairan wisata bahari Teluk Yos Sudarso disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Perhitungan IKAL pada 7 Stasiun Penelitian

No	Stasiun	TSS (Qi $\times$ Wi)	DO (Qi $\times$ Wi)	ML (Qi $\times$ Wi)	AT (Qi $\times$ Wi)	OF (Qi $\times$ Wi)	IKAL	Kategori
1	Pantai Base-G	20,42	18,04	28,34	16,53	5,74	89,07	Baik
2	Pantai Dok 2	19,02	17,60	14,84	15,14	4,14	70,74	Baik
3	Pantai Yakoba	7,93	17,60	12,71	10,03	4,14	52,41	Sedang
4	Pantai Hamadi	2,20	16,08	2,10	4,53	5,74	30,65	Kurang
5	Pantai Ciberi	20,17	15,20	2,10	10,03	16,02	63,52	Sedang
6	Pantai Holtekamp	2,20	18,80	2,10	0,19	16,02	39,31	Kurang
7	Pantai Pasir II Holtekamp	10,50	17,60	2,10	17,82	16,02	64,04	Sedang
	Baku Mutu	19,80	14,64	31,50	18,28	14,40	98,62	Sangat Baik

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai IKAL pada 7 stasiun penelitian berkisar antara 30,65-89,07 dengan kategori status mutu air laut "Kurang" hingga "Baik". Stasiun 1 (Pantai Base-G) dan Stasiun 2 (Pantai Dok 2) termasuk dalam kategori "Baik" dengan nilai IKAL masing-masing 89,07 dan 70,74. Stasiun 3 (Pantai Yakoba), Stasiun 5 (Pantai Ciberi), dan Stasiun 7 (Pantai Pasir II Holtekamp) termasuk dalam kategori "Sedang" dengan nilai IKAL masing-masing 52,41, 63,52, dan 64,04. Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dan Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) termasuk

dalam kategori "Kurang" dengan nilai IKAL masing-masing 30,65 dan 39,31.

3) Perhitungan IKAL Baku Mutu Wisata Bahari

Perhitungan IKAL berdasarkan nilai baku mutu air laut untuk wisata bahari sesuai Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VIII menghasilkan nilai 98,62 dengan kategori "Sangat Baik". Hal ini menunjukkan bahwa apabila kualitas air laut memenuhi seluruh standar baku mutu yang ditetapkan, maka perairan tersebut akan memiliki status mutu yang sangat baik untuk peruntukan wisata bahari.

Pembahasan

a. Analisis Parameter Kualitas Air Laut

1) Total Padatan Tersuspensi (TSS)

Hasil pengukuran TSS di tujuh stasiun penelitian menunjukkan bahwa lima stasiun (71,43%) memiliki nilai yang melebihi baku mutu air laut untuk wisata bahari yaitu 20 mg/L. Konsentrasi TSS tertinggi terdapat pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) sebesar 115 mg/L dan terendah pada Stasiun 1 (Pantai Base-G) sebesar 16 mg/L. Tingginya nilai TSS pada sebagian besar stasiun penelitian mengindikasikan adanya partikel-partikel tersuspensi yang berlebihan di perairan Teluk Yos Sudarso.

Tingginya konsentrasi TSS pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dan Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dapat disebabkan oleh aktivitas antropogenik di sekitar lokasi, seperti kegiatan pembangunan jembatan Holtekamp, pemukiman penduduk, dan aktivitas pelabuhan yang menghasilkan limbah dan sedimen tersuspensi (Ayer et al., 2023). Menurut Putra et al. (2020), peningkatan konsentrasi TSS di perairan pesisir juga dapat disebabkan oleh proses resuspensi sedimen dasar akibat aktivitas gelombang dan arus serta masukan sedimen dari aliran sungai, terutama pada musim hujan. Nilai TSS yang tinggi dapat menurunkan penetrasi cahaya ke dalam kolom air, menghambat proses fotosintesis fitoplankton, dan mengganggu fungsi insang organisme akuatik (Fortes et al., 2023)(Mishra et al., 2022). Selain itu, konsentrasi TSS yang tinggi juga dapat mengurangi nilai estetika perairan untuk kegiatan wisata bahari karena menurunkan kejernihan air. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan untuk mengurangi masukan sedimen tersuspensi ke perairan Teluk Yos Sudarso.

2) Oksigen Terlarut (DO)

Hasil pengukuran DO pada seluruh stasiun penelitian menunjukkan nilai yang memenuhi baku mutu air laut untuk wisata bahari yaitu ≥ 5 mg/L. Konsentrasi DO tertinggi terdapat pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) sebesar 6,7 mg/L dan terendah pada Stasiun 5 (Pantai Ciberi) sebesar 5,3 mg/L. Tingginya nilai DO pada seluruh stasiun penelitian menunjukkan bahwa perairan Teluk Yos Sudarso memiliki kondisi oksigenasi yang baik untuk mendukung kehidupan organisme akuatik dan aktivitas wisata bahari.

Kadar oksigen terlarut yang relatif tinggi pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dapat disebabkan oleh pergerakan massa air yang lebih intensif akibat pengaruh gelombang dan arus dari laut lepas, sehingga meningkatkan proses difusi oksigen dari atmosfer ke dalam perairan (Madyawan et al., 2020; Simon I et al., 2020). Sementara itu, nilai DO yang lebih rendah pada Stasiun 5 (Pantai Ciberi) dapat dikaitkan dengan proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme yang mengkonsumsi oksigen terlarut.

Menurut Patty et al. (I Patty & Akbar, 2018) dan Simon et al. (Simon I et al., 2020), faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi DO di perairan pesisir antara lain suhu air, salinitas, tekanan atmosfer, aktivitas fotosintesis fitoplankton, dan tingkat pencemaran bahan organik. Meskipun seluruh stasiun penelitian memiliki nilai DO yang memenuhi baku mutu, perlu dilakukan pemantauan secara berkala untuk memastikan kondisi oksigenasi perairan tetap terjaga, terutama di lokasi-lokasi yang mendapat tekanan lingkungan tinggi seperti Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dan Stasiun 6 (Pantai Holtekamp).

3) Minyak dan Lemak (ML)

Hasil pengukuran kadar minyak dan lemak menunjukkan bahwa enam stasiun (85,71%) memiliki nilai yang melebihi baku mutu air laut untuk wisata bahari yaitu 1 mg/L. Konsentrasi ML tertinggi terdapat pada Stasiun 4 (Pantai Hamadi) sebesar 6,6 mg/L dan terendah pada Stasiun 1 (Pantai Base-G) sebesar 0,7 mg/L. Tingginya kadar minyak dan lemak pada sebagian besar stasiun penelitian mengindikasikan adanya pencemaran oleh minyak dan lemak di perairan Teluk Yos Sudarso.

Tingginya konsentrasi ML pada Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dapat disebabkan oleh aktivitas pelabuhan, transportasi laut, dan pembuangan limbah domestik dari pemukiman penduduk di sekitar lokasi (Ayer et al., 2023). Stasiun 4 merupakan lokasi yang dekat dengan pusat kota Jayapura dan aktivitas ekonomi masyarakat yang cukup tinggi, sehingga berpotensi menghasilkan limbah minyak dan lemak yang lebih banyak dibandingkan stasiun lainnya.

Minyak dan lemak yang terdapat di permukaan air dapat menghambat proses difusi oksigen dari atmosfer ke dalam perairan,

mengganggu penetrasi cahaya, merusak ekosistem pesisir, dan menurunkan nilai estetika perairan untuk kegiatan wisata bahari (Mamozai et al., 2024). Tingginya kadar minyak dan lemak pada sebagian besar stasiun penelitian menunjukkan perlunya upaya pengendalian pencemaran minyak dan lemak di perairan Teluk Yos Sudarso, terutama dari sumber-sumber pencemar utama seperti aktivitas pelabuhan, transportasi laut, dan pembuangan limbah domestik.

4) Amoniak Total (AT)

Hasil pengukuran amoniak total menunjukkan bahwa seluruh stasiun penelitian (100%) memiliki nilai yang melebihi baku mutu air laut untuk wisata bahari yaitu 0,02 mg/L. Konsentrasi AT tertinggi terdapat pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) sebesar 0,66 mg/L dan terendah pada Stasiun 7 (Pantai Pasir II Holtekamp) sebesar 0,14 mg/L. Tingginya kadar amoniak total pada seluruh stasiun penelitian mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik nitrogen yang signifikan di perairan Teluk Yos Sudarso.

Amoniak di perairan dapat berasal dari proses dekomposisi bahan organik (sisa tumbuhan dan hewan) yang mengandung nitrogen, ekskresi organisme akuatik, dan masukan limbah domestik serta pertanian yang mengandung senyawa nitrogen (Kania Karnelia et al., 2023). Tingginya konsentrasi AT pada Stasiun 6 (Pantai Holtekamp) dapat disebabkan oleh masukan limbah domestik dari pemukiman penduduk di sekitar lokasi dan aktivitas pembangunan jembatan Holtekamp yang berpotensi menghasilkan limbah organik.

Amoniak dalam bentuk tidak terionisasi (NH_3) bersifat toksik bagi organisme akuatik, bahkan pada konsentrasi rendah. Tingginya kadar amoniak total dapat mengganggu kehidupan biota laut, menurunkan kualitas habitat, dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia yang melakukan aktivitas di perairan tersebut (Anggoro et al., 2024). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian masukan limbah organik nitrogen ke perairan Teluk Yos Sudarso, seperti perbaikan sistem pengelolaan limbah domestik dan pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan.

5) Orto-Fosfat (OF)

Hasil pengukuran orto-fosfat menunjukkan bahwa empat stasiun (57,14%) memiliki nilai yang melebihi baku mutu air laut

untuk wisata bahari yaitu 0,015 mg/L. Konsentrasi OF tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (Pantai Dok 2) dan Stasiun 3 (Pantai Yakoba) sebesar 0,08 mg/L dan terendah pada Stasiun 5, 6, dan 7 sebesar 0,01 mg/L. Variasi konsentrasi orto-fosfat antar stasiun penelitian menunjukkan adanya perbedaan input fosfat ke perairan Teluk Yos Sudarso.

Tingginya konsentrasi OF pada Stasiun 2 (Pantai Dok 2) dan Stasiun 3 (Pantai Yakoba) dapat disebabkan oleh masukan limbah domestik yang mengandung deterjen, pupuk fosfat dari aktivitas pertanian, dan proses alamiah seperti penguraian bahan organik dan pelapukan batuan yang mengandung fosfor (Haerudin & Putra, 2019). Kedua stasiun tersebut berada di area yang cukup padat penduduk dan aktivitas perkotaan, sehingga berpotensi menerima masukan limbah fosfat yang lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Fosfat merupakan nutrisi esensial bagi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air, namun konsentrasi yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi perairan. Fenomena eutrofikasi ditandai dengan pertumbuhan fitoplankton dan alga yang berlebihan (bloom), yang dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut, menghasilkan toksin, dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Lan et al., 2024; Preeti & Prathi, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengendalian masukan fosfat ke perairan Teluk Yos Sudarso, terutama dari sumber-sumber pencemar utama seperti limbah domestik dan aktivitas pertanian.

b. Analisis Indeks Kualitas Air Laut (IKAL)

Berdasarkan hasil perhitungan IKAL, status mutu air laut di perairan wisata bahari Teluk Yos Sudarso bervariasi dari kategori "Kurang" hingga "Baik". Dari tujuh stasiun penelitian, dua stasiun (28,57%) termasuk dalam kategori "Baik", tiga stasiun (42,86%) termasuk dalam kategori "Sedang", dan dua stasiun (28,57%) termasuk dalam kategori "Kurang". Variasi status mutu air laut antar stasiun penelitian menunjukkan adanya perbedaan tingkat pencemaran dan tekanan lingkungan pada masing-masing lokasi. Stasiun 1 (Pantai Base-G) memiliki nilai IKAL tertinggi (89,07) dengan kategori "Baik". Hal ini menunjukkan bahwa Pantai Base-G memiliki kualitas air laut yang relatif baik dibandingkan stasiun lainnya. Kondisi ini dapat disebabkan oleh lokasi Pantai Base-G yang

relatif jauh dari pusat kota Jayapura dan aktivitas penduduk yang padat, sehingga mendapat tekanan lingkungan yang lebih rendah. Selain itu, Pantai Base-G merupakan lokasi wisata yang dikelola dengan baik, termasuk dalam hal kebersihan dan pengelolaan limbah (Alfitry et al., 2024; Perilaku et al., 2024).

Sebaliknya, Stasiun 4 (Pantai Hamadi) memiliki nilai IKAL terendah (30,65) dengan kategori "Kurang". Kondisi ini mengindikasikan bahwa Pantai Hamadi memiliki kualitas air laut yang relatif buruk dibandingkan stasiun lainnya. Pantai Hamadi berada di pusat kota Jayapura dan merupakan lokasi yang dekat dengan pemukiman padat penduduk, aktivitas pelabuhan, dan kegiatan ekonomi masyarakat yang cukup tinggi. Lokasi perairan yang dekat dengan pusat aktivitas antropogenik seperti permukiman, pelabuhan, dan kegiatan komersial cenderung memiliki kualitas air yang lebih rendah akibat tingginya masukan limbah dan polutan (Nerlekar et al., 2024).

Parameter yang memberikan kontribusi signifikan terhadap rendahnya nilai IKAL pada beberapa stasiun penelitian adalah TSS, minyak dan lemak, serta amoniak total yang nilainya melebihi baku mutu. Parameter tersebut merupakan indikator penting kualitas perairan yang berhubungan dengan aktivitas antropogenik, seperti pembuangan limbah domestik, transportasi laut, dan aktivitas perkotaan. Tingginya nilai parameter tersebut mengindikasikan adanya tekanan lingkungan yang signifikan terhadap perairan Teluk Yos Sudarso (Sanae et al., 2023).

Jika dibandingkan dengan IKAL berdasarkan nilai baku mutu yang ditetapkan untuk wisata bahari (98,62) dengan kategori "Sangat Baik", kualitas air laut di seluruh stasiun penelitian masih berada di bawah kondisi ideal. Hal ini menunjukkan bahwa perairan Teluk Yos Sudarso memerlukan upaya pengelolaan yang lebih baik untuk meningkatkan kualitas air laut dan memenuhi persyaratan sebagai kawasan wisata bahari yang berkelanjutan.

c. Implikasi terhadap Pengelolaan Kawasan Wisata Bahari

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air laut di perairan Teluk Yos Sudarso bervariasi dengan status mutu dari "Kurang" hingga "Baik", namun masih belum mencapai kondisi ideal untuk wisata bahari. Hal ini

memiliki beberapa implikasi terhadap pengelolaan kawasan wisata bahari Teluk Yos Sudarso, sebagai berikut:

1) Pengelolaan Berdasarkan Zonasi

Berdasarkan nilai IKAL dan karakteristik lingkungan, dapat dilakukan pengelolaan berdasarkan zonasi dengan mempertimbangkan daya dukung dan kesesuaian lahan untuk wisata bahari. Stasiun 1 (Pantai Base-G) dan Stasiun 2 (Pantai Dok 2) yang memiliki status mutu "Baik" dapat diprioritaskan untuk kegiatan wisata bahari intensif seperti berenang, snorkeling, dan kegiatan rekreasi air lainnya. Sementara itu, stasiun dengan status mutu "Sedang" dan "Kurang" perlu dibatasi untuk kegiatan wisata yang tidak memerlukan kontak langsung dengan air, seperti berjemur, memancing, atau menikmati pemandangan.

2) Pengendalian Sumber Pencemaran

Tingginya konsentrasi beberapa parameter kualitas air laut seperti TSS, minyak dan lemak, serta amoniak total mengindikasikan perlunya upaya pengendalian sumber pencemaran di sekitar Teluk Yos Sudarso (Broto, Asnuri Hadi., 2022). Menurut (Tonapa et al., 2023), pengendalian sumber pencemaran dapat dilakukan melalui:

- 1) Peningkatan sistem pengelolaan limbah domestik dengan membangun instalasi pengolahan air limbah komunal di pemukiman padat penduduk sekitar Teluk Yos Sudarso.
- 2) Penerapan regulasi yang lebih ketat terhadap pembuangan limbah dari aktivitas pelabuhan, industri, dan kegiatan komersial di sekitar teluk.
- 3) Pengelolaan sampah yang lebih baik untuk mencegah masuknya sampah ke perairan, termasuk penyediaan fasilitas persampahan yang memadai di kawasan wisata.
- 4) Pembentukan zona penyangga (buffer zone) antara area pemukiman dan kawasan wisata bahari untuk mengurangi dampak langsung dari aktivitas antropogenik.

3) Pemantauan Kualitas Air Secara Berkala

Pemantauan kualitas air laut secara berkala merupakan komponen penting dalam pengelolaan kawasan wisata bahari yang berkelanjutan. Menurut (Kadam1 et al., 2022), pemantauan kualitas air dapat membantu dalam:

- 1) Mengidentifikasi perubahan dan tren kualitas perairan dari waktu ke waktu.

- 2) Mendeteksi sumber-sumber pencemaran baru yang berpotensi mempengaruhi kualitas perairan.
- 3) Mengevaluasi efektivitas program pengendalian pencemaran yang telah dilaksanakan.
- 4) Menyediakan informasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan kawasan wisata bahari.

Pemantauan sebaiknya dilakukan minimal setiap tiga bulan sekali, dengan frekuensi yang lebih tinggi pada lokasi-lokasi yang mendapat tekanan lingkungan tinggi seperti Stasiun 4 (Pantai Hamadi) dan Stasiun 6 (Pantai Holtekamp).

4) *Edukasi dan Partisipasi Masyarakat*

Edukasi dan partisipasi masyarakat merupakan faktor kunci dalam keberhasilan pengelolaan kawasan wisata bahari. Kesadaran dan peran aktif masyarakat dapat berkontribusi dalam: Mengurangi perilaku yang dapat mencemari lingkungan perairan, seperti pembuangan sampah dan limbah sembarangan.

- 1) Meningkatkan praktik wisata yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
- 2) Membantu dalam pemantauan dan pelaporan kondisi lingkungan perairan.
- 3) Mendukung program-program pengelolaan dan konservasi lingkungan pesisir.

Program edukasi dapat dilakukan melalui penyuluhan, pelatihan, dan kampanye media sosial yang menyasar berbagai kelompok masyarakat, termasuk penduduk sekitar, wisatawan, pelaku usaha wisata, dan pelajar.

5) *Pengembangan Infrastruktur Pendukung Wisata Bahari*

Pengembangan infrastruktur pendukung yang ramah lingkungan dapat meningkatkan kualitas wisata bahari sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan. (Tanjung et al., 2022), infrastruktur pendukung yang perlu dikembangkan antara lain:

- 1) Fasilitas sanitasi yang memadai, termasuk toilet umum dan kamar bilas dengan sistem pengolahan limbah yang baik.
- 2) Sistem drainase yang dirancang untuk mencegah aliran air permukaan langsung ke laut tanpa pengolahan.
- 3) Tempat sampah yang cukup dan strategis, serta sistem pengumpulan dan pengolahan sampah yang efektif.
- 4) Jalur akses dan area parkir yang dirancang untuk meminimalkan erosi dan sedimentasi.

- 5) Papan informasi dan rambu-rambu yang mengedukasi pengunjung tentang praktik wisata yang ramah lingkungan.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai Kajian Kualitas dan Status Mutu Air Laut di Perairan Wisata Bahari Teluk Yos Sudarso Kota Jayapura Provinsi Papua, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Hasil pengukuran parameter kualitas air laut menunjukkan variasi kondisi antar stasiun penelitian. Parameter Total Padatan Tersuspensi (TSS) berkisar antara 16-115 mg/L dengan 71,43% stasiun melebihi baku mutu yang ditetapkan (20 mg/L). Konsentrasi Oksigen Terlarut (DO) berkisar antara 5,3-6,7 mg/L dengan 100% stasiun memenuhi baku mutu (≥ 5 mg/L). Kadar Minyak dan Lemak (ML) berkisar antara 0,7-6,6 mg/L dengan 85,71% stasiun melebihi baku mutu (1 mg/L). Amoniak Total (AT) berkisar antara 0,14-0,66 mg/L dengan 100% stasiun melebihi baku mutu (0,02 mg/L). Orto-Fosfat (OF) berkisar antara 0,01-0,08 mg/L dengan 57,14% stasiun melebihi baku mutu (0,015 mg/L).

Berdasarkan perhitungan Indeks Kualitas Air Laut (IKAL), status mutu air laut di perairan Teluk Yos Sudarso bervariasi dari kategori "Kurang" hingga "Baik". Dua stasiun (28,57%) yaitu Pantai Base-G dan Pantai Dok 2 termasuk dalam kategori "Baik" dengan nilai IKAL masing-masing 89,07 dan 70,74. Tiga stasiun (42,86%) yaitu Pantai Yakoba, Pantai Ciberi, dan Pantai Pasir II Holtekamp termasuk dalam kategori "Sedang" dengan nilai IKAL masing-masing 52,41, 63,52, dan 64,04. Dua stasiun (28,57%) yaitu Pantai Hamadi dan Pantai Holtekamp termasuk dalam kategori "Kurang" dengan nilai IKAL masing-masing 30,65 dan 39,31.

Secara keseluruhan, kondisi kualitas air laut di perairan Teluk Yos Sudarso masih belum optimal untuk mendukung aktivitas wisata bahari jika dibandingkan dengan IKAL berdasarkan nilai baku mutu (98,62) dengan kategori "Sangat Baik". Parameter yang memberikan kontribusi signifikan terhadap rendahnya nilai IKAL adalah TSS, minyak dan lemak, serta amoniak total yang rata-rata nilainya melebihi baku mutu, mengindikasikan adanya tekanan antropogenik yang cukup tinggi terhadap lingkungan perairan.

Penelitian ini merekomendasikan pengelolaan kawasan wisata bahari Teluk Yos Sudarso melalui pendekatan zonasi berdasarkan status mutu air, pengendalian sumber pencemaran (terutama limbah domestik dan aktivitas pelabuhan), pemantauan kualitas air secara berkala, peningkatan edukasi dan partisipasi masyarakat, serta pengembangan infrastruktur pendukung wisata yang ramah lingkungan. Implementasi rekomendasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas lingkungan perairan dan mendukung keberlanjutan aktivitas wisata bahari di Teluk Yos Sudarso.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfitry, N., Firmansyah, E., Hardianingsih, R., Nisa, M. H., Syaiful, M., & Anggraini, Y. (2024). *Increasing Public Awareness Through the Provision of Trash Bins and Information Boards at Karang Empat Beach*. XX, 41–46.
- Alimudin Laapo, Achmad Fahrudin, Dietrieck G. Bengen, & Ario Damar. (2009). Pengaruh Aktivitas Wisata Bahari terhadap Kualitas Perairan Laut di Kawasan Wisata Gugus Pulau Togean. *Ilmu Kelautan, UNDIP*, 14(4), 215–221. www.ijms.undip.ac.id
- Anggoro, M. F., Yulianto, B., & Suryono, S. (2024). Analisis Kadar TAN Terhadap Bobot Udang di Tambak Udang Mangrove Jembatan Api-Api, Kulonprogo. *Journal of Marine Research*, 13(2), 381–388. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.40094>
- Ayer, P. I. L., Mandey, V. K., Rejauw, K., Wanimbo, E., & Warpur, M. (2023). Analisis Pencemaran Biologis Perairan Pantai Wisata Holtekamp Berdasarkan Kepadatan Bakteri Coliform. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 6(2), 117–121. <https://doi.org/10.31957/acr.v6i2.3496>
- Badriani, R. E. (2017). Analisis Kualitas Air Laut di Area Alur Pelayaran Barat Surabaya di Selat Madura. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 42–51.
- Benaafi, M., Abba, S. I., Tawabini, B., Abdulazeez, I., Salhi, B., Usman, J., & Aljundi, I. H. (2023). Integrated clustering analysis for delineating seawater intrusion and heavy metals in Arabian Gulf Coastal groundwater of Saudi Arabia. *Heliyon*, 9(9), e19784. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19784>
- Broto, Asnuri Hadi., et al. (2022). Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung. *Dinas Lingkungan Hidup*.
- Busch, K., Pardy, G., King, M., Lirette, C., Murillo, F. J., & Kenchington, E. (2024). Marine spatial planning for socio-ecological management of animal-associated microbiomes. *Conservation Science and Practice*, May, 1–7. <https://doi.org/10.1111/csp2.13153>
- Fortes, A. C. C., Barrocas, P. R. G., & Kligerman, D. C. (2023). Water quality indices: Construction, potential, and limitations. *Ecological Indicators*, 157(October). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111187>
- Haerudin, H., & Putra, A. M. (2019). Analisis Baku Mutu Air Laut Untuk Pengembangan Wisata Bahari di Perairan Pantai Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.29408/geodika.v3i1.1473>
- Hamuna, B., Pujiyat, S., Natih, N. M. N., & Dimara, L. (2018). Analisis Hambur Balik Akustik Untuk Klasifikasi Dan Pemetaan Substrat Dasar Perairan Di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 291–300. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.24045>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018a). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018b). Study of Seawater Quality and Pollution Index Based on Physical-Chemical Parameters in the Waters of the Depapre District, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hassard, F., Andrews, A., Jones, D. L.,

- Parsons, L., Jones, V., Cox, B. A., Daldorph, P., Brett, H., McDonald, J. E., & Malham, S. K. (2017). Physicochemical factors influence the abundance and culturability of human enteric pathogens and fecal indicator organisms in estuarine water and sediment. *Frontiers in Microbiology*, 8(OCT), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01996>
- I Patty, S., & Akbar, N. (2018). Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.33387/jikk.v1i2.891>
- Julianto, A., Nugroho, S., Haris, A., Jati, A. N., & Wanito, D. (2024). Pengembangan Potensi Wisata Bahari Berbasis Peningkatan Kualitas Layanan Obyek Wisata Pantai Desa Jatimalang Purworejo. 05, 348–356.
- Kadam1, P. A. J., Sunny2, A., Admuthe3, M., Bhosale4, A., & Bhujbal, A. (2022). Water Quality Monitoring Model using Machine Learning. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 2(1), 421–428.
- Kania Karnelia, Ghitarina, & Suryana, I. (2023). Kandungan nitrogen saat pasang dan surut di Sungai Mahakam Kota Samarinda. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis Nusantara (Nusantara Tropical Fisheries Science Journal)*, 2(1), 24–29. <https://doi.org/10.30872/jipt.v2i1.179>
- Karlina, I., Kurniawan, F., & Idris, F. (2018). Pressures and status of seagrass ecosystem in the coastal areas of North Bintan, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 47, 1–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184704008>
- KLHK. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 10–27.
- Krei, A. (2024). *Youtefa Bay: Dealing with Pollution Threats and Ecosystem Conservation*. 3(3), 833–850.
- Lan, J., Liu, P., Hu, X., & Zhu, S. (2024). Harmful Algal Blooms in Eutrophic Marine Environments: Causes, Monitoring, and Treatment. *Water (Switzerland)*, 16(17), 1–64. <https://doi.org/10.3390/w16172525>
- Liu, R. (n.d.). *The pollution and the ecological influence of chemical and industrial waste behaviors of chemical and industrial*. 1184–1187.
- Long, K. E., Schneider, L., Connor, S. E., Shulmeister, N., Finn, J., Roberts, G. L., Zawadzki, A., Gabriel Enge, T., Smol, J. P., Ballard, C., & Haberle, S. G. (2021). Human impacts and Anthropocene environmental change at Lake Kutubu, a Ramsar wetland in Papua New Guinea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(40). <https://doi.org/10.1073/pnas.2022216118>
- López-Londoño, T., Galindo-Martínez, C. T., Gómez-Campo, K., González-Guerrero, L. A., Roitman, S., Pollock, F. J., Pizarro, V., López-Victoria, M., Medina, M., & Iglesias-Prieto, R. (2021). Physiological and ecological consequences of the water optical properties degradation on reef corals. *Coral Reefs*, 40(4), 1243–1256. <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02133-7>
- Madyawan, D., Hendrawan, I. G., & Suteja, Y. (2020). Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 270. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p15>
- Mamozai, W., Hesam, A. M., & Hemma, W. H. (2024). Impacts of Crude Oils on Water Quality: A Comprehensive Review. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 2(1), 126–138. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(1\).09](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(1).09)
- Mishra, S., Kumari, N., Häder, D.-P., & Sinha, R. P. (2022). Cyanobacterial Blooms and Their Implications in the Changing Environment. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 3(1), 1–1. <https://doi.org/10.21926/aeer.2201011>
- Nerlekar, T., Mulay, B. N., Gajghate, P., Mane, C. P., Thorat, S. S., & Chipade, A. M. (2024). A Comparative Assessment of Water Quality in the Pavana River: Urban vs. Suburban Locations in Pune, India. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 72(12), 1329–1336.

- <https://doi.org/10.18311/jmmf/2024/46039>
- Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Perillo, G. M. E., Turner, R. E., Ashan, D., Cragg, S., Luo, Y., Tu, C., Li, Y., Zhang, H., Ramesh, R., Forbes, D. L., Solidoro, C., Béjaoui, B., Gao, S., Pastres, R., Kelsey, H., Taillie, D., ... Kuenzer, C. (2020). Anthropogenic, Direct Pressures on Coastal Wetlands. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8(July), 1–29. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00144>
- Nomosatryo, S., Lipus, D., Bartholomäus, A., Henny, C., Ridwansyah, I., Sujarta, P., Yang, S., Wagner, D., & Kallmeyer, J. (2025). The role of anthropogenic influences on a tropical lake ecosystem and its surrounding catchment: a case study of Lake Sentani. *FEMS Microbiology Ecology*, 101(1). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiae162>
- Patty, S. I., Yalindua, F. Y., & Ibrahim, P. S. (2021). Analisis Kualitas Perairan Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Air Laut. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 113–122. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i1.7596>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Perilaku, K., Pesisir, M., Mengakibatkan, Y., Tuhumena, L., Umbekna, S., Rumahorbo, B. T., Roona, N., Mandey, V. K., Hehanussa, K. G., Tuhumena, L., Umbekna, S., Rumahorbo, B. T., Paranoan, N. R., Mandey, K., Hehanussa, K. G., Perilaku, K., Mandey, K., Hehanussa, K. G., & Perilaku, K. (2024). *KERUSAKAN LINGKUNGAN SEKITAR EKOSISTEM MANGROVE DI PANTAI HAMADI KOTA JAYAPURA*. 11, 8–16.
- Preeti, B., & Prathi, S. (2023). *Equinox Issue Strategies and solutions for reversing eutrophication in aquatic ecosystems Equinox Issue*. 1–3.
- Putri, S. A., Suryono, S., & Ario, R. (2022). Korelasi Nutrien Nitrat Fosfat Pada Sedimen terhadap Persentase Tutupan Lamun di Pulau Harapan dan Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Journal of Marine Research*, 11(4), 685–695. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.34126>
- Ruspita, R. (2023). Analysis of Heavy Metals Concentration and Pollution Index on Water Quality in Labuan Beach Fishery Port Area, Banten. *Jurnal Sains Natural*, 13(4), 191–198. <https://doi.org/10.31938/jsn.v13i4.607>
- Salsabila, A. S., Manik, H. M., & Mulyadi, D. S. (2023). Side scan sonar data quantification for seabed classification in Yos Sudarso Bay, Jayapura. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1251(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1251/1/012016>
- Sanae, R., Sarra, E. H., Tarik, M., Jihan, F., Bendaoud, A., Ghada, B., Aimad, A., & Noureddine, E. (2023). Evaluation of the Impact of Anthropic Activities on the Physico-Chemical and Microbiological Parameters of the Water of the Wadi Inaouene and Its Tributaries. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(5), 282–294. <https://doi.org/10.12912/27197050/162703>
- Sari, A. (2016). Jenis-Jenis Plankton Di Perairan Teluk Yos Sudarso. *The Journal of Fisheries Development*, 2(2), 11–16. <https://core.ac.uk/download/pdf/229022246.pdf>
- Simon I, P., Rikardo, H., & Ferdimon, K. (2020). Variasi Musiman Suhu, Salinitas dan Kekeruhan Air Laut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 8(1), 110–117.
- Stapleton, P. J., Cooney, A. M., & Hix, W. M. J. (2002). Environmental Management Systems : An Implementation Guide for Small and Medium-Sized Organizations. *NSF International*, 1(November), 166.
- Suhartawan, B., Haurissa, J., & Rumawak, S. A. (2022). Lake Sentani Water Quality Index based on NSF-WQI as Raw Water for Drinking Water for Lake Sentani Coastal communities, Jayapura Regency. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(9), 1189–1204. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i9.481>

- Sutrisyani. (2002). Metode Pengambilan Dan Pengawetan Sampel Air Laut. In *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur* (Vol. 1, Issue 1, pp. 1–7).
- Tanjung, R. H. R., Yonas, M. N., Suwito, Maury, H. K., Sarungu, Y., & Hamuna, B. (2022). Analysis of Surface Water Quality of Four Rivers in Jayapura Regency, Indonesia: CCME-WQI Approach. *Journal of Ecological Engineering*, 23(1), 73–82.
<https://doi.org/10.12911/22998993/143998>
- Tonapa, V. G., Manalu, J., Siallagan, J., Walukouw, A. F., Maklon, D., Prodi, W., Pengelolaan, M., Alam, S., Lingkungan, D., Cenderawasih, U., Raya Abepura-Sentani, J., Abepura, K., & Jayapura, I. (2023). Analisis Status Mutu Air Pada Sungai-Sungai Yang Bermuara Ke Teluk Youtefa Analysis of Water Quality Status in Rivers That Down Into Youtefa Bay. *Portal Sipil*, 12(2), 54–60.
- Wang, Y., Chen, J., Guo, J., Yu, Z., Lin, Y., & Wang, Y. (2024). Advances and development in sampling techniques for marine water resources: a comprehensive review. *Frontiers in Marine Science*, 11(April), 1–16.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1365019>
- Wangersky, P. J. (1978). Methods of seawater analysis. *Marine Chemistry*, 7(1), 86–87.
[https://doi.org/10.1016/0304-4203\(78\)90045-2](https://doi.org/10.1016/0304-4203(78)90045-2)
- Werner, C. M., Stuble, K. L., Groves, A. M., & Young, T. P. (2020). Year effects: Interannual variation as a driver of community assembly dynamics. *Ecology*, 101(9), 1–8.
<https://doi.org/10.1002/ecy.3104>
- Zabalegui, N., Manzi, M., Depoorter, A., Hayeck, N., Roveretto, M., Li, C., Van Pinxteren, M., Herrmann, H., George, C., & Monge, M. E. (2020). Seawater analysis by ambient mass-spectrometry-based seaomics. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(10), 6243–6257.
<https://doi.org/10.5194/acp-20-6243-2020>