



## A Study on the Level of Water Pollution in the Coastal Ecotourism Area of Padang City (Case Study of Bungus Beach, Purus Beach, and Pasir Jambak Beach)

Ridho Qamara<sup>1</sup>, Siti Aisyah<sup>2</sup>, Murehenna Uzra<sup>3</sup>, Ira Desmiati<sup>4</sup>

[idoqamara@gmail.com](mailto:idoqamara@gmail.com)

Fakultas Sains, Universitas Nahdlatul Ulama Sumatra Barat, Padang, Indonesia

### ABSTRACT

The coastal area of Padang City has high ecological and economic potential; however, anthropogenic activities such as tourism, settlements, and industry have contributed to a decline in water quality. This study aims to identify pollutants and determine the pollution status in Bungus Beach, Purus Beach, and Pasir Jambak Beach based on physical, chemical, and biological parameters. A quantitative approach was employed using purposive sampling at three research stations. The observed parameters included temperature, brightness, turbidity, pH, nitrate, phosphate, ammonia, DO, as well as the condition of mangrove, seagrass, and coral reef ecosystems. The data were compared with the marine water quality standards (Government Regulation No. 22 of 2021) and analyzed using the Pollution Index method (Decree of the Ministry of Environment No. 115 of 2003). The results showed that nitrate and phosphate levels exceeded quality standards, DO levels decreased at Purus Beach, and brightness was low in Purus and Pasir Jambak. Biological ecosystems in Purus have disappeared, while Bungus and Pasir Jambak still contain coastal vegetation that is pressured by human activities. Based on the pollution index, Purus is classified as moderately to heavily polluted, while Bungus and Pasir Jambak are classified as lightly to moderately polluted.

**Keywords:** ecotourism, water quality, Padang City, pollution, chemical-physical parameters

### PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan area transisi antara darat dan laut yang memiliki ekosistem produktif serta nilai ekonomi tinggi. Namun, meningkatnya aktivitas manusia dan pembangunan di kawasan ini menimbulkan berbagai masalah, terutama pencemaran. Limbah padat, bahan kimia, dan zat organik yang masuk ke laut dapat menurunkan kualitas air serta merusak ekosistem pesisir dan kehidupan biota laut (Hamuna et al., 2018; Nugroho, 2021).

Berdasarkan peraturan menteri perhubungan no PM 39 tahun 2021, pencemaran laut didefinisikan sebagai akibat dari aktivitas manusia yang menyebabkan masuknya berbagai jenis zat, energi, atau makhluk hidup ke dalam lingkungan laut. Masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke lingkungan akibat aktivitas manusia, melebihi standar kualitas yang ditetapkan. Pencemaran laut mengubah komposisi air laut, menurunkan kualitasnya, dan mengganggu kehidupan manusia serta ekosistem laut (Dewi, 2022). Berbagai faktor dari daratan dan laut sendiri dapat menyebabkan pencemaran laut yang beragam. Setiap faktor memiliki jenis dan karakteristik pencemar yang berbedabeda, yang berakibat pada dampak yang berbeda pula terhadap ekosistem laut. Oleh karena itu, penting untuk membandingkan kualitas air laut dengan standar yang telah ditetapkan untuk menilai sejauh mana terjadinya pencemaran di suatu perairan (Simon, 2019).



Perubahan lingkungan dapat dipantau secara biologi, kimia dan fisika. Secara biologis, kualitas suatu lingkungan dapat diketahui dengan adanya kehadiran atau ketidakhadiran berbagai makhluk hidup sebagai bioindikator. Bioindikator atau indikator biologis adalah jenis atau populasi makhluk hidup, hewan, tumbuhan atau mikroorganisme yang kehadiran dan vitalitasnya dapat memberikan respon terhadap perubahan kondisi lingkungan (Najamuddin et al., 2020).

Wilayah pesisir Kota Padang memiliki garis pantai sepanjang 68,126 km dan penduduk sekitar 939.851 jiwa dengan pertumbuhan 1,26% per tahun (BPS, 2024). Kawasan ini berkembang untuk berbagai kepentingan seperti pelabuhan, pariwisata, pemukiman, dan perikanan, yang berpotensi menurunkan kualitas perairan akibat pencemaran. Aktivitas antropogenik menyebabkan penurunan daya dukung dan produktivitas ekosistem laut (Gholizadeh et al., 2016). Setiap bahan pencemar yang masuk ke laut dapat merusak fungsi biologis dan ekologis ekosistem pesisir, padahal wilayah ini penting sebagai sumber pangan masyarakat (Suharto et al., 2019). Kondisi serupa terjadi di Pulau Cingkuak, di mana minimnya informasi ekowisata menghambat pengelolaan kawasan (Yandi et al., 2023). Penelitian ini bertujuan menilai kualitas dan status pencemaran perairan pesisir Kota Padang sebagai dasar pengelolaan lingkungan pesisir yang berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perairan pesisir Kota Padang, pengambilan data menggunakan metode purposive sampling, yaitu teknik pengambilan sampel dengan menentukan kriteria tertentu (Sugiyono, 2008). Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan metode botol pada kedalaman 1 meter, sampling dilakukan di 3 (tiga) stasiun dengan 2 kali ulangan yaitu pada pagi dan sore hari setiap stasiun untuk pengukuran kualitas air parameter fisika insitu.

Sedangkan untuk parameter kimia pengambilan sampel air laut yang memerlukan analisis laboratorium dilakukan dengan memasukkan sampel air laut ke dalam botol dan disimpan dalam coolbox untuk dianalisis di Laboratorium. Bahan Akuades dan Air sampel. Alat pH meter, Botol, Termometer, GPS, Cool box, dan DO meter.

Data hasil pengukuran kualitas perairan pesisir dianalisis menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 untuk menentukan status mutu air di setiap stasiun pengamatan. Prosedur penentuan indeks pencemaran mengacu pada Lampiran II keputusan tersebut yang berisi pedoman teknis penilaian status mutu air.

- $L_{ij}$  : konsentrasi parameter kualitas air yang ditentukan dalam baku mutu peruntukannya
- $(j) P_{ij}$  : indeks pencemaran (pollution index) bagi peruntukannya  $(j)$
- $C_i$  : konsentrasi parameter kualitas air di lapangan
- $(C_i/L_{ij})M$  : nilai  $C_i/L_{ij}$  maksimum
- $(C_i/L_{ij})R$  : nilai  $C_i/L_{ij}$  rata-rata

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas air dilakukan menggunakan parameter fisika (suhu, kecerahan, kekeruhan), kimia (pH, nitrat, fosfat, amonia, dan oksigen terlarut/DO), serta parameter biologi (mangrove, lamun, dan terumbu karang). Hasil uji kualitas air dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel Hasil Uji Parameter

No	Parameter	Stasiun 1 Bungus			Stasiun 2 Purus			Stasiun 3 Jambak			Batu Muku	Keterangan
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
1	Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (mg/l)	1x10 <sub>1</sub>	1x10 <sub>1</sub>	8	9	3	1x10 <sub>1</sub>	1x10 <sub>1</sub>	2	6	0,06	Diluar ambang batas baku mutu
2	Fosfat (PO <sub>4</sub> )	0,03 <sub>8</sub>	0,03 <sub>8</sub>	0,35 <sub>3</sub>	0,03	0,15	0,45	0,04 <sub>1</sub>	0,07 <sub>7</sub>	0,038	0,015	Diluar ambang batas baku mutu
3	Amoniak (NH <sub>3</sub> ) (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	Dalam ambang batas baku mutu, kecuali Stasiun 2 titik 2 dibawah ambang batas.
4	pH	8,15	8,08	8,03	8,11	7,5	8,2	8,12	7,78	8,41	7-8,5	Dalam ambang batas baku mutu.
5	DO (mg/l)	5,36	5,31	5,27	5,3	4,79	4,68	5,28	5,19	5,54	>5	Dalam ambang batas baku mutu, kecuali pada stasiun 2 titik 2 dibawah ambang batas.
<b>Fisika</b>												
6	Suhu C°	30,0 <sub>2</sub>	31	30,0	31,5	28,7	31,1	31,4	27,6	27,3	28-30°	Dalam ambang batas, kecuali di Stasiun 1 titik 2, Stasiun 2 titik 1 dan Stasiun 3 titik 1 dibawah ambang batas.
7	Kecerahan (m)	5	5	5	0,03 <sub>3</sub>	0,15 <sub>3</sub>	0,03 <sub>3</sub>	0,04 <sub>1</sub>	0,07 <sub>7</sub>	2	>5	Dalam ambang batas di Stasiun 1 Pantai Bungus, kecuali di Stasiun 2 dan Stasiun 3 dibawah ambang batas.
8	Kekeruhan (NTU)	0	0	0	0	0	0	0	20,6	0	<5	Dalam ambang batas, Kecuali di Stasiun 3 titik 2 dibawah ambang batas.
<b>Biologi</b>		Stasiun 1 Bungus					Stasiun 2 Purus			Stasiun 3 Jambak		
9	Mangrove	Terdapat sedikit mangrove dan cukup terjaga					Tidak ditemukan			Terdapat beberapa pohon mangrove rehabilitasi		
10	Lamun	Tumbuh cukup rapat di area dangkal					Tidak ditemukan			Tersebar tapi dengan tutupan rendah		
11	Terumbu Karang	bagian, meskipun tertekan oleh aktivitas manusia					Tidak ditemukan			Beberapa struktur karang mati dan pecah		

Analisis pencemaran perairan di kawasan ekowisata pantai pesisir Kota Padang dilakukan untuk menilai kualitas perairan berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tingkat degradasi lingkungan akibat aktivitas antropogenik serta menentukan status ekologis perairan di tiga lokasi utama, yaitu Pantai



Bungus (Stasiun 1), Pantai Purus (Stasiun 2), dan Pantai Jambak (Stasiun 3)

### Analisis Parameter Kimia Nitrat

Berdasarkan hasil pengukuran di tiga lokasi pantai wisata di Kota Padang, konsentrasi nitrat terpantau sangat tinggi di semua titik pengamatan. Di Pantai Bungus, nilai nitrat tercatat sebesar  $1 \times 10^1$  mg/L dan 8mg/L pada titik 1, titik 2 dan titik 3. Di Pantai Purus, nilai yang sama juga ditemukan pada semua titik. Sementara itu, Pantai Jambak mencatat nilai nitrat sebesar  $1 \times 10^1$  mg/L pada titik 1 dan 9 mg/L pada titik 2 dan pada titik 3 6 mg/L. Semua nilai tersebut berada jauh di atas ambang batas baku mutu air laut untuk wisata bahari yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, yaitu maksimal 0,06 mg/L. Kelebihan nilai nitrat hingga lebih dari nilai baku mutu ini menunjukkan adanya beban nutrien yang sangat tinggi di perairan pantai tersebut. Faktor lain yang mungkin berkontribusi adalah keberadaan pemukiman padat di sekitar kawasan pantai serta kegiatan wisata yang tidak ramah lingkungan.

Beberapa penelitian mendukung temuan ini oleh Rizki et al. (2021) menunjukkan bahwa kadar nitrat dibawah ambang batas menjadi penyebab utama meledaknya populasi alga dan penurunan kadar oksigen dalam air laut. Hal ini sejalan dengan temuan Hamuna et al. (2018) yang melaporkan bahwa masukan nitrat dari daratan menjadi salah satu pemicu utama kerusakan ekosistem pesisir di Papua.

### Fosfat

Berdasarkan hasil uji laboratorium, kadar fosfat pada seluruh lokasi pengamatan tercatat melebihi baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Peraturan No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, yaitu maksimum 0,015 mg/L untuk perairan laut kelas 1 (wisata bahari). Di Pantai Bungus, kadar fosfat berada pada angka 0,038 mg/L untuk titik 1 titik 2 dan titik 3. Di Pantai Purus, konsentrasi fosfat tercatat sebesar 0,035 mg/L pada titik 1 dan meningkat drastis menjadi 0,15 mg/L pada titik 2. Sementara itu, di Pantai Jambak, nilai fosfat mencapai 0,045 mg/L di titik 3 dan 0,077 mg/L di titik 2. Nilai-nilai ini mengindikasikan bahwa terjadi akumulasi fosfat yang signifikan di seluruh kawasan pantai wisata yang diamati.

Pantai Purus titik 2 menunjukkan kondisi terparah, dengan nilai fosfat mencapai sepuluh kali lipat lebih tinggi dari batas baku mutu. Ini mengindikasikan kemungkinan adanya sumber pencemar yang lebih intensif di area tersebut, seperti saluran drainase atau aliran sungai kecil yang bermuara langsung ke laut.

Hasil pengelitian oleh Affan (2010) menyatakan bahwa tingginya fosfat di perairan pesisir merupakan indikasi langsung dari akumulasi limbah organik dan bahan pencemar berbasis fosfor. Hal ini didukung pula oleh Kadim et al. (2017) yang menemukan korelasi kuat antara konsentrasi fosfat tinggi dengan penurunan jumlah dan keanekaragaman fitoplankton di perairan Teluk Gorontalo. Disisi lain, kajian di waduk jatigede oleh Yusal et al. (2025) menjelaskan bahwa tingginya phosphate (0,078-0,122 mg/L) berkorelasi dengan ledakan fitoplankton, mendukung dugaan adanya eutrofikasi di perairan kita hal ini menunjukkan bahwa pola nutrient tinggi di lokasi penelitian mirip dengan kondisi pesisir dan perairan tertutup lainnya di Indonesia.

### Amonia

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, batas maksimum kandungan amoniak bebas dalam perairan laut untuk kegiatan wisata bahari adalah 0,3 mg/L. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar titik pengamatan memiliki kadar amoniak di bawah ambang batas, kecuali pada satu titik yang menunjukkan pencemaran cukup serius. Di Pantai Bungus, nilai amoniak di kedua titik terdeteksi  $<0,1$  mg/L, yang berarti aman dan tidak melebihi batas baku mutu. Kondisi serupa juga ditemukan di Pantai Jambak, dengan nilai amoniak  $<0,1$  mg/L pada kedua titik pengamatan.



Namun berbeda dengan halnya hasil penelitian di Pantai Purus, di mana titik 2 menunjukkan nilai amoniak yang sangat tinggi yaitu 1 mg/L, jauh melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Angka ini lebih dari tiga kali lipat dari batas maksimum, yang menandakan adanya beban pencemar organik yang kuat di lokasi tersebut. Peningkatan tajam ini mungkin disebabkan oleh pembuangan limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik, seperti air limbah dari pemukiman padat, aktivitas wisata yang tidak ramah lingkungan, atau aliran air dari selokan yang langsung masuk ke laut tanpa melalui proses pengolahan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Kusumastuti et al. (2022) dalam studi tentang Sungai Mahakam menyatakan bahwa amonia merupakan salah satu parameter yang paling cepat meningkat akibat aktivitas domestik yang tidak terkelola dengan baik. Temuan serupa dikemukakan oleh Bonnin (2008) yang menegaskan bahwa amonia bersifat akut terhadap ikan dan dapat menurunkan kemampuan organisme untuk bertahan hidup. Amonia juga bersifat toksik terutama dalam bentuk  $\text{NH}_3$  bebas yang meningkat pada suhu dan pH tinggi.

#### pH

Hasil pengukuran di tiga pantai wisata pesisir Kota Padang, seluruh titik pengamatan menunjukkan nilai pH yang masih berada dalam ambang batas baku mutu, namun dengan variasi yang perlu dicermati. Di Pantai Bungus, pH tercatat sebesar 8,08 pada titik 1 dan 8,15 pada titik 2 dan titik 3 sebesar 8,03, menunjukkan kondisi air laut yang relatif stabil dan mendekati netral ke basa ringan, sesuai dengan karakteristik perairan laut tropis yang sehat. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, nilai pH ideal untuk perairan laut kelas 1 (wisata bahari) berada dalam rentang 7,0 hingga 8,5.

Di Pantai Jambak, nilai pH berkisar antara 7,78 pada titik 1 hingga 8,12 pada titik 2 dan titik 3 8,41 juga masih dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan biota laut, termasuk terumbu karang dan fitoplankton. Namun, sedikit penurunan pH di titik 1 perlu dimonitor karena bisa menjadi indikasi awal perubahan kualitas perairan akibat proses biologis seperti peningkatan respirasi atau peluruhan bahan organik.

Sementara itu, Pantai Purus menunjukkan nilai pH yang mendekati batas bawah, yaitu 7,5 pada titik 1 dan 7,51 pada titik 2 dan titik 3 8,2. Meskipun masih dalam batas aman, pH ini menunjukkan bahwa perairan mulai mengalami penurunan alkalinitas, yang kemungkinan disebabkan oleh masuknya bahan organik atau senyawa asam dari aktivitas manusia di sekitar pantai.

Temuan ini di perkuat oleh Dojlido dan Best (1993), pH air laut normal berkisar antara 7,5–8,4 dan perubahan kecil saja dapat berdampak besar terhadap metabolisme biota laut. Sementara itu, Rizki et al. (2015) juga mencatat bahwa pH air di daerah pesisir cenderung fluktuatif akibat pencemaran organik dan aktivitas manusia. Ismanto et al. (2023) menyebut bahwa perubahan ph meskipun kecil, dapat berdampak signifikan pada stabilitas enzim dan metabolismen biota laut.

#### Dissolved Oxygen (DO)

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, untuk perairan laut, konsentrasi DO minimal adalah 5 mg/L. Berdasarkan hasil pengukuran di tiga pantai wisata pesisir Kota Padang, Pantai Bungus menunjukkan nilai DO yang baik, yaitu 6,07 mg/L pada titik 1 dan 5,99 mg/L pada titik 2 dan 5,27 pada titik 3. Nilai ini berada di atas ambang batas minimum, menandakan bahwa perairan di Bungus masih memiliki daya dukung ekologis yang sehat, cukup untuk menunjang kehidupan organisme laut seperti ikan, terumbu karang, dan plankton.

Di Pantai Jambak, nilai DO bervariasi dari 6,13 mg/L pada titik 1 hingga 5,65 mg/L pada titik 2 dan pada titik 3 5,54 mg/L. Kedua nilai tersebut masih dalam rentang aman dan

menunjukkan bahwa kondisi oksigenasi air masih mencukupi bagi biota laut. Perbedaan sedikit antar titik dapat disebabkan oleh variasi kondisi arus, gelombang, dan vegetasi laut (seperti keberadaan lamun atau alga).

Namun, Pantai Purus menunjukkan nilai DO yang lebih rendah, yakni 4,79 mg/L pada titik 2 dan 5,3 mg/L pada titik 1 serta di titik 3 4,68 mg/L. Khusus pada titik 2, nilai DO ini berada di bawah batas baku mutu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perairan di titik tersebut mulai mengalami penurunan kualitas akibat tingginya bahan pencemar organik, seperti fosfat dan amonia, yang diketahui dapat menurunkan kandungan oksigen dalam air karena proses dekomposisi dan respirasi mikroba yang intensif.

Kondisi ini juga konsisten dengan temuan sebelumnya bahwa Pantai Purus titik 2 memiliki kadar amonia dan fosfat paling tinggi, yang dapat mempercepat proses eutrofikasi dan mengurangi konsentrasi oksigen terlarut. Hasil ini diperkuat oleh penelitian Madyawan et al. (2020) menyebutkan bahwa DO adalah indikator utama kualitas lingkungan perairan.

Lingkungan perairan karena berkaitan langsung dengan kelangsungan hidup biota. Hamuna et al. (2018) juga mengkonfirmasi bahwa nilai DO di bawah 5 mg/l sering diasosiasikan dengan zona mati (dead zone) di wilayah perairan pesisir yang tercemar.

### Analisis Parameter Fisika Suhu

Berdasarkan baku mutu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII eksplisit untuk suhu air laut, umumnya suhu ideal untuk ekosistem laut tropis berkisar antara 28°C hingga 30°C. Rata-rata suhu perairan pada titik-titik pengamatan berada dalam kisaran 28– 31,5°C. Suhu tertinggi ditemukan di Pantai Jambak titik 1 (31,4°C), yang sedikit melebihi ambang batas atas baku mutu. Suhu yang tinggi dapat memperburuk stres termal pada organisme laut dan mempercepat laju metabolisme, memperparah kekurangan oksigen dalam perairan. Suhu yang tinggi dapat menurunkan kelarutan oksigen dalam air dan mempercepat proses metabolisme organisme yang dapat berdampak negatif pada produktivitas dan reproduksi.

Menurut Penelitian oleh Effendi (2000), peningkatan suhu mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut dan peningkatan toksitas senyawa pencemar. Hal ini diperkuat oleh Salim et al. (2017) yang menemukan bahwa peningkatan suhu air laut akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia berkontribusi besar terhadap degradasi kualitas perairan pesisir.

### Kecerahan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, tidak ditetapkan batas numerik kecerahan secara eksplisit, namun untuk perairan wisata bahari diharapkan kecerahan tinggi (idealnya > 5 meter) agar kenyamanan wisatawan dan produktivitas ekosistem tetap terjaga. namun Pantai Purus dan Jambak memiliki tingkat kecerahan rendah (<1 meter) yang menunjukkan adanya peningkatan partikel tersuspensi seperti lumpur, sampah organik, dan zat terlarut lainnya. Penurunan kecerahan berpengaruh negatif pada fotosintesis organisme autotrofik seperti fitoplankton dan lamun.

Penelitian ini sejalan dengan Faisal et al. (2022) mencatat bahwa rendahnya kecerahan di perairan pantai mengindikasikan masuknya limbah padat dan sedimen dari daratan. Salim et al. (2017) menyatakan bahwa turunnya tingkat kecerahan berdampak langsung pada efisiensi fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan bawah laut seperti lamun

### Kekeruhan

Kekeruhan yang tinggi dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dasar laut, mengganggu proses fotosintesis, serta menurunkan kualitas estetika dan kenyamanan perairan wisata. Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII, nilai ambang batas kekeruhan untuk perairan laut kelas 1 (wisata bahari) adalah maksimum 5 NTU.

Pantai Jambak menunjukkan nilai kekeruhan tinggi sebesar 20,6 NTU, jauh melebihi



baku mutu (5 NTU). Ini mengindikasikan tingginya partikel tersuspensi di dalam air yang berasal dari erosi, sedimen, dan aktivitas manusia. Kekeruhan tinggi dapat menghambat penetrasi cahaya, menutupi insang ikan, dan menyebabkan kematian organisme bentik.

Penelitian ini dibenarkan oleh Ernawati dan Restu (2021) menegaskan bahwa tingginya kekeruhan di perairan pesisir merupakan akibat langsung dari aktivitas manusia seperti penggerukan, pengurukan, dan pencucian limbah domestik. Nanda et al. (2023) juga menemukan bahwa kekeruhan erat kaitannya dengan pencemaran dari limbah rumah tangga dan sedimentasi berlebihan di kawasan pesisir urban.

### **Analisis Parameter Biologi Mangrove**

Pantai Bungus memiliki ekosistem mangrove yang relatif terjaga walau terbatas. Pantai Purus tidak ditemukan vegetasi mangrove, sementara Pantai Jambak menunjukkan adanya upaya rehabilitasi mangrove. Beberapa Penelitian mendukung temuan ini oleh Wulandari (2023) menyatakan bahwa mangrove berfungsi sebagai penyaring alami bahan pencemar serta pelindung kawasan pesisir dari intrusi air laut. Majid et al. (2016) juga menyimpulkan bahwa rusaknya vegetasi mangrove berkorelasi dengan meningkatnya sedimentasi dan penurunan kualitas air.

### **Lamun**

Padang lamun yang padat ditemukan di Pantai Bungus, yang menunjukkan kualitas substrat dan transparansi air yang relatif baik. Sebaliknya, di Pantai Purus tidak ditemukan lamun, dan di Pantai Jambak pertumbuhannya sangat jarang dan tersebar. Hilangnya lamun sering kali berkaitan dengan sedimentasi berlebih dan aktivitas wisata yang tidak terkontrol.

### **Terumbu Karang**

Struktur terumbu karang hanya ditemukan di Pantai Bungus meski sudah mulai tertekan oleh aktivitas manusia. Di Pantai Jambak, sebagian besar karang telah mati dan pecah, sedangkan di Pantai Purus tidak ditemukan. Hal ini memperlihatkan tingkat kerusakan ekosistem yang tinggi akibat pencemaran dan gangguan mekanis (misalnya, pembuangan jangkar, limbah, atau pemutihan karang karena perubahan suhu dan pH).

### **Analisis Perhitungan Status Batu Muku dengan Metode Indeks Pencemaran Per Parameter**

Penilaian kualitas air di lokasi penelitian dan dilakukan menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, dengan mengacu pada baku mutu air laut dan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII. Penilaian ini mempertimbangkan parameter kimia, fisika, dan sebagian biologis sesuai ketersediaan data. Metode ini digunakan untuk menilai sejauh mana parameter kualitas air melebihi ambang batas dan memberikan klasifikasi mutu lingkungan perairan.

#### **Indeks Pencemaran Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 1**

Penilaian mutu air laut di Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 1 menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP), yang menghitung beban pencemaran (Li) berdasarkan hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu sesuai peraturan pemerintah.

Berdasarkan hasil perhitungan Indeks Pencemaran (IP) pada Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 1, diperoleh nilai IP sebesar 118,33, yang mengindikasikan bahwa perairan di lokasi tersebut masuk dalam kategori sangat tercemar sesuai klasifikasi Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Nilai pencemaran tertinggi diperoleh dari parameter nitrat dengan nilai Li sebesar 166,67, yang tergolong sangat tercemar, diikuti oleh fosfat dengan nilai Li sebesar 2,53 dalam kategori tercemar ringan. Parameter seperti amoniak, DO, suhu, kecerahan, dan kekeruhan masih berada pada kondisi baik hingga normal.

#### **Indeks Pencemaran Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 2**



Penilaian mutu air laut di Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 2 dilakukan dengan metode IP. Nilai Li dihitung berdasarkan hasil uji dan dibandingkan dengan baku mutu. Berdasarkan hasil analisis di Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 2, diperoleh nilai IP sebesar 118,33, yang tergolong dalam kategori sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.

Nilai IP yang tinggi terutama disebabkan oleh tingginya nitrat ( $Li = 166,67$ ) yang menunjukkan kondisi sangat tercemar, serta fosfat ( $Li = 2,53$ ) yang masuk kategori tercemar ringan. Sementara itu, parameter amoniak, DO, kecerahan, dan kekeruhan berada pada kondisi baik hingga jernih, sedangkan suhu sedikit lebih tinggi dari ambang batas normal ( $Li = 1,03$ ), namun masih dapat ditoleransi oleh ekosistem.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 3**

Penilaian mutu air laut di Stasiun 1 Pantai Bungus Titik 3 menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP), yang menghitung beban pencemaran (Li) berdasarkan hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu sesuai peraturan pemerintah. Nilai Li tiap parameter dan klasifikasi tingkat pencemarannya. Berdasarkan hasil perhitungan indeks pencemaran, diperoleh nilai IP sebesar 90,02 yang menunjukkan bahwa perairan di titik 3 Pantai Bungus berada dalam kategori sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.

Nilai pencemaran tertinggi berasal dari parameter nitrat (8 mg/L) yang menghasilkan nilai Li sebesar 133,33, jauh melebihi ambang batas baku mutu 0,06 mg/L. Parameter fosfat juga memberikan kontribusi besar dengan nilai Li 23,33. Meskipun parameter DO, suhu, dan kecerahan masih berada dalam kategori baik hingga cukup, tingginya konsentrasi nutrien menunjukkan adanya tekanan pencemaran dari limbah domestik atau aktivitas manusia di sekitar kawasan pantai.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 2 Pantai Purus Titik 1**

Mutu air di Stasiun 2 Pantai Purus Titik 1 dianalisis menggunakan metode IP. Perhitungan nilai Li didasarkan pada hasil pengamatan dan standar baku mutu nilai beban pencemaran per parameter dan klasifikasinya. Berdasarkan hasil perhitungan indeks pencemaran (IP) di Pantai Purus Titik 1, diperoleh nilai IP sebesar 111,50, yang tergolong dalam kategori sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.

Parameter dengan nilai Li tertinggi adalah kecerahan ( $Li = 151,52$ ) dan nitrat ( $Li = 150,00$ ), yang keduanya termasuk dalam klasifikasi sangat tercemar. Parameter fosfat menunjukkan kondisi tercemar ringan ( $Li = 2,20$ ), sedangkan amoniak, DO, dan kekeruhan masih dalam kategori baik hingga jernih. Nilai suhu sebesar 1,05 tergolong sedikit tinggi, namun masih dalam ambang batas toleransi ekologis.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 2 Pantai Purus Titik 2**

Pengukuran kualitas air di Stasiun 2 Pantai Purus Titik 2 dihitung menggunakan metode IP. Nilai Li diperoleh dari perbandingan nilai hasil uji dan baku mutu. Berdasarkan hasil perhitungan indeks pencemaran (IP) di Stasiun 2 Pantai Purus Titik 2, diperoleh nilai sebesar 36,79, yang menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 termasuk dalam kategori tercemar ringan. Meskipun nilai IP lebih rendah dibandingkan titik-titik sebelumnya, beberapa parameter menunjukkan kondisi yang memerlukan perhatian, terutama nitrat dan kecerahan, yang masing-masing memiliki nilai Li sebesar 150,00 dan 151,52, sehingga dikategorikan sangat tercemar.

Selain itu, fosfat juga berada pada kategori tercemar ringan ( $Li = 2,20$ ), sementara parameter lainnya seperti amoniak, DO, dan kekeruhan berada dalam kategori baik hingga jernih, dan suhu tergolong sedikit tinggi. Nilai rata-rata beban pencemar (Lr) yang rendah



yaitu 14,39 menjadi faktor utama yang menyebabkan nilai IP secara keseluruhan hanya mencapai tingkat pencemaran ringan.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 2 Pantai Purus Titik 3**

Mutu air di Stasiun 2 Pantai Purus Titik 3 dianalisis menggunakan metode IP. Perhitungan nilai Li didasarkan pada hasil pengamatan dan standar baku mutu beban pencemaran per parameter dan klasifikasinya. Hasil perhitungan menunjukkan nilai IP sebesar 112,56, yang berarti perairan di titik 3 Pantai Purus tergolong sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Parameter dominan penyumbang pencemaran adalah nitrat (10 mg/L; Li = 166,67) dan fosfat (0,45 mg/L; Li = 30,00). Selain itu, tingkat kecerahan sangat rendah (0,033 m; Li = 151,52), menunjukkan air yang sangat keruh dan menghambat penetrasi cahaya.

Parameter lainnya seperti amoniak, DO, dan suhu masih dalam batas wajar, namun tidak cukup untuk menurunkan status pencemaran keseluruhan. Kondisi ini mencerminkan potensi dampak negatif terhadap organisme perairan serta adanya tekanan dari aktivitas manusia, limbah cair, atau drainase kota.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 1**

Penilaian IP di Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 1 dilakukan dengan membandingkan hasil uji kualitas air terhadap baku mutu. Nilai Li dari tiap parameter beserta klasifikasi pencemarannya hasil perhitungan indeks pencemaran (IP) pada Pantai Pasir Jambak Titik 1 menunjukkan nilai sebesar 121,52, yang tergolong dalam kategori sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Nilai IP yang tinggi disebabkan oleh tingginya nilai nitrat (Li = 166,67) dan kecerahan (Li = 121,95), yang keduanya termasuk dalam kategori sangat tercemar, serta fosfat (Li = 2,73) yang dikategorikan sebagai tercemar ringan. Sebaliknya, parameter amoniak, DO, dan kekeruhan menunjukkan kualitas yang baik hingga jernih, sedangkan suhu berada pada kondisi sedikit tinggi namun masih dalam ambang batas toleransi.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 2**

Analisis kualitas air di Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 2 menggunakan pendekatan IP. Nilai Li dihitung berdasarkan parameter yang diukur, dibandingkan dengan baku mutu. Nilai Li dan tingkat pencemaran. Hasil perhitungan indeks pencemaran (IP) pada Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 2 menunjukkan nilai sebesar 47,15, yang tergolong dalam kategori tercemar ringan berdasarkan klasifikasi Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Parameter yang dominan memberi kontribusi terhadap nilai IP adalah kecerahan (Li = 64,94) dan nitrat (Li = 33,33), yang masing-masing berada dalam kategori tercemar berat, sedangkan fosfat (Li = 5,13) dan kekeruhan (Li = 4,12) dikategorikan sebagai tercemar sedang.

Sementara itu, parameter amoniak, DO, dan suhu masih berada pada kondisi baik hingga sedikit rendah, menandakan stabilitas kimia dan kondisi fisik perairan yang relatif mendukung kehidupan organisme laut. Nilai rata-rata beban pencemar (Lr) sebesar 15,12 masih berada dalam ambang batas yang dapat dikendalikan, sehingga walaupun beberapa parameter menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi, secara umum kondisi perairan masih dapat dikategorikan sebagai tercemar ringan.

### **Indeks Pencemaran Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 3**

Penilaian IP di Stasiun 3 Pantai Pasir Jambak Titik 3 dilakukan dengan membandingkan hasil uji kualitas air terhadap baku mutu. Nilai Li dari tiap parameter pada di titik 3 yaitu Pantai Pasir Jambak, diperoleh nilai IP sebesar 58,68, yang juga mengindikasikan bahwa perairan di lokasi ini tergolong sangat tercemar menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.



Parameter nitrat (6 mg/L; Li = 100,00) menjadi kontributor utama pencemaran, disertai nilai fosfat (0,038 mg/L; Li = 2,53) dan kecerahan yang rendah (2 m/Li = 2,50). Sementara itu, parameter amoniak, DO, dan suhu masih dalam kisaran yang memenuhi baku mutu. Meski tingkat pencemarannya lebih rendah dibanding dua stasiun lainnya, kondisi ini tetap menunjukkan adanya tekanan nutrien yang tinggi, berisiko terhadap keseimbangan ekosistem laut dan potensi eutrofikasi jika tidak dikendalikan.

### Indeks Pencemaran Keseluruhan Stasiun

Berdasarkan hasil analisis indeks pencemaran di enam titik pengamatan dari tiga stasiun pantai pesisir Kota Padang, diketahui bahwa lima titik menunjukkan status sangat tercemar (IP > 100), yaitu Stasiun 1 Titik 1 dan Titik 2 (Pantai Bungus), Stasiun 2 Titik 1 (Pantai Purus), Stasiun 2 Titik 3 (Pantai Purus), serta Stasiun 3 Titik 1 (Pantai Pasir Jambak). Tiga titik lainnya, yakni Stasiun 2 Titik 2, Stasiun 3 Titik 2 dan Stasiun 3 Titik 3 termasuk dalam kategori tercemar ringan.

Hasil ini mengindikasikan bahwa secara umum, sebagian besar kawasan pantai yang diteliti mengalami beban pencemaran yang tinggi, terutama disebabkan oleh tingginya kandungan nitrat, fosfat, dan turunnya kualitas kecerahan air. Temuan ini sejalan dengan penilitian oleh Sari et al. (2020) yang menyatakan bahwa tingginya kadar nitrat dan fosfat di wilayah pesisir dipicu oleh limbah domestik dan aliran permukaan yang mengandung detergen serta bahan organik, yang berdampak pada penurunan kualitas ekowisata. Putri dan Yuliana (2019) juga menambahkan bahwa aktivitas wisata yang padat memperbesar beban pencemar, terutama dari sampah plastik dan organik yang meningkatkan kekeruhan air. Sementara itu, Rahmadani et al. (2021) menekankan pentingnya pengendalian pencemaran berbasis ekosistem terpadu melalui edukasi masyarakat.

### Berdasarkan Beban Pencemaran Indeks Keseluruhan Titik Stasiun

Berdasarkan hasil analisis data indeks pencemaran (IP) pada metode Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. dari sembilan titik pengamatan di tiga stasiun pantai, diketahui bahwa sebagian besar titik tergolong dalam kategori "sangat tercemar", yaitu dengan nilai IP melebihi 100. Titik-titik tersebut meliputi Stasiun 1 Titik 1 dan Titik 2 (masing-masing IP: 118,33), Titik 3 (94,37), Stasiun 2 Titik 1 (111,50), Titik 3 (112,52), dan Stasiun 3 Titik 1 (121,52). Sementara itu, tiga titik lainnya yaitu Stasiun 2 Titik 2 (36,79), Stasiun 3 Titik 2 (47,15), dan Titik 3 (58,69) berada pada kategori "tercemar ringan".

Tidak ada satu pun titik pengamatan yang menunjukkan kondisi air laut dalam keadaan baik atau tidak tercemar. Parameter yang paling dominan berkontribusi terhadap tingginya nilai IP adalah nitrat dan fosfat, dengan konsentrasi yang jauh melampaui baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004.

## KESIMPULAN

Pantai Purus menunjukkan beban pencemar tertinggi, terutama pada parameter amonia dan nitrat, sedangkan Pantai Bungus memiliki kualitas perairan yang relatif lebih baik. Aktivitas manusia yang tidak terkendali menjadi penyebab utama masuknya bahan pencemar tersebut ke lingkungan laut.

Penilaian kualitas air menggunakan parameter fisika, kimia, dan biologi menunjukkan bahwa status pencemaran perairan di kawasan ekowisata Kota Padang berada dalam kategori tercemar ringan hingga sedang, berdasarkan metode Indeks Pencemaran (IP). Pantai Purus berada pada status paling tercemar, sementara Pantai Bungus dan Jambak masih dalam batas toleransi meskipun beberapa parameter melebihi baku mutu. Hasil ini mengindikasikan bahwa diperlukan pengelolaan yang lebih ketat untuk menjaga keberlanjutan ekosistem



pesan di wilayah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affan, M. (2010). Distribusi fosfat dan nitrat di perairan Pantai Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 2(1), 13–20.
- Badan Pusat Statistik Kota Padang. (2024). Statistik daerah Kota Padang 2024.
- Bonnin, R. A. (2008). Marine ammonia toxicity and its impact on aquatic organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 56(4), 547–552.
- Dewi, M. K. (2022). Pencemaran laut akibat tumpahan batu bara di laut Meulaboh ditinjau dari sudut hukum lingkungan. *JHP17 (Jurnal Hasil Penelitian)*, 6(2), 58–70.
- Dojlido, J., & Best, G. A. (1993). *Chemistry of water and water pollution*. Ellis Horwood.
- Effendi, H. (2000). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Ernawati, L., & Restu, M. (2021). Pengaruh aktivitas manusia terhadap tingkat kekeruhan perairan pesisir Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 37–45.
- Faisal, A., Hidayat, R., & Rasyid, M. (2022). Kecerahan dan pengaruhnya terhadap kehidupan fitoplankton di perairan Muara Sungai Musi. *Jurnal Perairan Tropis*, 11(1), 18–25.
- Faisal, T. M., Bahri, S., Putriningtias, A., & Harahap, A. (2022). Kualitas perairan di daerah pesisir Pulau Ujung Perling, Kota Langsa, Aceh. *Habitus Aquatica*, 2(2), 95–99.
- Gholizadeh, M. H., Melesse, A. M., & Reddi, L. (2016). A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors*, 16(8), 1–26.
- Hamuna, B., Tanjung, H. M., & Mufidah, D. (2018). Kualitas air laut di kawasan pesisir Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 45–52.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). 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.
- Ismanto, H., Zubair, Z., & Karim, M. (2023). Pengaruh fluktuasi pH terhadap stabilitas metabolisme biota laut di perairan tropis. *Jurnal Ekosistem Laut Tropika*, 9(1), 25–34.
- Kadim, M. A., Rumengan, I., & Mantiri, D. M. (2017). Hubungan antara kadar fosfat dengan keanekaragaman fitoplankton di Teluk Gorontalo. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 9(2), 64–73.
- Kadim, M. K., Pasisingi, N., & Paramata, A. R. (2017). Kajian kualitas perairan Teluk Gorontalo dengan menggunakan metode STORET. *Depik*, 6(3), 235–241.



- Kusumastuti, M., Sitorus, S., & Gunawan, R. (2022). Determination of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) levels in Mahakam River water using spectrophotometer with phenate method. *Jurnal Atomik*, 7(1), 43–46.
- Madyawan, A., Suwardi, W., & Fadillah, R. (2020). Pengaruh DO terhadap kehidupan organisme perairan di Muara Sungai Kapuas. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 15(2), 27–35.
- 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), 270–278.
- Majid, I., Henie, M., Al, I., Rohman, F., & Syamsuri, I. (2016). Konservasi hutan mangrove di pesisir pantai kota. *BIOeduKASI*, 4(2), 1–10.
- Majid, M. R., Salim, S. A., & Faridah, H. (2016). Kerusakan vegetasi mangrove dan dampaknya terhadap sedimentasi pantai. *Jurnal Ekologi Pesisir*, 7(1), 40–49.
- Najamuddin, N., Kasim, I. J., Baksir, A. E., Paembonan, R., Tahir, I., & Ridwan Lessy, M. (2020). Kualitas perairan dan status pencemaran perairan pantai Kota Ternate. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 3(1), 35–45.
- Nanda, M., Fitri, A., Purba, H., Gultom, K., Sari, K. S., Muthmainah, N., & Ramadhan, F. (2023). Analisis parameter fisik (kekeruhan, bau, rasa) dan uji kandungan besi (Fe) pada sumur gali dan sumur bor di Kelurahan Bantan, Kecamatan Medan Tembung. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(3), 2993–2997.
- Nanda, S., Hardika, M., & Putri, I. (2023). Kekeruhan dan pencemaran perairan pesisir akibat limbah domestik di Kota Makassar. *Jurnal Sains Kelautan Tropis*, 10(1), 32–40.
- Nugroho, M. T. R. (2021). Analisis status kualitas perairan pesisir laut dengan menggunakan indeks pencemaran (IP) pada berbagai aktivitas masyarakat di Kota Parepare [Skripsi, Universitas Hasanuddin].
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021 tentang Penanggulangan Pencemaran di Perairan dan Pelabuhan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Republik Indonesia. (2003). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Status Mutu Air.
- Rizki, T. Y., Camellia, T., & Setiawan, A. (2015). Variasi pH di perairan Indonesia. Dalam Bunga Rampai Oseanografi Operasional di Indonesia: Satu Dekade Balai Penelitian dan Observasi Laut 2005–2015 (pp. 27–37).
- Rizki, Y. R., Maulana, F., & Rahayu, D. (2015). Pengaruh aktivitas manusia terhadap nilai pH air laut di kawasan pesisir Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Indonesia*, 6(2), 20–27.
- Rizki, Y., Anshari, G., & Nugroho, R. (2021). Dampak peningkatan nitrat terhadap ledakan

- alga dan penurunan DO di pesisir Kalimantan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 91–99.
- Salim, D., Yulyianto, Y., & Baharuddin, B. (2017). Karakteristik parameter oseanografi fisika-kimia perairan Pulau Kerumputan, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*, 2(2), 218–228.
- Sugiyono. (2008). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Suharto, S., Septiyawati, F., & Yanuarita, D. (2019). Kajian kualitas air dan indeks pencemaran wilayah pesisir Kota Makassar. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1(1), 19–26.
- Wulandari, C. (2023). Potensi ekosistem mangrove untuk mewujudkan kawasan pesisir berkelanjutan di Desa Wedung, Kabupaten Demak. *Jurnal Pengabdian, Riset, Kreativitas, Inovasi, dan Teknologi Tepat Guna*, 1(2), 81–92.
- Wulandari, N. (2023). Peran ekosistem mangrove dalam perlindungan pesisir dan pengurangan pencemaran. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 13(1), 56–63.
- Yandi, M., Arlius, D., Damanhuri, H., Aisyah, S., Desmiati, I., & Rustam, D. (2023). Pemetaan partisipatif masyarakat pada kawasan ekowisata bahari Pulau Cingkuak di Kabupaten Pesisir Selatan. *JA'FAR: Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 1(1), 21–26.
- Yusal, A., Santosa, D. A., & Wiratno, D. (2025). Korelasi kandungan fosfat dengan eutrofikasi di Waduk Jatigede. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1), 140–152.
- Yusal, M. S. (2021). Studi potensi eutrofikasi di pesisir Losari Makassar. *Jurnal Enggano*, 6(2), 348–357.

