



Abstrak

BAB I PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan zona pelestarian antara daratan dan lautan yang memiliki nilai ekologis, ekonomi, dan sosial yang sangat penting. Pelabuhan yang dibangun di wilayah pesisir cenderung berkembang pesat seiring meningkatnya kebutuhan perdagangan dan mobilitas barang. Namun, aktivitas seperti bongkar muat, sandar kapal, pengisian bahan bakar, serta pembuangan limbah dapat menyebabkan penurunan kualitas perairan dan degradasi ekosistem pesisir (Setiawan et al., 2019). Tingginya intensitas aktivitas manusia menjadikan kawasan pelabuhan sangat dinamis namun rentan terhadap polusi dan kerusakan lingkungan, yang pada akhirnya berdampak pada kesejahteraan masyarakat sekitar (Puspita et al., 2018).

Kualitas perairan merupakan indikator penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut dan mendukung aktivitas sosial ekonomi masyarakat pesisir, termasuk di wilayah pelabuhan. Kualitas perairan merupakan urat nadi kehidupan di wilayah pesisir karena sangat menentukan kesehatan ekosistem dan kesejahteraan masyarakatnya. Air yang bersih menjamin kelestarian terumbu karang, mangrove, dan padang lamun yang menjadi tempat pemijahan ikan, sehingga nelayan dapat terus memperoleh hasil tangkapan yang melimpah dan sehat untuk dikonsumsi. Selain itu, banyak mata pencaharian seperti perikanan maupun budidaya tambak sangat bergantung pada kondisi perairan. Kualitas perairan sebagai cerminan dari kondisi fisik, kimia, dan biologi yang menentukan sejauh mana perairan tersebut dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan oleh manusia maupun makhluk hidup lainnya.

Kualitas perairan dapat diketahui dengan mengukur parameter fisika, kimia, dan biologi, yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan (Pratama et al., 2016). Ketika suatu perairan mengalami pencemaran, maka keseimbangan ekosistem akuatik terganggu, yang ditandai dengan perubahan nilai parameter kualitas seperti suhu, pH, salinitas, amonia, *Total Suspended Solid* (TSS), serta kandungan logam berat dan senyawa berbahaya lainnya (Effendi, 2016). Apabila nilai parameter-parameter ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah seperti yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air maka perairan tersebut dinyatakan telah tercemar (KLHK, 2021).

Salah satu metode umum yang digunakan untuk menilai tingkat polusi adalah Indeks Pencemaran (IP). Metode ini menggabungkan nilai maksimum dan rata-rata rasio konsentrasi parameter terhadap baku mutu, sehingga memberikan gambaran status mutu air secara kuantitatif (Patty et al., 2019). Namun, dataset yang kompleks seringkali sulit diinterpretasikan untuk menentukan variabel utama penyebab penurunan kualitas air. Dalam kondisi data multivariat ini, penggunaan *Principal Component Analysis* (PCA) menjadi solusi statistik yang efektif. PCA bekerja dengan mereduksi dimensi data yang besar menjadi beberapa komponen utama tanpa menghilangkan informasi signifikan, sehingga mampu menyederhanakan hubungan antar parameter kualitas perairan yang saling berkorelasi (Shrestha & Kazama, 2007). Dalam analisis indeks pencemaran, PCA berfungsi untuk mengidentifikasi struktur data dan menentukan kontributor utama (penciri) dari pencemaran yang terjadi, apakah berasal dari aktivitas operasional



atau limbah domestik, sehingga memberikan hasil penilaian yang lebih mendalam (Mustapha et al., 2012).

Pelabuhan Awerange adalah pelabuhan rakyat yang terletak di Kabupaten Iwesi Selatan. Pelabuhan ini memiliki sejarah sebagai pelabuhan pengangkutan kayu dari Kalimantan dan sebagai pelabuhan rakyat antarpulau yang menghubungkan Barru dengan daerah Kalimantan. Pelabuhan ini melayani jalur Awerange – Bontang dan berfungsi sebagai penyeberangan perintis, mendukung mobilitas masyarakat antarpulau dan aktivitas sosial ekonomi di daerah sekitar. Tingginya aktivitas manusia di sekitar lingkungan perairan akan mempengaruhi kualitas air (Farizi et al., 2023). Adanya pemukiman di sekitar Pelabuhan Awerange juga menjadi sumber menurunnya kualitas perairan akibat limbah buangan rumah tangga yang langsung dibuang ke laut (Ningsih, 2018).

Kompleksitas aktivitas di Pelabuhan Awerange tersebut menciptakan tantangan besar dalam menjaga stabilitas ekosistem perairan. Adanya tumpang tindih antara limbah operasional kapal dan limbah domestik memerlukan sebuah kajian evaluatif untuk sejauh mana polutan telah mempengaruhi kualitas perairan. Dalam konteks ini, analisis parameter kualitas air yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 menjadi langkah mendasar untuk mengidentifikasi apakah kondisi perairan saat ini masih memenuhi standar keamanan bagi kehidupan biota dan kebutuhan manusia. Mengingat banyaknya variabel yang terlibat, penggunaan metode Indeks Pencemaran (IP) yang didukung analisis PCA menjadi sangat krusial dilakukan. Oleh karena itu, mengingat dampak buruk yang dapat ditimbulkan pada organisme laut dan masyarakat di wilayah pesisir Kabupaten Barru, maka penelitian mengenai status kualitas perairan di sekitar Pelabuhan Awerange berdasarkan Indeks Pencemaran sangat penting dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kategori tingkat pencemaran suatu kawasan, yang nantinya dapat dijadikan dasar dalam menyusun strategi pengelolaan lingkungan guna mengairi perairan di kawasan Pelabuhan Awerange.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis status mutu dan tingkat pencemaran perairan di sekitar Pelabuhan Awerange Kabupaten Barru dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP).
2. Menganalisis parameter penciri yang memengaruhi kualitas perairan di sekitar Pelabuhan Awerange melalui *Principal Component Analysis* (PCA).

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan rujukan dan basis data ilmiah bagi pemerintah atau instansi terkait dalam menentukan kebijakan pengelolaan lingkungan dan pengawasan aktivitas di kawasan Pelabuhan Awerange agar tetap sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku, serta memberikan informasi bagi masyarakat pesisir mengenai kondisi kesehatan lingkungan perairan yang secara langsung berdampak pada kualitas sumber daya laut dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada ekosistem di sekitar Pelabuhan Awerange Kabupaten Barru.

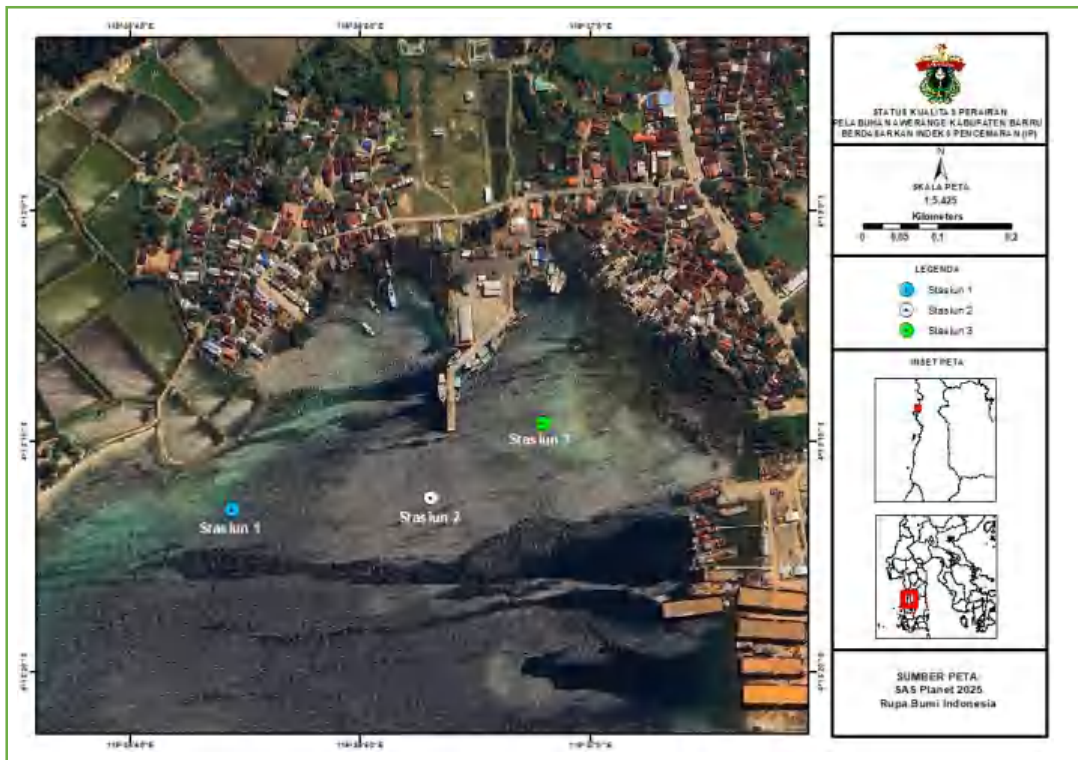


BAB II

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni - Juli 2025 di sekitar Pelabuhan Awerange Kabupaten Barru. Penentuan stasiun dilakukan secara keterwakilan (*representative sampling*). Sementara analisis sampel air laut dengan parameter yang diuji berupa TSS dan Amoniak dilakukan di Laboratorium Produktivitas & Kualitas Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, pengukuran konsentrasi Logam Cu dilakukan di Laboratorium Lingkungan PT. Global Environment Cabang Makassar, dan analisis mikrobiologi Total Coliform dilakukan di Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral, Logam, dan Maritim.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Kawasan Sekitar Pelabuhan Awerange Barru)

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No.	Alat	Kegunaan
1	Perahu	Transportasi pengambilan sampel
2	GPS	Penentuan titik koordinat



	ol sampel 1 L dan) mL	Penyimpan sampel air
	meter digital)9100)	Pengukur DO (kadar oksigen terlarut)
5	<i>Water quality tester</i> (EZ9909)	Pengukur suhu, salinitas, pH
6	<i>Coolbox</i>	Penyimpan sampel air sebelum uji laboratorium
7	<i>Secchi disk</i>	Pengukur kecerahan
8	Layang-layang arus	Pengukur kecepatan arus
9	Kompas	Penentu arah
10	<i>Stopwatch</i>	Penghitung waktu
11	Pipet tetes	Mengambil dan memindahkan larutan
12	Labu semprot	Menyemprotkan larutan akuades
13	Kertas saring Whatman 1,5 μm	Menganalisis TSS
14	Cawan Buchner	Menganalisis TSS
15	Pompa vakum	Menganalisis TSS
16	Gelas ukur	Menentukan banyaknya (volume) air
17	Gelas kimia	Meletakkan sampel air, aquades dan larutan
18	Oven	Mengeringkan sampel dan kertas saring
19	Desikator	Mendinginkan kertas saring
20	Timbangan digital	Menimbang sampel
21	Cawan petri	Wadah membiakkan bakteri
22	Tabung durham	Mendeteksi dan menangkap gas yang dihasilkan
23	Tabung reaksi	Wadah menampung, mencampur sampel
24	Inkubator	Menyediakan lingkungan terkontrol
25	Laminar air flow (LAF)	Melindungi sampel dari kontaminasi udara
26	Mikropipet	Mengambil dan memindahkan sampel
27	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS)	Menganalisa kandungan logam pada sampel

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Bahan	Kegunaan
1	Air laut	Sampel uji
2	Aquades	Sterilisasi alat dan bahan
3	Kertas saring whatmann 0,45 μm	Penyaring sampel uji
4	Lateks	Pelindung tangan
5	Pereaksi amoniak	Pengukuran amoniak
6	<i>Tissue</i>	Mengkalibrasi alat
7	Larutan pengencer	Pengenceran sampel tingkat lanjut



Penelitian

pan Penelitian

an persiapan ini yaitu meliputi konsultasi dengan dosen pembimbing, studi literature, dan pengumpulan informasi mengenai kondisi umum dari lokasi penelitian, penentuan metode penelitian, survei awal ke lokasi penelitian, serta mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian baik itu di lapangan maupun di laboratorium.

2.3.2 Penentuan Titik Lokasi Penelitian

Penelitian ini di lakukan di Sekitar Pelabuhan Awerange Kabupaten Barru yang dilakukan secara keterwakilan (*representative sampling*) diterapkan dengan mempertimbangkan karakteristik kualitatif objek sampel yang dapat mewakili perairan secara umum. Terdapat sebanyak tiga stasiun pengamatan (Gambar 1 dan Tabel 3) dengan masing-masing tiga ulangan, yang ditentukan dengan jarak antar stasiun 500 m dan jarak dari daratan terdekat ± 100 m.

Tabel 3. Koordinat Lokasi Penelitian

Stasiun	Koordinat	Keterangan
Stasiun 1	4°13.222'S 119°36.738'E	Terletak di sekitar daerah tambak
Stasiun 2	4°13.211'S 119°36.881'E	Terletak di area pelabuhan
Stasiun 3	4°13.157'S 119°36.969'E	Terletak di sekitar pemukiman penduduk

2.3.3 Tahap Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada setiap stasiun. Tahap ini dilakukan dengan cara sampel yang diambil merupakan bagian permukaan air dengan menggunakan botol sampel berukuran 1 L untuk pengujian amoniak dan TSS. Sementara untuk sampel logam dan bakteri menggunakan botol sampel volume 250 mL. Selanjutnya, pengambilan sampel dilaksanakan dengan cara botol di miringkan sebesar 45° dan diisi sampai penuh. Selanjutnya dilakukan pemberian tanda dan simpan kedalam *cool/box* untuk selanjutnya di analisis di laboratorium.

2.3.4 Pengukuran Parameter Lingkungan

Pada penelitian ini ada beberapa parameter yang diukur secara langsung di lokasi penelitian (*in situ*) dan di laboratorium (*ex situ*). Pengukuran parameter disesuaikan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI). Berikut beberapa pengukuran parameter yang digunakan yakni:

2.3.4.1 Suhu, Salinitas, pH

Pengukuran suhu, salinitas dan pH menggunakan alat *water quality tester*. Alat dikalibrasi dengan cara membilas elektroda menggunakan akuades lalu dikeringkan dengan kertas tisu. Kemudian mengukur bahan uji dengan cara mencelupkan elektroda sampai alat menunjukkan hasil pembacaan yang tetap lalu catat nilai yang diperoleh.



Kecepatan arus dihitung menggunakan kompas dan *stopwatch* dengan layang-layang arus hingga tali pada layang-layang arus regang atau lurus tertentu. Arah arus diketahui menggunakan kompas bidik searah dengan tali layang-layang arus tersebut. Pengukuran arah dan kecepatan arus dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada setiap stasiun. Untuk menghitung kecepatan arus dapat menggunakan rumus menurut Santika (2024) di bawah ini :

$$V = \frac{S}{t}$$

Keterangan:

- V : Kecepatan arus (m/detik)
 S : Panjang lintasan layang-layang arus (m)
 t : Waktu tempuh layang-layang arus (detik)

2.3.4.3 Kecerahan

Pengukuran kecerahan dilakukan dengan menggunakan *secchi disk* yang diikat dengan tali kemudian diturunkan perlahan-lahan ke dalam perairan pada lokasi pengamatan sampai pada batas visual *secchi disk* tersebut tidak dapat terlihat lalu mengukur panjang tali dan mencatat posisi pengambilan data. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus (Lubis et al., 2020):

$$\text{Kecerahan} = \frac{D1+D2}{2}$$

Keterangan:

- D1 = kedalaman tidak tampak (m)
 D2 = kedalaman tampak (m)

2.3.4.4 Total Suspended Solid (TSS)

Pengujian TSS disesuaikan dengan standar SNI 6989.3.2019 dilakukan dengan 2 tahap pengujian secara gravimetri yakni dengan menimbang berat residu sampel uji yang tertahan pada kertas saring dan telah dikeringkan sebelumnya hingga diperoleh berat tetap. Pada tahap pertama, kertas saring yang berukuran 1,5 μm ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan berat awal sampel. Kemudian membilas kertas saring dengan air suling sebelum diletakkan ke dalam cawan petri untuk dimasukkan ke dalam oven sekitar ± 1 jam. Setelah itu, kertas saring didinginkan menggunakan desikator sekitar ± 10 menit lalu ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Pada tahap kedua, melakukan penyaringan menggunakan pompa vakum dengan menempatkan kertas saring yang telah diketahui berat awalnya di atas cawan buchner. Kemudian, homogenkan sampel air laut sebanyak ± 500 mL terlebih dahulu sebelum disaring. Setelah penyaringan selesai, kertas saring yang telah berisi residu dipindahkan secara perlahan ke cawan petri lalu dikeringkan menggunakan oven selama ± 2 jam. Kertas saring yang telah kering kemudian didinginkan menggunakan desikator. Setelah itu, kertas saring yang telah berisi residu ditimbang kembali menggunakan timbangan



mendapatkan berat akhir. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus Inarsih *et. al.*, (2016) sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{C}$$

Keterangan:

A = berat kertas saring berisi residu (mg)

B = berat kertas saring kosong (mg)

C = volume sampel air (L)

2.3.4.5 Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran kadar DO dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat DO meter digital. Pengukuran DO dilakukan di lapangan dengan cara sampel air yang diambil dimasukkan kedalam botol sampel. Sebelum digunakan, alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan akuades, kemudian tap alat menggunakan tisu, lalu mencelupkan alat kedalam botol yang berisi sampel air dan tunggu hingga muncul angka yang tertera pada alat tersebut setelah muncul catat nilai yang diperoleh.

2.3.4.6 Logam Tembaga (Cu)

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif dan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) sesuai dengan SNI 6989-84:2019. Masukkan 100 mL sampel yang telah dihomogenkan kedalam gelas piala. Tambahkan 5 mL asam nitrat. Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering. Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling. Setelah itu, masukkan sampel uji ke dalam SSA nyala kemudian ukur serapan panjang gelombangnya. Adapun perhitungan untuk mendapatkan nilai konsentrasi logam Cu menurut Mahdiyah & Rahmadani (2025) sebagai berikut:

$$\text{Cu (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan:

C: konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L).

Fp: faktor pengenceran.

2.3.4.7 Amoniak

Pengukuran kadar amoniak (NH₃) menggunakan standar SNI 06-6989.30-2005 atau penentuan secara *Nessler* menggunakan alat spektrofotometer, yaitu alat yang mengukur energi relatif yang ditransmisi, direfleksi, atau di emisi sebagai fungsi panjang gelombang (Mustikaningrum, 2015). Sampel sebanyak 15 ml diencerkan dengan 15 ml aquades, selanjutnya ditambahkan sebanyak 1 – 2 tetes garam brosel dan 1 ml pereaksi nessler untuk mendapatkan reaksi yang sempurna. Kadar amoniak kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm.



Coliform

coliform menurut SM APHA 24th 9221.B,2023 dengan menggunakan 1. Pengukuran ini terbagi 2 tahap yakni uji pendugaan *coliform* (*presumptive*) dan uji penegasan *coliform* (*confirmed coliform*) dengan sampel air sebanyak 25 mL. Pertama uji pendugaan coliform dengan menyiapkan pengenceran sebanyak 10² dengan cara melarutkan 1 mL larutan 10¹ ke dalam 9 mL larutan pengencer. Kemudian memindahkan ke dalam media *lactose broth* sebanyak 1 mL larutan pengencer ke dalam 5 seri *tabung lauryl tryptose Broth* (LTB) yang berisi tabung durham menggunakan pipet. Setelah itu, inkubasi tabung tersebut selama ±48 jam dengan suhu 35°C. Perhatikan gas yang terbentuk setelah inkubasi 24 jam dan kembali diinkubasi tabung negatif selama 24 jam. Tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung durham. Uji penegasan coliform dengan cara menginokulasikan tabung-tabung LTB yang positif ke tabung BLGB *Broth* yang berisi tabung durham dengan menggunakan jarum ose selama ±48 jam dengan suhu 35°C. Kemudian tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung durham. Adapun perhitungan untuk penentuan coliform menurut Safitri *et. al.*, (2018) sebagai berikut:

$$\text{Nilai uji coliform} = \text{MPN} \times \frac{1}{\text{Pengenceran Teng} \quad (10^{-3})}$$

2.3.4.9 Indeks Pencemaran

Penentuan Indeks Pencemaran dilakukan dengan membandingkan konsentrasi hasil pengukuran parameter kualitas air (C_i) dengan nilai baku mutu yang ditetapkan (L_{ij}) untuk peruntukan tertentu (misalnya air minum, perikanan, atau irigasi). Adapun rumus dari Indeks Pencemaran (IP) menurut Agustini (2024) sebagai berikut:

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right) R^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right) M^2}{2}}$$

Keterangan:

P_{ij} = Indeks pencemaran bagi peruntukan j

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air i

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air dalam baku mutu peruntukan air j

$(C_i/L_{ij}) R$ = Nilai rata-rata dari jumlah konsentrasi dari parameter yang di uji

$(C_i/L_{ij}) M$ = Nilai maksimum dari hasil pembagian hasil nilai konsentrasi dengan baku mutu

2.4 Analisis Data

Analisis data didapatkan dari hasil pengukuran parameter yang dianalisis secara deskriptif berbentuk diagram dan tabel, serta PCA (*Principal Component Analysis*) untuk melihat karakteristik atau penciri masing-masing stasiun. Penentuan nilai parameter dibandingkan dengan nilai baku mutu air laut untuk biota berdasarkan PP RI Nomor 22



tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan g diperlihatkan pada tabel 4. Penentuan status kualitas perairan an metode Indeks Pencemaran (IP) menurut Kepmen LH Nomor 115 Tahun j Pedoman Penentuan Status Air yang diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 4. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	Suhu	°C	28-30
2.	Salinitas	‰	33-34
3.	pH	Range 0-14	7-8,5
4.	Kecerahan	m	>3
5.	Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	20
6.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	>5
7.	Logam Tembaga (Cu)	mg/L	0,05
8.	Amoniak	mg/L	0,3
9.	Coliform (Total)	MPN/100mL	1000

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

Kriteria status mutu air berdasarkan indeks pencemaran sebagai berikut:

Tabel 5. Evaluasi hasil nilai IP

Nilai	Status
$0 < P_{ij} < 1$	Memenuhi baku mutu
$1 < P_{ij} < 5$	Tercemar ringan
$5 < P_{ij} < 10$	Tercemar sedang
$P_{ij} > 10$	Tercemar berat

Sumber: keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003