

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan air yang berkelanjutan sangat penting mengingat peran vital air sebagai sumber daya alam bagi kehidupan manusia, baik untuk kebutuhan domestik maupun sektor ekonomi (Tanjung et al., 2022). Penggunaan air untuk berbagai tujuan harus mempertimbangkan keberlanjutan sumber daya air untuk generasi mendatang. Sungai adalah sumber air yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia dan ekosistem (Pongoh et al., 2021). Sebagai sumber air, sungai memberikan berbagai manfaat bagi kehidupan manusia, termasuk sanitasi, transportasi, irigasi, dan penggunaan lainnya (Ramadhiani & Suharyanto, 2021). Sungai merupakan aliran air tawar alami yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah dan akhirnya bermuara ke laut, danau, atau sungai yang lebih besar (Amalia, 2022).

Kegiatan manusia, seperti pembangunan bendungan, konsumsi air berlebih, pemadatan bantaran sungai, dan eksploitasi berlebihan vegetasi dasar sungai, menyebabkan gangguan aliran sungai. Hal ini mengubah siklus hidrologi awal dan pada akhirnya memengaruhi kualitas air (Rahmadi et al., 2023). Kualitas air sungai sangat penting karena sungai sering digunakan untuk berbagai tujuan, seperti penyediaan air minum domestik, kebutuhan pertanian (irigasi), pembangkit listrik tenaga air, transportasi, infrastruktur, pariwisata, hiburan, dan kebutuhan atau aktivitas ekonomi lainnya yang menggunakan air (Dunca, 2018). Pada saat yang sama, kegiatan di zona industri yang terletak di sekitar aliran air dapat berdampak negatif pada pertanian dengan melepaskan polutan ke sungai. Pencemaran air sungai terjadi karena manusia membuang limbah ke dalam lingkungan air tanpa mempertimbangkan daya dukung dan daya tampung lingkungan yang telah ditentukan, sehingga berpotensi merusak kualitas ekosistem sungai dari segi fisik, kimia, mikrobiologis, dan lingkungan air yang berkelanjutan (Ismail et al., 2023).

Secara umum, sumber pencemaran dibagi menjadi dua jenis: polusi non-titik (*non-point source*) dan polusi titik (*point source*). Polusi non-titik, yang sering berasal dari kegiatan pertanian dan perkotaan, memiliki dampak luas, sulit diidentifikasi dan dipantau. Bahan kimia berbahaya dapat mencemari air melalui hujan dan irigasi, merusak ekosistem dan kualitas air minum. Pengendalian polusi non-titik memerlukan praktik manajemen terbaik, perencanaan cermat, dan pendekatan yang mendukung keberlanjutan sumber daya air (Viman et al., 2010). Sebaliknya, polusi titik berasal dari sumber yang dapat diidentifikasi secara spesifik di lokasi tertentu, sudah diukur dan dikendalikan, contohnya limbah dari pabrik/industri (017).



industri yang pesat telah menyebabkan peningkatan volume limbah termasuk dalam industri pengolahan rumput laut. Salah satu pabrik it laut yang beroperasi di Pinrang memproduksi karagenan, agar-powder dari bahan dasar rumput laut. Pabrik ini terletak di Desa

Polewali, Kabupaten Pinrang, dan memiliki lokasi strategis yang memudahkan akses terhadap bahan baku utama (Mutmainnah, 2020; Pratiwi, 2022). Kapasitas produksi *carrageenan* dan agar-agar mencapai 12.000 ton per tahun, sementara butiran dan tepung rumput laut diproduksi sebanyak 3.000 ton per tahun. Proses produksinya meliputi beberapa tahap, mulai dari pengolahan awal rumput laut, pengolahan produk mentah, hingga pengolahan *carrageenan* dan tepung konjac. Limbah yang dihasilkan dari proses ini termasuk air limbah produksi, air limbah domestik, air limbah *fly ash* dan *bottom ash*, limbah B3, emisi, serta sampah domestik (Laporan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia, 2022).

Menurut Dewa (2016), limbah utama dalam pengelolaan rumput laut berasal dari air cucian rumput laut yang bersifat alkali. Pada tahap pencucian, air digunakan untuk melarutkan garam dalam rumput laut, sementara dalam proses pemasakan, rumput laut direndam dalam larutan KOH selama 2 jam dengan suhu berkisar antara 75–85 °C. Proses pencucian melibatkan penggunaan air dan bahan kimia seperti NaOH, H₂O₂, KOH, KCl, dan bahan lainnya. Karakteristik limbah hasil pencucian rumput laut mencakup tingginya nilai COD dan tingkat pH yang tinggi. Sebagai dampak, limbah yang dihasilkan memiliki tingkat pH, kandungan organik, dan padatan terlarut yang tinggi. Limbah cair dari industri pengolahan rumput laut memiliki warna coklat kehitaman dengan tingkat pH yang sangat tinggi, mencapai sekitar 12–13. Pembuangan langsung limbah cair ini ke perairan seperti sungai tanpa pengolahan lebih lanjut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Dewa, 2016; Fanani & Prayitno, 2023; Sulistiyowati & Prayitno, 2021). Oleh karena itu, air limbah dari industri pengolahan rumput laut harus memenuhi standar kualitas tertentu untuk pengelolaan dan perlindungan lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan. Baku mutu untuk air limbah tersebut telah ditetapkan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XV tentang Baku Mutu Air Limbah berisi kajian parameter yang harus dipenuhi untuk pembuangan air bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan rumput laut. Parameter yang harus dipenuhi meliputi Biological Oxygen Demand (BOD) dengan batas maksimal 100 mg/L, Chemical Oxygen Demand (COD) maksimal 250 mg/L, Total Suspended Solid (TSS) maksimal 100 mg/L, amonia maksimal 5 mg/L, klor maksimal 1 mg/L, serta pH yang harus berada dalam rentang 6-9.

Limbah dari proses pengolahan ini umumnya dibuang ke Sungai Kariango. Sungai Kariango merupakan salah satu anak sungai Saddang yang melintas di kecamatan Mattirobulu, Suppa dan bermuara di Sumpang Saddang Kelurahan Lanrisang, Kecamatan Lanrisang, Kabupaten Pinrang. Sungai Kariango merupakan sumber air yang penting bagi masyarakat sekitar, digunakan untuk berbagai keperluan seperti pasokan air bersih, irigasi pertanian untuk sawah dan perkebunan, serta dalam kegiatan budidaya perikanan darat dan tambak air payau. Beberapa waktu yang lalu, kemarau beberapa bulan lalu, penduduk sekitar Sungai Kariango mengeluhkan penurunan kualitas fisik air, yang ditandai dengan bau busuk dan warna pekat. Kondisi ini menyebabkan kematian mendadak ikan-ikan yang ada di tambak yang bergantung pada air sungai tersebut. Akibatnya tidak hanya menyebabkan ikan-ikan mati, tetapi juga berdampak



lebih luas, termasuk kematian seekor buaya yang diduga akibat kualitas air yang tercemar. Sungai yang tercemar juga berdampak buruk pada tambak dan sawah petani yang bergantung pada aliran Sungai Kariango.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi potensi pencemaran di Sungai Kariango dan menilai daya tampung sungai dalam menangani beban pencemaran akibat aktivitas industri pengolahan rumput laut dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) dan metode Neraca Massa. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memahami kondisi kualitas air dan kapasitas beban pencemaran di sungai tersebut, serta untuk mengidentifikasi solusi dan strategi dalam menangani masalah pencemaran air sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka rumusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air Sungai Kariango disekitar industri pengolahan rumput laut?
2. Bagaimana daya tampung Sungai Kariango terhadap beban pencemar disekitar industri pengolahan rumput laut?
3. Bagaimana rekomendasi pengendalian pencemaran air Sungai Kariango?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas air Sungai Kariango disekitar industri pengolahan rumput laut.
2. Menganalisis daya tampung Sungai Kariango terhadap beban pencemar disekitar industri pengolahan rumput laut.
3. Memberikan saran rekomendasi pengendalian pencemaran air Sungai Kariango.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pemahaman ilmiah berupa sumber informasi mengenai kualitas air Sungai Kariango.
2. Memberikan sumber informasi mengenai daya tampung beban pencemar Sungai Kariango serta dapat dijadikan sebagai rujukan dalam pemberian izin pembuangan limbah cair ke badan air Sungai Kariango.
3. Sebagai informasi, masukan dan rekomendasi dalam menyusun kebijakan daan dan perlindungan lingkungan di wilayah sekitar penelitian.



Ip/Batas Penelitian

ilakukan di Sungai Kariango, Desa Polewali, Kecamatan Suppa, rang, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengambilan sampel dilakukan

pada 3 (tiga) titik pengamatan dari hulu, tengah dan hilir Sungai Kariango. Parameter yang diamati yaitu BOD, COD, TSS, amonia, klor dan pH.

2. Menentukan kualitas air Sungai Kariango akibat air limbah industri rumput laut sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air dengan Metode Indeks Pencemaran.
3. Menentukan daya tampung Sungai Kariango terhadap beban pencemaran disekitar industri pengolahan rumput laut dengan menggunakan metode Neraca Massa.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Metode penelitian menggunakan analisis deskriptif dengan kuantitatif untuk mengetahui kualitas air sungai dan daya tampung Sungai Kariango di sekitar industri pengolahan rumput laut serta rekomendasi strategi dalam menangani masalah pencemaran air sungai.

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung mengenai kondisi fisik lokasi penelitian untuk mendapatkan gambaran umum daerah penelitian dengan memperhatikan keadaan riil yang ada di lapangan.
2. Wawancara, yaitu suatu teknik pengumpulan informasi untuk mendapatkan data yang mendalam mengenai suatu objek penelitian dengan cara tanya jawab langsung dengan pertanyaan terbuka yang ditujukan kepada responden dalam hal ini instansi Pemerintah Daerah dan masyarakat.
3. Studi dokumentasi, yaitu dengan mempelajari dokumen-dokumen dari beberapa sumber seperti hasil dokumentasi pemerintah, hasil penelitian terkait, dan berbagai laporan yang berhubungan dengan permasalahan penelitian.

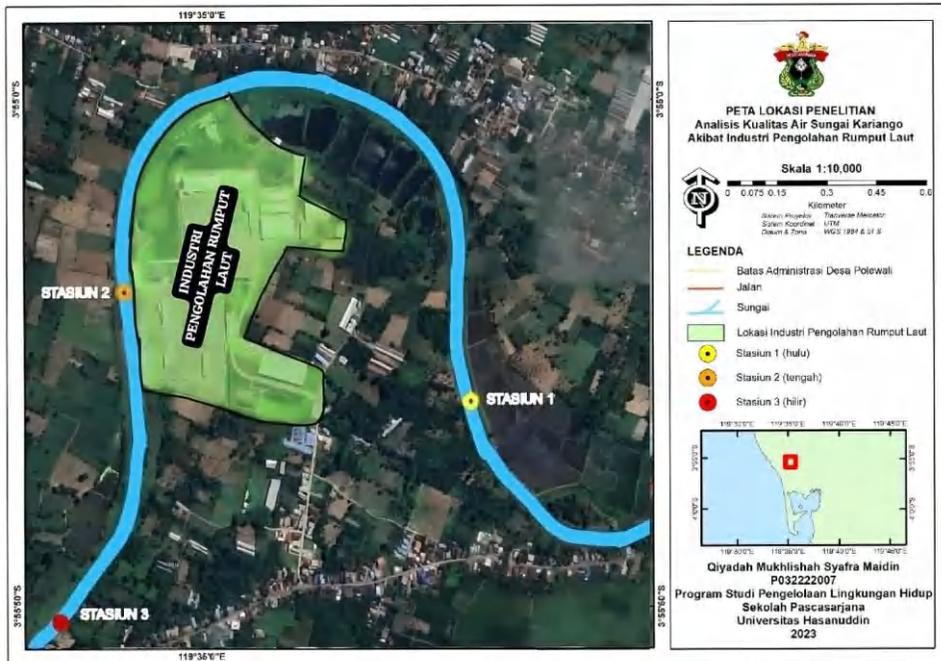
2.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari penelitian lapangan dan meliputi pengukuran pH, BOD, COD, TSS, amonia, klorida, serta debit aliran. Adapun data sekunder mencakup literatur, laporan, peta, peraturan, dan dokumen lingkungan yang diperoleh dari studi pustaka, media internet, serta instansi terkait seperti Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pinrang.

2.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – September 2024 di Sungai Kariango, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang. Lokasi stasiun penelitian dipilih dengan menggunakan metode survei sampel, di mana area penelitian dibagi menjadi beberapa stasiun yang diharapkan dapat mewakili populasi penelitian. Titik pengambilan sampel air sungai ditentukan berdasarkan pertimbangan mewakili kualitas air Sungai Kariango. Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik pengamatan, yaitu hulu (Stasiun 1), tengah (Stasiun 2), dan hilir (Stasiun 3) Sungai Kariango. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas





Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel kualitas air

No	Kode	Lokasi	Koordinat	Keterangan
1	Stasiun 1	Hulu sungai (sebelum lokasi industri pengolahan rumput laut)	S: 3°55'25.8" E: 119°35'24.6"	Terdapat perkebunan dan tambak warga
2	Stasiun 2	Outlet industri pengolahan rumput laut	S: 3°55'22.7"S E: 119°34'54.9"	Terdapat industri pengolahan rumput laut, perkebunan dan tambak warga
3	Stasiun 3	Hilir sungai (setelah lokasi industri pengolahan rumput laut)	S: 3°55'46.8" E: 119°34'44.4"	Terdapat pemukiman, perkebunan dan tambak warga. Sepanjang aliran sungai ditumbuhi tanaman eceng gondok

2.4 Pengambilan Sampel



l mengacu pada pedoman SNI 03-7016-2004 tentang tata cara dalam rangka pemantauan kualitas air pada suatu daerah an SNI 6989.57:2008 tentang metoda pengambilan contoh air ilan sampel dilakukan sebanyak 1 (satu) kali dengan metode *Grab*

Sebelum pengambilan sampel, alat yang digunakan dibersihkan untuk memastikan sterilisasi. Sampel diambil menggunakan gayung dengan gagang panjang, kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik atau gelas berkapasitas 2000 mL untuk mencegah kontaminasi. Sampel yang telah diambil pada setiap titik perlu diawetkan karena sampel tidak langsung dianalisis. Pengawetan dilakukan berdasarkan SNI 6989.57:2008 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Cara pengawetan sampel air

No	Parameter	Wadah Penyimpanan	Minimum jumlah yang diperlukan (mL)	Pengawetan	Lama penyimpanan maksimum yang dianjurkan
1.	pH	P,G	-	Segera dianalisa	2 jam
2.	BOD	P,G	1000	Didinginkan	6 jam
3.	COD	P,G	100	Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2, didinginkan	7 hari
4.	TSS	P,G	500	Didinginkan	14 hari
5.	Amonia-Nitrogen	P,G	500	Tambahkan H ₂ SO ₄ sampai pH < 2, didinginkan	7 hari
6.	Klor	P,G	500	Segera dianalisa	0,5 jam

Keterangan:

Didinginkan pada suhu 4°C ± 2°C

P : plastik (polietilen atau sejenisnya)

G : gelas

2.5 Pengujian Kualitas Air

2.5.1 Bahan dan Alat Penelitian

2.5.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah air Sungai Kariango, asam sulfat, *Whatman* 42, mangan sulfat (MnSO₄), alkali iodide azida, natrium dikator amilum, larutan induk KHP, pereaksi asam sulfat, *digestion* (C₆H₅OH), larutan natrium nitroprusid (C₅FeN₆Na₂O) 0,5%, natrium alium kromat (K₂CrO₄), perak nitrat (AgNO₃), larutan pengoksidasi,



2.5.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah botol 2000 mL, lakban, stiker label, gayung, ember, meteran, layang-layang arus, botol winkler (botol DO), spektrofotometer UV-Vis, refluks, desikator, oven, alat filtrasi vakum, pH meter, neraca analitik, gelas ukur, pinset, cawan petri, erlenmeyer, pipet ukur, pipet, labu ukur, lemari inkubasi, buret, statif, tisu.

2.5.2 Prosedur Kerja

2.5.2.1 Analisis pH (SNI 6989.11:2019)

Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Elektroda dibilas dengan akuades, kemudian dikeringkan dengan tisu halus. Selanjutnya, elektroda dicelupkan ke dalam sampel air Sungai Kariango hingga pembacaan yang stabil. Hasil pembacaan skala pada tampilan dari pH meter dicatat. Elektroda dibilas kembali dengan akuades setelah pengukuran.

2.5.2.2 Analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD) (SNI 6989.72:2009)

Analisis BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi Iodometri. Disiapkan dua botol Winkler (botol DO) dan diberi tanda dengan kode A₁ dan A₂. Larutan sampel air Sungai Kariango dimasukkan ke dalam masing-masing botol DO A₁ dan A₂ sampai meluap, kemudian setiap botol ditutup secara hati-hati untuk mencegah terbentuknya gelembung udara. Botol A₂ disimpan dalam lemari inkubator pada suhu 20 °C selama 5 hari. Kemudian botol A₁ ditambahkan MnSO₄ dan alkali iodida azida masing-masing sebanyak 1 mL, dengan ujung pipet ukur berada tepat di atas permukaan sampel. Kemudian botol ditutup rapat dan dihomogenkan dengan cara dikocok hingga membentuk gumpalan sempurna, dibiarkan selama 10 menit. Ditambahkan 1 mL H₂SO₄ pekat, lalu ditutup dan dihomogenkan hingga endapan larut sempurna. Selanjutnya, sampel dipipet sebanyak 50 mL dan ditambahkan indikator amilum hingga warna berubah menjadi biru. Iodin yang dihasilkan kemudian di titrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ sampai warna biru hilang. Lakukan prosedur yang sama pada botol A₂ setelah masa inkubasi selama 5 hari berakhir.

2.5.2.3 Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) (SNI 6989.2:2009)

Analisis COD dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri. Deret standar dibuat dari larutan induk KHP dan 1 blanko. Selanjutnya, sampel sebanyak 2,5 mL ditambahkan 1,5 mL *digestion solution* dan 3,5 mL larutan pereaksi asam sulfat ke tabung *digestion vessel*, tabung ditutup dan dikocok perlahan hingga homogen. Hal yang sama dilakukan pada larutan deret standar dan blanko.



ada pemanas yang telah dipanaskan hingga suhu 150 °C, lalu na 2 jam. Setelah sampel direfluks, sampel didinginkan hingga g untuk mencegah terbentuknya endapan. Selama pendinginan, uka untuk mencegah peningkatan tekanan gas. Selanjutnya, menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 0 nm.

2.5.2.4 Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) (SNI 6989.3:2019)

Analisis TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Kertas saring *Whatman* 42 diletakan pada peralatan filtrasi kemudian dibilas dengan akuades sebanyak 20 mL dan dilanjutkan penghisapan hingga tiris. Kertas saring dipindahkan ke dalam cawan petri menggunakan pinset. Cawan petri berisi kertas saring dikeringkan ke dalam oven pada suhu 103 °C – 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya cawan petri didinginkan di dalam desikator selama 30 menit dan di timbang menggunakan neraca analitik. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga diperoleh berat konstan/tetap (dicatat sebagai W_0).

Penyaringan dilakukan dengan peralatan filtrasi, media penyaring (kertas saring *Whatman* 42) dibasahi dengan sedikit akuades. Sampel air sungai dihomogenkan dan ditakar dalam gelas ukur 100 mL, kemudian dimasukkan ke media penyaring dan nyalalakan system vakum. Media penyaring dibilas dengan akuades 10 mL sebanyak 3 kali, dilakukan penyaringan hingga tiris. Media penyaring di pindahkan ke dalam cawan petri dengan menggunakan pinset. Cawan petri yang berisi media penyaring dikeringkan ke dalam oven pada suhu 103 °C – 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya cawan petri didinginkan di dalam desikator selama 30 menit dan di timbang menggunakan neraca analitik. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga diperoleh berat konstan/tetap (dicatat sebagai W_1).

2.5.2.5 Analisis Amonia (SNI 06-6989.30-2005)

Analisis kadar amonia dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer secara fenat. Sampel air Sungai Kariango dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 50 mL. Ditambahkan 1 mL larutan fenol dan dihomogenkan. Ditambahkan 1 mL natrium nitroprusid dan dihomogenkan. Ditambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi dan dihomogenkan. Selanjutnya erlenmeyer tersebut ditutup menggunakan plastik atau parafin film, dibiarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna. Kemudian dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, dibaca dan dicatat absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm.

2.5.2.6 Analisis Klorida (SNI 6989.19:2009)

Analisis kadar klorida dilakukan dengan metode argentometri. Persiapan sampel dilakukan dengan mengatur pH sampel uji pada rentang pH 7 hingga 10 menggunakan larutan H_2SO_4 1 N atau larutan NaOH 1 N. Analisis kadar klorida pada sampel dilakukan dengan mengambil sampel air Sungai Kariango sebanyak 100 mL lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 250 mL. Larutan K_2CrO_4 5% sebanyak 1 mL ditambahkan sebagai indikator. Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan $AgNO_3$ yang telah disediakan. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya warna kuning kemerahan. Langkah-langkah tersebut diulangi sebanyak 2 kali (dengan hasil notasi A mL). Langkah-langkah tersebut diulangi dengan menggunakan larutan blanko (dengan hasil notasi B mL), di mana larutan tersebut diulangi dengan menggunakan akuades.



2.6 Teknik Analisis Data

2.6.1 Analisis Penentuan Kualitas Air Sungai Kariango

Data hasil uji kualitas air Sungai Kariango di sekitar industri pengolahan rumput laut berupa parameter kimia dan fisika dibandingkan terhadap baku mutu air yang telah ditetapkan. Baku mutu air sungai yang digunakan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Data mengenai baku mutu kualitas air sungai dan sejenisnya dari masing-masing kelas dapat dilihat pada Tabel 3 bersama dengan parameter yang relevan. Berdasarkan pemanfaatannya, Sungai Kariango diklasifikasikan dalam Kelas III, sesuai dengan peruntukan air bagi pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan tanaman, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan kualitas air yang sama.

Tabel 3. Baku mutu air sungai dan sejenisnya

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	<i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	mg/L	2	3	6	12
2	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	mg/L	10	25	40	80
3	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	mg/L	40	50	100	400
4	Amonia	mg/L	0,1	0,2	0,5	-
5	Klor	mg/L	300	300	300	600
6	pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9

Sumber: PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI

2.6.2 Analisis Indeks Pencemaran (IP)

Analisis pencemaran dilakukan dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran (IP) sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Rumus yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran pada sungai yaitu sebagai berikut:

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} \quad (1)$$

Dimana:

L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air (j)

C_i = Konsentrasi parameter kualitas air di lapangan

PI_j = Indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

$(C_i/L_{ij})_M$ = Nilai C_i/L_{ij} maksimum

C_i/L_{ij} rata-rata

rdasarkan hasil perhitungan Indeks Pencemaran dapat dilihat pada



Tabel 4. Penentuan status kualitas air dengan metode Indeks Pencemaran

No	Nilai	Status Kualitas Air
1	$0 \leq PI_j \leq 1,0$	memenuhi baku mutu
2	$1 < PI_j \leq 5,0$	cemar ringan
3	$5,0 < PI_j \leq 10$	cemar sedang
4	$PI_j > 10$	cemar berat

Sumber: Kepmen LH Nomor 115 Tahun 2003

Pada perhitungan kualitas air menggunakan metode indeks pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003, terdapat beberapa prosedur yang perlu dipahami, di antaranya adalah:

1. Tentukan nilai C_i dan L_{ij} untuk setiap parameter di setiap titik lokasi. C_i adalah konsentrasi parameter yang diukur di lokasi tersebut, sedangkan L_{ij} adalah nilai baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
2. Menghitung nilai C_i/L_{ij} untuk setiap parameter yang telah ditentukan di setiap lokasi pengambilan sampel.
3. a. Jika penurunan nilai konsentrasi parameter, seperti oksigen terlarut (DO), menunjukkan peningkatan pencemaran, maka tentukan nilai teoritik maksimum C_{maks} (misalnya, nilai DO jenuh untuk DO). Dalam hal ini, nilai rasio C_i/L_{ij} yang diukur digantikan dengan nilai baru hasil perhitungan, yaitu:

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{C_{im} - C_i}{C_{im} - L_{ij}} \quad (2)$$

Keterangan

L_{ij} = Baku mutu atau nilai standar untuk parameter tersebut.

C_i = Konsentrasi parameter yang diukur pada lokasi tertentu.

C_{im} = Nilai konsentrasi maksimum teoritik.

$(C_i/L_{ij}) \text{ baru}$ = Nilai baru dari rasio konsentrasi yang menggantikan hasil pengukuran untuk mencerminkan tingkat pencemaran dengan lebih akurat.

- b. Jika nilai baku L_{ij} memiliki rentang

- untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{minimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]} \quad (3)$$

- untuk $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij}) \text{ baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{maksimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]} \quad (4)$$



ul ketika dua nilai rasio (C_i/L_{ij}) mendekati angka acuan 1,0, seperti an (C_2/L_{2j}) = 1,1, atau ketika terdapat perbedaan yang signifikan, s_j) = 5,0 dan (C_4/L_{4j}) = 10,0. Kondisi tersebut menyulitkan penentuan an badan air. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah:

ilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.

ilai (C_i/L_{ij}) baru jika nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran lebih besar dari 1,0.

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \cdot \log (C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}} \quad (5)$$

P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

4. Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan C_i/L_{ij} ($(C_i/L_{ij})_R$ dan $(C_i/L_{ij})_M$).
5. Tentukan nilai PI_j

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

2.6.3 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran

Menurut Muhtadi et al. (2023), daya tampung beban pencemaran (DTBP) adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima beban pencemaran tanpa mencemari air tersebut. Daya tampung beban pencemaran dapat dianalisis dengan menggunakan Neraca Massa. Debit sungai menjadi unsur penting dalam analisis beban pencemaran, sehingga langkah awal dalam menganalisis beban pencemaran adalah melakukan pengukuran debit sungai (Mujib et al., 2022). Rumus pengukuran debit sungai sebagai berikut:

$$Q = A \times V \quad (6)$$

Dimana: Q = debit Sungai (m^3/s),
 A = luas penampang basah aliran (m^2),
 V = kecepatan aliran (m/s)

Luas penampang dihitung dengan menggunakan *mean section method* yaitu perhitungan luas penampang sungai dengan mengukur lebar penampang yang ditentukan oleh dua pengukuran vertikal yang bersebelahan (d_n dan d_{n+1}).

$$A_n = \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \times b_n \quad (7)$$

Dimana A_n menunjukkan luas penampang melintang segmen sungai ke- n (m^2); d_n menunjukkan kedalaman segmen sungai ke- n (m); d_{n+1} menunjukkan kedalaman segmen sungai ke $n+1$ (m) dan b_n menunjukkan lebar segmen sungai ke- n .

Beban pencemaran merupakan total dari unsur pencemar yang ada dalam air atau limbah cair. Analisis beban pencemaran sungai dilakukan dengan menggunakan metode neraca massa. Metode ini menghitung konsentrasi rata-rata aliran dari semua lokasi penelitian dengan menetapkan kualitas aliran terakhir sungai (KepMen LH No. 110 menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$C_R = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \quad (8)$$



Dimana C_R merujuk pada konsentrasi rata-rata parameter kualitas air di aliran akhir; C_i adalah konsentrasi parameter pada aliran ke- i , Q_i adalah debit aliran ke- i , dan M_i adalah massa parameter kualitas air pada aliran pertama.

Penetapan beban pencemar didapatkan dengan mengalikan debit air ($m^3/detik$) dengan konsentrasi zat pencemar ($mg/liter$) (Simamora et al., 2018). Menurut Rahayu et al. (2018), beban pencemaran maksimum adalah jumlah maksimum pencemar yang diizinkan dalam suatu sungai sesuai dengan ketentuannya. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal sungai jika tidak ada masukan dari sumber pencemar, dengan menggunakan rumus perhitungan berikut:

$$BPM = Q \times C_{BM} \times f \quad (9)$$

Dimana:

BPM	= Beban pencemar maksimum (kg/hari)
Q	= Debit terukur (m^3/s)
C_{BM}	= Konsentrasi (Standar baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22/2021) (mg/L)
f (faktor konversi)	$= \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{86.400 \text{ s}}{1 \text{ hari}}$ $= 86,4 \frac{\text{kg.L.s}}{\text{mg.m}^3.\text{hari}}$

Beban pencemaran aktual adalah jumlah pencemar yang sebenarnya dihasilkan dalam suatu sungai pada kondisi saat ini. Rumus yang digunakan untuk menghitung beban pencemaran aktual adalah sebagai berikut:

$$BPA = Q \times C_M \times f \quad (10)$$

Dimana:

BPA	= Beban pencemar aktual (kg/hari)
Q	= Debit terukur (m^3/s)
C_M	= Konsentrasi terukur (mg/L)
f (faktor konversi)	$= \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{86.400 \text{ s}}{1 \text{ hari}}$ $= 86,4 \frac{\text{kg.L.s}}{\text{mg.m}^3.\text{hari}}$

Rumus yang digunakan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran pada sungai yaitu sebagai berikut:

$$DTBP = BPM - BPA \quad (11)$$

Dimana:

DTBP	: Daya tampung pada beban pencemaran (kg/hari)
	an pencemaran sesuai dengan baku mutu (kg/hari)
	an pencemaran yang terukur (kg/hari)