

Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Gude Ploso Menggunakan Pemodelan QUAL2Kw

Putri Nadia Berliana, Euis Nurul Hidayah*

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: euisnh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 12 Oktober 2024

Disetujui: 18 Oktober 2024

Abstract

This study focuses on the pollution of the Gude Ploso River in Jombang Regency, East Java Province, Indonesia, mainly caused by household and tofu industry waste. To control pollution, it is crucial to identify pollution sources, predict changes in water quality, and test the effectiveness of mitigation strategies. Our results show that several parameters in the Gude Ploso River exceed permissible limits, including total suspended solids (TSS), phosphate, and chemical oxygen demand (COD). Pollutant carrying capacity calculations indicate that phosphate and COD levels exceed the maximum carrying capacity at all sampling sites. Analysis using the STORET method indicates moderate levels of pollution with values of -30, -20, -21, and -21. Proposed mitigation strategies include monthly or quarterly monitoring of factories near the Gude Ploso River, conducting outreach and workshops for local communities to raise awareness about the state of the river, implementing phytoremediation at various points along the river, establishing environmental NGOs in the area, and conducting water flushing during dry periods. These strategies aim to reduce pollution in the Gude Ploso River, ensure the sustainability of its ecosystem, and provide a decent quality of life for the communities that rely on the river as a water resource.

Keywords: *water pollution, gude ploso, software QUAL2Kw, water quality, mitigation*

Abstrak

Pencemaran sungai yang terjadi karena aktivitas rumah tangga dan industri tahu kali ini menjadi salah satu faktor fokus penelitian yang akan dilakukan yaitu di Sungai Gude Ploso di Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur. Salah satu upaya pengendalian pencemaran yaitu dengan melakukan identifikasi sumber pencemaran sehingga dapat diprediksi perubahan kualitas air yang akan terjadi dan dilakukan uji efektivitas strategi untuk melakukan upaya mitigasi. Hasil uji kali ini menunjukkan adanya beberapa parameter yang melebihi ambang batas pada sungai Sungai Gude Ploso antara lain TSS, fosfat dan COD. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemar menunjukkan bahwa parameter Fosfat dan COD pada semua titik pengambilan sampel telah melebihi daya tampung beban pencemar maksimum. Hasil analisis metode STORET juga menunjukkan tingkat pencemaran sedang dengan skor -30, -20, -21, dan -21. Berbagai strategi mitigasi pencemaran diusulkan antara lain melakukan pemantauan bulanan atau triwulan terhadap pabrik-pabrik yang berada di sekitar sungai Gude Ploso, melakukan sosialisasi dan workshop kepada masyarakat sekitar terkait kepedulian terhadap sungai Gude Ploso, melakukan fitoremediasi di beberapa titik sungai, membina LSM di sekitar sungai, dan melakukan penggelontoran air pada saat sungai dalam keadaan kering. Penerapan strategi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi pencemaran di Sungai Gude Ploso dan memastikan keberlanjutan ekosistemnya, serta memberikan kualitas hidup yang layak bagi masyarakat yang menggunakan sungai ini sebagai sumber daya airnya.

Kata Kunci: *pencemaran air, gude ploso, QUAL2Kw perangkat lunak, kualitas air, upaya mitigasi*

1. Pendahuluan

Pencemaran air, khususnya di sungai, masih menjadi masalah lingkungan yang mendesak karena berdampak pada kuantitas dan kualitas air. Penurunan kualitas air sungai memiliki konsekuensi yang luas, tidak hanya mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air minum, tetapi juga irigasi untuk pertanian. Penelitian ini berfokus pada Sungai Gude Ploso di Kabupaten Jombang, Jawa Timur, Indonesia, yang menghadapi tantangan pencemaran akibat berbagai sumber antropogenik, termasuk limbah industri, pertanian, dan domestik. Secara khusus, penelitian ini menyelidiki distribusi polutan utama – Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD), Fosfat (PO₄), dan Total Padatan Tersuspensi (TSS) – dan dampaknya terhadap kualitas air sungai.

Untuk menganalisis dan memprediksi penyebaran polutan ini, penelitian ini menggunakan model QUAL2Kw, perangkat lunak simulasi kualitas air yang canggih. Pilihan ini didukung oleh penelitian

sebelumnya (Rezagama et al., 2019) yang menunjukkan akurasi dan validitas model dalam mensimulasikan kualitas air sungai. Dengan mensimulasikan berbagai skenario yang melibatkan beban pencemaran, debit, dan kadar oksigen, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi strategi mitigasi yang efektif untuk meningkatkan kualitas air sungai. Pada akhirnya, tujuannya adalah untuk mengurangi pencemaran di Sungai Gude Ploso, memastikan keberlanjutan ekosistemnya, dan memberikan kualitas hidup yang layak bagi masyarakat yang menggunakan sungai ini sebagai sumber daya airnya.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian kali ini ada di Sungai Gude Ploso, merupakan salah satu sungai yang melintas dalam Kota Jombang. Secara umum air pada saluran ini akan mengalir ke arah utara lewat sisi kiri Jl. Kapten PiereTendean, Jl. Sudirman, Jl. Abdul Rahman Saleh, Jl. KH Wahab Hasbullah, Jl. Raya Tembelang, hingga bermuara di Kali Ngotok Ringkanal. Panjang Saluran Gude Ploso ini sekitar 7,03 km. Peta Saluran Gude Ploso dan pendekatan elevasi diperoleh dari citra Google Earth Pro 7.3.2.5495 (64-bit). Secara umum elevasi headwater (hulu) hingga terminus (hilir) dalam kisaran 43 m dpl hingga 32 m dpl, dan pada penelitian ini panjang sungai yang digunakan sepanjang 3,4 km dengan pembagian 3 segmentasi dan 4 titik pengambilan sampel air sungai.



Gambar 1. Peta Pembagian Segmentasi pada Sungai Gude Ploso

Rincian Per Segmen

Tabel 1. Rincian per segmen Sungai Gude Ploso

No	Segmen	Kedalaman (M)		Panjang (Km)	Koordinat		Area Tangkapan
		HULU	HILIR		Hulu	Hilir	
1	Segmen1	7°32'18.74"S	7°31'55.67"S	1,24	39	38	Pabrik Gula, Drainase Jl. Soedirma N, Limbah Domestik
		112°13'33.88"E	112°13'56.29"E				
2	Segmen2	7°31'55.67"S	7°31'21.27"S	1,1	38	34	Pabrik Pengolahan Plastic, Limbah Domestik
		112°13'56.29"E	112°13'59.55"E				
3	Segmen3	7°31'21.27"S	7°30'55.67"S	0,79	34	35	Limbah Rumah Potong Ayam, Pondok Pesantren, Limbah Domestik
		112°13'59.55"E	112°13'59.45"E				

Sungai Gude Ploso dibagi menjadi tiga segmen untuk keperluan penelitian. Segmen pertama (A - 1) memiliki panjang 1,24 km dan membentang dari gerbang samping pabrik gula Djombang Baru Jl. Kapten Pierre Tendean sampai depan gerbang masuk pabrik gula Jl. Panglima Sudirman No 1. Segmen ini menerima limbah dari pabrik gula, drainase jalan, dan limbah dari hasil kegiatan rumah tangga. Pembagian Kedua (1 - 2) memiliki panjang 1,1 km, dimulai dari depan gerbang masuk pabrik gula Jl. Panglima Sudirman No 1 sampai jembatan Indomaret Jl. KH. Wahab Chasbulloh. Limbah yang masuk ke segmen ini

berasal dari industri pengolahan plastik dan limbah domestik. Segmen ketiga (2 - 3) sepanjang 0,79 km menerima limbah dari industri rumah potong ayam, limbah domestik, dan limbah pondok pesantren.

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini memanfaatkan dua jenis data. Data primer dikumpulkan langsung di lapangan melalui pengamatan dan pengambilan sampel, meliputi debit sungai, kecepatan aliran, dimensi sungai, kedalaman, dan kualitas air. Selanjutnya, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber seperti dinas terkait, jurnal ilmiah, dan kajian yang relevan. Data sekunder ini mencakup debit sungai, kecepatan aliran, dimensi sungai, kedalaman, data klimatologis, serta informasi kependudukan, pertanian, peternakan, dan industri di wilayah Sungai Gude Ploso. Penelitian ini juga melibatkan dua variabel, yaitu variabel bebas berupa kualitas parameter air (suhu, pH, TSS, PO4, dan COD) dan variabel terikat yaitu Daerah Aliran Sungai Gude Ploso. Metode SNI 6989.57:2008 digunakan sebagai acuan untuk pengambilan air sampel sungai Gude Ploso.

Analisa Data Dalam Pemodelan QUAL2KW

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pemodelan QUAL2Kw yang melibatkan beberapa tahapan. Pertama, input data dilakukan pada berbagai *worksheet*, pada penelitian kali ini QUAL2K digunakan untuk input informasi awal model, Headwater digunakan pada aliran dan batasan sistem, Reach untuk memberikan keterangan pada hulu sungai dan anak sungai, serta *worksheet* lainnya untuk data suhu udara, kecepatan angin, tutupan awan, dan sumber pencemar. Kedua, kalibrasi data dilakukan secara *trial and error* dengan menjalankan program berulang kali hingga model sesuai dengan kondisi eksisting. Terakhir, simulasi model skenario dijalankan untuk mensimulasikan kondisi berdasarkan pertimbangan tertentu.

3. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Rill Sungai Gude Ploso

Penelitian ini berlokasi di Sungai Gude Ploso, Jombang, Jawa Timur, yang membentang sepanjang 3,4 km dari jembatan Gang Seruni no 38 hingga jembatan Jl Wahab Hasbullah no 206. Musim kemarau yang terjadi pada bulan Agustus tahun 2024 mengawali penelitian kali ini yang memberikan prediksi bahwa air menjadi pekat akibat limbah dari berbagai pabrik di sepanjang sungai. Kondisi sungai menghasilkan bau menyengat yang mengganggu pemukiman sekitar, diduga karena saluran buangan dari pabrik gula dan plastik. Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021, Sungai Gude Ploso termasuk kelas 2 karena dimanfaatkan pertanian. Baku mutu air yang digunakan mengacu pada PP No 22 Tahun 2021 untuk sungai kelas 2.

Tabel 2. Uji Analisa Awal Kualitas Air Sungai Gude Ploso

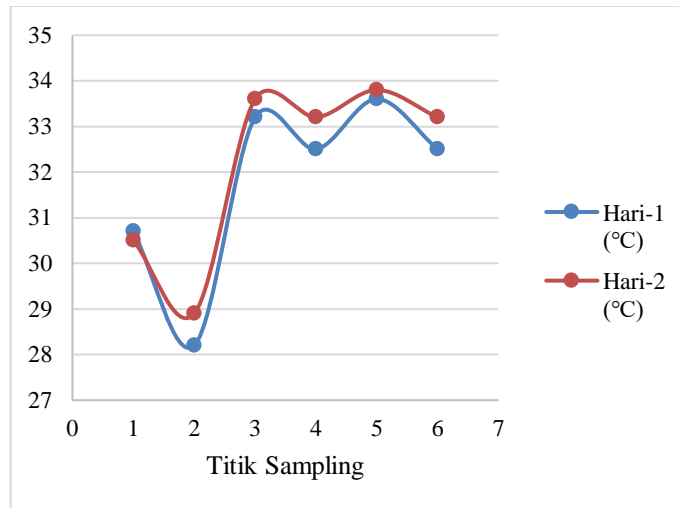
Parameter	Baku Mutu (PP No 22 Tahun 2021)
pH	6 - 9
TSS	50
Fosfat	0,2
COD	25
Suhu	Deviasi 3

Pengaruh Kualitas Air Sungai Gude Ploso

Tabel 3. Kualitas Parameter Suhu Air Sungai Gude Ploso

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1 (°C)	Hari-2 (°C)	
1	1	30,7	30,5	Air Sungai
	2	28,2	28,9	Air Limbah (Pabrik Gula)
	3	33,2	33,6	Air Sungai
2	4	32,5	33,2	Air Limbah (Pabrik Plastik)
	5	33,6	33,8	Air Sungai
3	6	32,5	33,2	Air Sungai

Hasil pengukuran suhu di Sungai Gude Ploso pada hari pertama berkisar antara 28,2°C - 33,6°C dan pada hari kedua antara 28,9°C - 33,8°C. Menurut PP No 22 Tahun 2021, baku mutu suhu untuk sungai kelas II adalah deviasi 3°C dari suhu normal (29°C - 30°C), sehingga kisaran suhu yang diperbolehkan adalah 26°C - 33°C (Hanisa, 2017). Meskipun beberapa titik pantau mendekati batas atas, suhu Sungai Gude Ploso masih memenuhi baku mutu. Suhu optimum tercatat pada titik sampling 1 (30,7°C dan 30,5°C). Tingginya suhu air dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari yang tinggi karena lokasi pengukuran merupakan daerah terbuka [14]. Kerapatan vegetasi di sekitar sungai juga berperan sebagai stabilisator suhu [28].



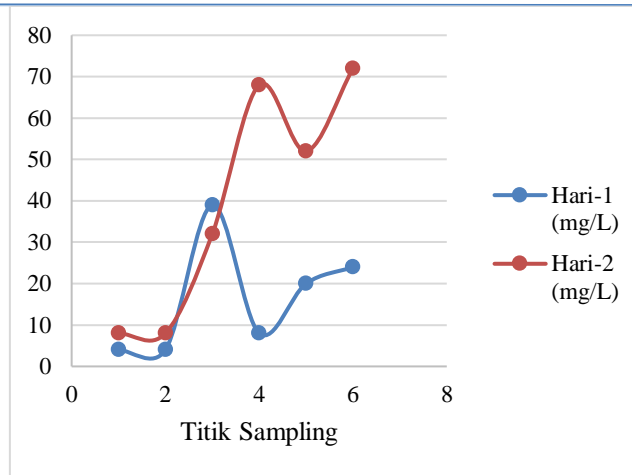
Gambar 2. Grafik Keterkaitan antara Titik Sampling dengan Suhu

Hasil pengukuran TSS di Sungai Gude Ploso menunjukkan nilai yang bervariasi. Kadar TSS optimum tercatat pada titik sampling 1 (4 mg/L pada hari pertama dan 8 mg/L pada hari kedua), sedangkan kadar tertinggi terdapat pada titik sampling 6 (72 mg/L pada kedua hari). Limbah cair dari pabrik gula, pabrik plastik, dan rumah potong ayam menyumbang TSS di sungai ini. Limbah pabrik gula (50 mg/L) dan pabrik plastik (100 mg/L) masih memenuhi baku mutu Pergub Jatim No 72 Tahun 2013.

Tabel 4. Kualitas Parameter TSS Air Sungai Gude Ploso

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1 (mg/L)	Hari-2 (mg/L)	
1	1	4	8	Air Sungai
	2	4	8	Air Limbah (Pabrik Gula)
2	3	39	32	Air Sungai
	4	8	68	Air Limbah (Pabrik Plastik)
3	5	20	52	Air Sungai
	6	24	72	Air Sungai

TSS dapat menghalangi penetrasi cahaya sehingga menghambat fotosintesis dan mengurangi oksigen terlarut [5]. Kecerahan air berbanding terbalik dengan kadar TSS [22]. Kenaikan TSS yang signifikan pada titik sampling 3 dan 5 (hari kedua) dipengaruhi oleh limbah pabrik plastik (68 mg/L). Menurut Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021, ambang batas TSS untuk sungai kelas 2 sebesar 50 mg/L. Titik sampling 5 (52 mg/L) dan 6 (72 mg/L) melebihi ambang batas tersebut.



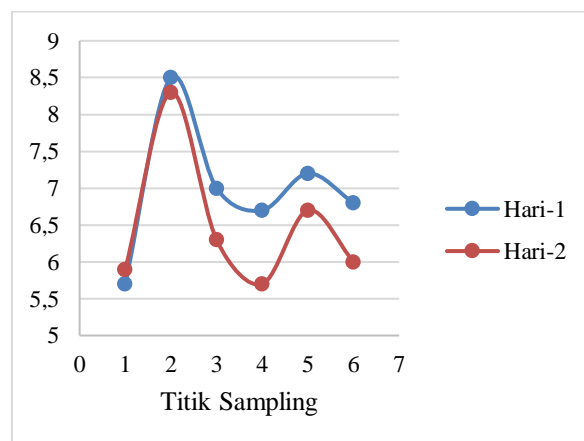
Gambar 3. Grafik Keterkaitan antara Titik Sampling dengan TSS

Hasil pengukuran pH Sungai Gude Ploso menunjukkan nilai antara 5,7 - 7,2 pada hari pertama dan 5,9 - 6,7 pada hari kedua. pH optimum terdapat pada titik sampling 3 (7,2 dan 6,7), sedangkan pH terendah pada titik sampling 1 (5,7 dan 5,9). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, ambang batas untuk sungai kelas 2 terhadap parameter pH adalah 6 - 9. Titik sampling 1 dan titik sampling 6 (hari kedua) masih memenuhi baku mutu tersebut.

Tabel 5. Kualitas Parameter pH Air Sungai Gude Ploso

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1	Hari-2	
1	1	5,7	5,9	Air Sungai
	2	8,5	8,3	Air Limbah (Pabrik Gula)
	3	7	6,3	Air Sungai
2	4	6,7	5,7	Air Limbah (Pabrik Plastik)
	5	7,2	6,7	Air Sungai
3	6	6,8	6	Air Sungai

Grafik pada **Gambar 4** menunjukkan adanya kenaikan pH dari titik sampling 1 ke 3. Hal ini disebabkan oleh limbah cair pabrik gula (titik sampling 2) yang bersifat basa (8,3 - 8,5) dan memiliki debit yang besar [30]. Limbah pabrik plastik (titik sampling 4) tidak terlalu berpengaruh karena debitnya kecil, meskipun tetap menyebabkan sedikit peningkatan pH pada titik sampling 5. Perubahan nilai pH dapat membahayakan biota akuatik yang sensitif dan menyukai pH sekitar 7 - 8,5 [5]. Limbah pabrik gula dan plastik di Sungai Gude Ploso berpotensi merusak ekosistem perairan.



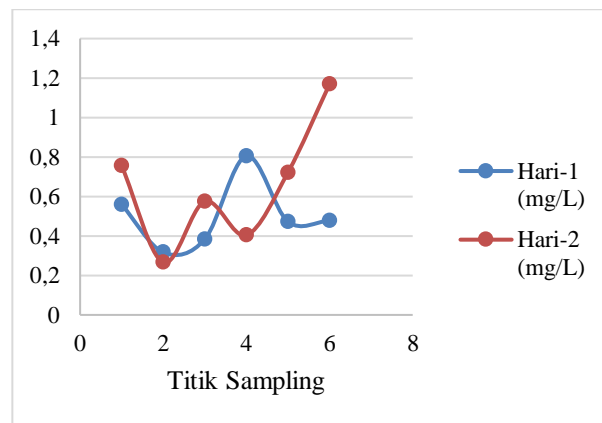
Gambar 4. Grafik Keterkaitan antara Titik Sampling dengan pH

Hasil uji fosfat di Sungai Gude Ploso menunjukkan kadar fosfat optimum pada hari pertama di titik sampling 3 (0,384 mg/L) dan kadar tertinggi pada hari kedua di titik sampling 6 (1,169 mg/L). Sayangnya, seluruh titik pantau melewati ambang batas fosfat untuk sungai dengan kelas 2 yaitu 0,2 mg/L [19]. Kandungan fosfat dipengaruhi oleh oksigen terlarut (48,7%), suhu (12,5%), pH (12,1%), dan kecerahan (15,5%) (Arizuna, 2014). Fosfat tinggi menyebabkan oksigen terlarut rendah, suhu tinggi menyebabkan fosfat rendah, dan pH tinggi meningkatkan konsentrasi fosfat [17].

Tabel 6. Kualitas Parameter PO₄ Air Sungai Gude Ploso

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1 (mg/L)	Hari-2 (mg/L)	
1	1	0,559	0,755	Air Sungai
	2	0,317	0,266	Air Limbah (Pabrik Gula)
2	3	0,384	0,575	Air Sungai
	4	0,805	0,404	Air Limbah (Pabrik Plastik)
3	5	0,473	0,722	Air Sungai
	6	0,477	1,169	Air Sungai

Kegiatan pertanian, limbah domestik, industri, dan peternakan di sekitar Sungai Gude Ploso juga menyumbang fosfat [29]. Penggunaan pupuk dan pestisida pada pertanian, serta limbah MCK masyarakat, meningkatkan kadar fosfat di sungai. Akumulasi beban pencemaran menyebabkan kadar fosfat melebihi baku mutu.



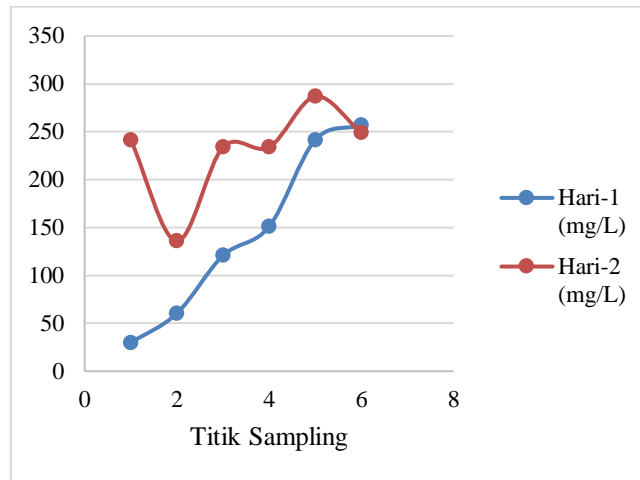
Gambar 5. Grafik Keterkaitan antara Titik Sampling dengan PO₄

Hasil pengujian menunjukkan kadar COD di Sungai Gude Ploso berkisar antara 29,88 - 286,792 mg/L. Terjadi kenaikan COD yang signifikan pada hari pertama dari titik sampling 1 (29,88 mg/L) ke titik sampling 6 (256,603 mg/L). Kadar COD tertinggi tercatat pada titik sampling 5 di hari kedua (286,792 mg/L). Seluruh titik pantau melebihi baku mutu COD untuk sungai kelas 2 yaitu 25 mg/L [19]. Limbah industri gula dan plastik juga melebihi baku mutu Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 yaitu 100 mg/L dan 150 mg/L.

Tabel 7. Kualitas Parameter COD Air Sungai Gude Ploso

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1 (mg/L)	Hari-2 (mg/L)	
1	1	29,88	241,509	Air Sungai
	2	60,377	135,849	Air Limbah (Pabrik Gula)
2	3	120,754	233,962	Air Sungai
	4	150,943	233,962	Air Limbah (Pabrik Plastik)
3	5	241,509	286,792	Air Sungai
	6	256,603	249,056	Air Sungai

COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik dalam air. Nilai COD yang tinggi menandakan tingkat pencemaran yang tinggi pula. Kenaikan COD yang signifikan dari hulu ke hilir dipengaruhi oleh limbah domestik dari pemukiman penduduk [13], limbah industri (pabrik gula dan plastik), dan proses *self purification* sungai yang tidak optimal.



Gambar 6. Grafik Keterkaitan antara Titik Sampling dengan COD

Pemodelan

- Karakteristik Hidrolika Sungai Gude Ploso

Pada penelitian ini menggunakan data hidrolika Sungai Gude Ploso untuk kebutuhan penginputan data kedalam aplikasi QUAL2Kw. Data hidrolika yang dibutuhkan berupa data debit sungai (m³/s), kedalaman sungai (m), lebar dasar saluran sungai (m), dan kecepatan rata-rata sungai (m/s). Data hidrolis sungai didapatkan dari pengukuran langsung yang dilakukan pada bulan Agustus oleh peneliti. Selain itu data mengenai kemiringan sungai dapat dihitung dengan adanya elevasi serta jaraknya perhitungan slope menggunakan rumus :

$$\text{Slope} = \frac{\Delta H \text{ Permukaan air}}{\text{jarak segmen}}$$

Jika terjadi penurunan pada debit dan kecepatan pada segmen sungai tertentu, dapat dikarenakan adanya pelebaran sungai, belokan pada sungai dan besaran debit air limbah yang memasuki sungai. Berikut adalah data primer hidrolis Sungai Gude Ploso, Kecamatan Jombang.

Tabel 8. Data Hidrolika Sungai Gude Ploso

Titik	Debit Air Rata-rata (m ³ /s)	Kedalaman air (m)	Lebar Sungai (m)	Kecepatan Rata-Rata (m/s)
A1	1,03	0,82	8,40	0,1880
A3	0,62	0,52	7,04	0,17
A5	0,52	0,55	5,70	0,11
A6	0,53	0,44	8,31	0,13

- Identifikasi Data yang Diperlukan

Pemodelan kualitas air Sungai Gude Ploso dalam penelitian ini menggunakan program QUAL2Kw dengan melibatkan data kualitas sungai (suhu, pH, fosfat, COD, TSS), data klimatologi (suhu udara, arah angin, kelembapan, kecepatan angin, intensitas sinar matahari), data awal sungai (kecepatan aliran per satuan waktu, kedalaman, kecepatan, lebar), data kualitas air limbah point sources, dan data kualitas air limbah non-point sources (limbah persawahan, limbah domestik, dan fasilitas umum).

Pengumpulan data kualitas air sungai dilakukan melalui dua metode, yaitu data historis dari DLH Kabupaten Jombang dan data primer yang diambil langsung di lapangan. Data primer meliputi data point sources (pabrik gula dan plastik), non-point sources, dan data pendukung lainnya. Data klimatologi diperoleh dari website *Accuweather* untuk bulan Agustus 2024, sedangkan data hidrolis sungai diukur langsung di lapangan.

• Penginputan Data kedalam QUAL2Kw

Program QUAL2Kw memiliki beberapa sheet dengan kode warna yang berbeda untuk memudahkan pengguna dalam memasukkan dan mengolah data. Sheet berwarna biru digunakan untuk input data pembentukan model, sheet berwarna hijau untuk menampilkan hasil data QUAL2Kw, dan sheet berwarna kuning untuk menyajikan data dalam bentuk grafik.

Data yang perlu diinputkan meliputi: waktu pengambilan sampel, nama sungai, data kualitas air di hulu sungai (headwater), data pencemar point sources dan non-point sources (pH, TSS, suhu, COD, dan fosfat), data klimatologi (suhu udara, suhu titik embun, kecepatan angin, intensitas matahari), dan data hidrolis sungai (kedalaman, debit). Penginputan parameter fisika dan kimia air harus menyesuaikan dengan data yang ada pada program QUAL2Kw.

Tabel 9. Parameter Dalam QUAL2Kw

No	Nama Parameter Fisika dan Kimia	Nama Parameter dalam QUAL2Kw	Satuan
1	pH	pH	
2	TSS	<i>Inorganic Solid (ISS)</i>	mg/L
3	Suhu	<i>Temperature</i>	°C
4	Fosfat	<i>Inorganic P</i>	mg/L
5	COD	<i>Generic Constituent</i>	Mg/L

Daya Tampung Beban Pencemar

Daya Tampung Beban Pencemar sendiri dapat dihitung menggunakan perhitungan terhadap selisih dari beban pencemar dan baku mutu yang telah dikalikan dengan debit sungai tiap titik samplingnya. Tahapan pertama yaitu dengan menghitung beban pencemar sungai Gude Ploso. Berikut hasil perhitungan dari beban pencemar :

Tabel 10. Beban Pencemar Sungai Gude Ploso

Titik	Beban Pencemar				
	COD	TSS	pH	Suhu	Phosphate
1	139,765335	6,18	5,974	31,518	0,67671
2	66,6814305	21,42501339	4,289627867	21,0153768	0,311129172
3	112,8183562	17,73694189	3,626162928	17,3221243	0,319768027
4	129,751057	23,36558574	3,704655486	17,6213678	0,429391933

Tabel 11. Hasil dari Perkalian Baku Mutu dan Debit

Titik	COD	TSS	pH	Suhu	Phosphate
1	25,75	51,5	9,27	35,02	0,206
2	15,5	31	5,58	21,08	0,124
4	13,05	26,1	4,698	17,748	0,1044
5	13,3	26,6	4,788	18,088	0,1064

Berdasarkan data tersebut, akan diperoleh perhitungan daya tampung beban pencemar (DTBP) dengan mengurangi data dari beban pencemar dan baku mutu. Berikut untuk hasil perhitungan dari daya tampung beban pencemar sungai Gude Poso :

Tabel 12. Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Gude Ploso

Titik	DO	TSS	pH	Suhu	Phosphate
x	Kg/hari	Kg/hari	-	-	Kg/hari
1	-9850925	3915648	284774	302573	-40669
3	-4422076	827279	111488	5583	-16168
5	-8619986	722568	92607	36796	-18608
6	-10061371	279453	93601	40317	-27907

Perhitungan dari seberapa banyak beban pencemar yang dapat ditampung oleh sungai Sungai Gude Ploso menunjukkan bahwa parameter COD dan fosfat di seluruh titik sampling telah melebihi daya tampung beban maksimum. Hal ini ditunjukkan dengan nilai DTBP yang negatif, terutama pada titik sampling 6 untuk parameter COD (-10061371 Kg/hari), menandakan kondisi yang sangat pekat. Perlu diingat bahwa DTBP dapat berubah sewaktu-waktu akibat perubahan jumlah limbah, jumlah segmen sungai, dan musim (Anand, 2023).

Tingkat Pencemaran

Pencemaran pada titik sungai Gude Ploso dapat dilakukan dengan menggunakan metode STORET, hal ini dikarenakan metode STORET umum digunakan dalam menentukan status mutu air sungai, dengan metode ini dapat mengetahui apakah sungai yang sedang diteliti termasuk kedalam kategori tercemar atau tidak. Metode STORET memiliki prinsip untuk meng-*compare* data dari hasil pengukuran kualitas air yang telah dilakukan dengan ambang batas beban pencemar yang sudah dikeluarkan oleh pemerintah setempat [12]. Dalam membandingkan data hasil dengan baku mutu berlandaskan dengan skor yang telah ditentukan dalam metode STORET. Hal ini tertera pada **Tabel 13** berikut.

Tabel 13. Skor Metode STORET

Jumlah Contoh	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
≥10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Dalam menetapkan status mutu air sungai dikualifikasikan berdasarkan skor yang didapatkan dalam perhitungan metode STORET. Ketentuan dalam menentukan status mutu air menggunakan skor sebagai berikut :

- Skor = 0 → Kelas A (baik sekali)
- Skor = -1 s/d -10 → Kelas B (cemar ringan)
- Skor = -11 s/d -30 → Kelas C (cemar sedang)
- Skor > 30 → Kelas D (cemar berat)

Berdasarkan perhitungan pada tabel 13 sampai 17. Didapatkan hasil bahwasanya titik sampling 1, 3, 5, dan 6 termasuk kedalam kategori cemar sedang dengan skor sebesar -30, -20, -21, dan -21. Hal ini dapat dilihat dari titik sampling 1 tercemar sedang pada parameter pH, COD, dan fosfat. Sedangkan untuk titik sampling 3 hanya COD dan Fosfat, untuk titik sampling 5, dan 6 terdapat parameter TSS, COD, dan Fosfat yang merupakan parameter tercemar. Dari seluruh titik pantau sungai, parameter COD dan Fosfat yang perlu dilakukan penanganan.

Tabel 14. Perhitungan Metode STORET Titik Sampling 1

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Nilai Hasil Pengukuran			Total Skor STORET
				Max	Min	Rata-rata	
1	pH		6 sd 9	5,9	5,7	5,8	-10
2	Suhu	mg/L	Dev 3	30,7	30,5	30,6	0
3	TSS	µmhos/cm	50	8	4	6	0
4	COD	mg/L	25	241,508	29,88	135,694	-10
5	Fosfat	mg/L	0,2	0,755	0,559	0,657	-10
TOTAL							-30

Tabel 15. Perhitungan Metode STORET Titik Sampling 3

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Nilai Hasil Pengukuran			Total Skor STORET
				Max	Min	Rata-rata	
1	pH		6 sd 9	7	6,3	6,65	0
2	Suhu	mg/L	Dev 3	33,6	33,2	33,4	0

3	TSS	µmhos/cm	50	39	32	35,5	0
4	COD	mg/L	25	233,962	120,754	177,358	-10
5	Fosfat	mg/L	0,2	0,575	0,384	0,4795	-10
TOTAL							-20

Tabel 16. Perhitungan Metode STORET Titik Sampling 5

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Nilai Hasil Pengukuran			Total Skor STORET
				Max	Min	Rata-rata	
1	pH		6 sd 9	7,2	6,7	6,95	0
2	Suhu	mg/L	Dev 3	33,8	33,6	33,7	0
3	TSS	µmhos/cm	50	52	20	36	-1
4	COD	mg/L	25	286,792	241,509	264,1505	-10
5	Fosfat	mg/L	0,2	0,722	0,473	0,5975	-10
TOTAL							-21

Tabel 17. Perhitungan Metode STORET Titik Sampling 6

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Nilai Hasil Pengukuran			Total Skor STORET
				Max	Min	Rata-rata	
1	pH		6 sd 9	6,8	6	6,4	0
2	Suhu	mg/L	Dev 3	33,2	32,5	32,85	0
3	TSS	µmhos/cm	50	72	24	48	-1
4	COD	mg/L	25	256,603	249,056	252,8295	-10
5	Phospat	mg/L	0,2	1,169	0,477	0,823	-10
TOTAL							-21

Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Gude Ploso

Analisis kondisi Sungai Gude Ploso menunjukkan adanya beberapa permasalahan, seperti pencemaran limbah padat, bau tidak sedap, kualitas air yang belum memenuhi baku mutu, dan rendahnya kesadaran masyarakat. Limbah pabrik dan domestik menyebabkan COD, fosfat, dan TSS melebihi batas yang ditetapkan. Daya tampung beban pencemar pun telah overload, dan sungai mengering saat kemarau. Meskipun demikian, terdapat upaya positif dari pemerintah dan masyarakat, seperti kajian daya tampung, izin lingkungan bagi pabrik, dan komunitas lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan strategi pemantauan limbah pabrik secara rutin dan tegas, sosialisasi pengelolaan sampah kepada masyarakat, program fitoremediasi menggunakan eceng gondok atau kangkung, penggelontoran dan pengerukan lumpur untuk mengurangi bau, serta pembinaan LSM dan komunitas untuk program bersih sungai secara berkala.

Kalibrasi

Proses kalibrasi pada pemodelan QUAL2Kw dilakukan dengan mengubah-ubah (trial and error) variabel hingga model sesuai dengan data yang diinputkan. Kalibrasi meliputi kalibrasi data hidrolis dan kalibrasi kualitas air. Kalibrasi data hidrolis dilakukan dengan mengubah nilai pada Manning formula (sheet reach) dan nilai debit (worksheet point source dan hydraulic data) hingga model mendekati data eksisting. Kalibrasi kualitas air dilakukan dengan mengubah nilai pada *worksheet Diffuse Source, Reach Rates*, dan *Initial Condition*.

Contoh kalibrasi parameter COD:

Gambar 7 menunjukkan hasil pemodelan COD. Pada segmen 1 terjadi sedikit penurunan, menunjukkan bahwa limbah pabrik gula tidak terlalu berpengaruh pada kondisi sungai. Namun, pada segmen 2 terjadi kenaikan signifikan, terutama di lokasi pabrik plastik, karena limbah pabrik plastik memiliki kadar COD yang tinggi.



Gambar 7. Grafik Hubungan Jarak dan Model COD

Tabel 18 menunjukkan hasil perhitungan MAPE untuk parameter COD sebesar 8,75%. Titik sampling 5 memiliki selisih sebesar 22,22% antara model dan data eksisting, meskipun telah dilakukan kalibrasi maksimum. Namun, hasil pemodelan COD tetap dinyatakan valid karena nilai MAPE < 50%.

Tabel 18. Perhitungan Nilai MAPE COD

COD				
Titik	Tren Model	Data Eksisting	Error	Error /act
x	At	Ft	At-Ft	(At-Ft /At)
Titik sampling 1	135,69	135,694	5E-04	0,00%
Titik sampling 3	107,55	117,358	9,807	9,12%
Titik sampling 5	216,13	264,1505	48,02	22,22%
Titik sampling 6	243,89	252,829	8,936	3,66%
Total Nilai MAPE				8,75%

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Gude Ploso, khususnya parameter COD dan fosfat, masih belum memenuhi baku mutu di semua titik sampling. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) juga menunjukkan bahwa parameter COD dan fosfat telah melebihi kapasitas maksimum. Oleh karena itu, direkomendasikan beberapa strategi penanggulangan pencemaran, antara lain: pemantauan kualitas outlet industri, sosialisasi dan pembinaan masyarakat mengenai pengelolaan sampah, implementasi program fitoremediasi menggunakan eceng gondok dan kangkung, penggelontoran air dan pengerukan lumpur di dasar sungai saat musim kemarau, serta pembinaan LSM dan komunitas lingkungan untuk kegiatan bersih sungai.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang dalam menentukan strategi penanggulangan pencemaran Sungai Gude Ploso. Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan pada awal musim kemarau atau hujan untuk menjaga debit sungai, serta menambahkan titik sampling di hilir sungai setelah area pesantren untuk mengetahui efektivitas self-purification sungai.

5. Referensi

- [1] Samudro, Sudarno, Dyah Agustiningsih, and Setia Budi Sasongko. "Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air Sungai Blukar Kabupaten Kendal." *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 9.2 (2012): 64-71.
- [2] Baherem. Strategi Pengelolaan Sungai Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi, Studi Kasus: Sungai Cibanten Provinsi Banten. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. (2014).
- [3] Daroini, Tamamu Azizid, and Apri Arisandi. "Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan." *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan* 1.4 (2020): 558-566.

- [4] Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang, Penyusunan Inventarisasi Sumber – Sumber Pencemar dan Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) (2018).
- [5] Effendi, H. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK IPB. Bogor. (2000).
- [6] Firmansyah, Yura Witsqa, Onny Setiani, and Yusniar Hanani Darundiati. "Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur." *Jurnal Serambi Engineering* 6.2 (2021).
- [7] Gazali, I., Widiatmono, R.B., dan Wirosodarmo, R. Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), hal.1-8. (2013).
- [8] Hindriani, Heny. "Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujung Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran." *Jurnal sumber daya air* 9.2 (2013): 169-184.
- [9] Arbie, Rahmat Randy, Winardi Dwi Nugraha, and Sudarno Sudarno. *Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO Dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DI Yogyakarta)*. Diss. Diponegoro University, (2015).
- [10] Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y. S., Kanel, S. R, dan Pelletier, G. J. Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management In The Bagmati River, Nepal. *Ecological Modelling*, 202(3), hal.503-517. (2007).
- [11] Khairunnas, Khairunnas, and Mulya Gusman. "Analisis pengaruh parameter konduktivitas, resistivitas dan TDS terhadap salinitas air tanah dangkal pada kondisi air laut pasang dan air laut surut di daerah pesisir pantai Kota Padang." *Bina Tambang* 3.4 (2018): 1751-1760.
- [12] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.
- [13] Komarudin M, Hariyadi S, Kurniawan B, Analisis Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Pesanggrahan (Segmen Kota Depok) Dengan Menggunakan Model Numerik Dan Spasial. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol. 5 No. 2. Hal.121-132. (2015).
- [14] Marlina, Nelly, Hudori Hudori, and Ridwan Hafidh. "Pengaruh kekasaran saluran dan suhu air sungai pada parameter kualitas air COD, TSS di Sungai Winongo menggunakan Software Qual2Kw." *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan* 9.2 (2017): 122-133.
- [15] Nabila, I. & Ranggadara, I. 'Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut', *Journal of Information System*, 5(2). 250-255. (2020), DOI: 10.33633/joins.v5i2.3900
- [16] Naillah, Amiratun, Lia Yulia Budiarti, and Farida Heriyani. "Literature Review: Analisis Kualitas Air Sungai dengan Tinjauan Parameter pH, Suhu, BOD, COD, DO terhadap Coliform." *Homeostasis* 4.2 (2021): 487-494.
- [17] Noviarni, Noviarni, et al. "Analisis Kadar Fosfat pada Air Sungai Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis." *Jurnal Redoks: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia* 6.2 (2023): 59-64.
- [18] Patty, Simon I., Rikardo Huwae, and Ferdimon Kainama. "Variasi musiman suhu, salinitas dan kekeruhan air laut di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara." *Jurnal Ilmiah Platax* 8.1 (2020): 110-117.
- [19] Peraturan Pemerintah, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," Pemerintah Republik Indonesia, 2021.
- [20] Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- [21] Prahutama, A., Estimasi Kandungan DO (Dissolved Oxygen) di Kali Surabaya dengan Metode Kringing, *Statistika*, vol.1, no.2, pp.9-14. (2013).
- [22] Purba, Ranto Haposan, Mubarak Mubarak, and Musrifin Ghalib. "Sebaran Total Suspended Solid (Tss) Di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau." *Jurnal Perikanan Dan Kelautan* 23.1 (2018): 21-30.
- [23] Purwati, Lilik. Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Gude Ploso di Kabupaten Jombang. Jombang. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang. (2017).
- [24] Rohman, M. K. "Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Filter Membran Dari Sintesis Zeolit Dan Kitosan Untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) Dan Surfaktan." *Institut Teknologi Sepuluh Nopember* (2016).

- [25] Sami, M., Penyisihan COD, TSS, dan pH dalam Limbah Cair Domestik dengan Metode Fixed-Bed Column Up Flow, *Journal of Science and Technology*, vol.10, no.21, pp.1-11. (2012).
- [26] Sari, Ihda Zuyina Ratna. Pengaruh Cahaya Biru Dalam Fotobioreaktor Silinder Terhadap Penyerapan Nitrogen dan Fosfat Pada Limbah Cair Peternakan Sapi Serta Kandungan Karbohidrat *Chlorella zofingiensis* Dönn. Diss. Universitas Gadjah Mada, (2014).
- [27] Sarminingsih, A., and A. Rezagama. "Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Garang Watershed, Semarang, Indonesia." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1217. No. 1. IOP Publishing, (2019).
- [28] Sittadewi, Euthalia Hanggari. "Identifikasi vegetasi di koridor Sungai Siak dan peranannya dalam penerapan metode bioengineering." *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 10.2 (2008).
- [29] Trofisa, D. Kajian Beban Pencemaran dan Daya Tampung Pencemaran Sungai Ciliwung di Segmen Kota Bogor (Skripsi). Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.(2011)
- [30] Yulis, Putri Ade Rahma. "Analisis kadar logam merkuri (Hg) dan (Pb) air Sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin (PETI)." *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia* 2.1 (2018): 28-36.