

Strategi Penanggulangan Pencemaran Air Sungai Rejo Agung Menggunakan Pemodelan Qual2kw

Muhammad Arya Pradipta^{1*}, Okik Hendriyanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Koresponden email: parya6406@gmail.com

Diterima: 7 Maret 2024

Disetujui: 13 Maret 2024

Abstract

Water pollution is a serious environmental problem caused by human activities, especially in urban areas. The Rejo Agung River in Jombang District, East Java, was the focus of the study due to the impact of pollution from household waste and the tofu industry. In order to control water pollution, QUAL2Kw modeling was used as a tool to identify major pollution sources, predict changes in water quality, and test the effectiveness of countermeasure strategies. The study revealed that the water quality of the Rejo Agung River, although still meeting quality standards, experienced a significant decline in the Dissolved Oxygen (DO) parameter at several sampling points, indicating a pollution problem that needs to be addressed. The modeling results show that the river has varying pollutant load carrying capacity, with water quality degradation mainly in DO levels. The STORET method analysis also showed that the level of pollution varied from mild to moderate pollution. Various pollution mitigation strategies were proposed, including socialization to the community on waste management, monitoring of industrial and household waste discharges, river clean-up activities, improved management of communal WWTPs, as well as technical studies for water class determination and pollution load carrying capacity as the basis for granting permits. With the implementation of appropriate strategies, it is expected that water pollution in Rejo Agung River can be reduced, maintaining the sustainability of the river ecosystem, and improving the quality of life of people who depend on these water resources.

Keywords: *water pollution, rejo agung river, QUAL2Kw, water quality, pollution control*

Abstrak

Pencemaran air merupakan masalah lingkungan serius yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, terutama di daerah perkotaan. Sungai Rejo Agung di Kabupaten Jombang, Jawa Timur, menjadi fokus penelitian karena dampak pencemaran dari limbah rumah tangga dan industri tahu. Dalam rangka mengendalikan pencemaran air, pemodelan QUAL2Kw digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi sumber pencemaran utama, memprediksi perubahan kualitas air, dan menguji efektivitas strategi penanggulangan. Penelitian ini mengungkapkan bahwa kualitas air Sungai Rejo Agung, meskipun masih memenuhi baku mutu, mengalami penurunan signifikan pada parameter *Dissolved Oxygen* (DO) di beberapa titik sampling, menunjukkan adanya masalah pencemaran yang perlu ditangani. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa sungai memiliki daya tampung beban pencemar yang beragam, dengan penurunan kualitas air terutama pada kadar DO. Analisis metode STORET juga menunjukkan tingkat pencemaran yang bervariasi dari cemar ringan hingga cemar sedang. Berbagai strategi penanggulangan pencemaran diajukan, termasuk sosialisasi kepada masyarakat tentang pengelolaan limbah, pemantauan buangan limbah industri dan rumah tangga, kegiatan bersih-bersih sungai, peningkatan manajemen IPAL komunal, serta kajian teknis untuk penetapan kelas air dan daya tampung beban pencemaran sebagai dasar pemberian izin. Dengan penerapan strategi yang tepat, diharapkan pencemaran air di Sungai Rejo Agung dapat dikurangi, menjaga keberlanjutan ekosistem sungai, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat yang bergantung pada sumber daya air tersebut.

Kata Kunci: *pencemaran air, sungai rejo agung, QUAL2Kw, kualitas air, penanggulangan pencemaran*

1. Pendahuluan

Tergantung pada luas dan intensitas pembangunan yang dilakukan, perubahan komponen lingkungan hidup dapat terjadi [1]. Pembangunan dapat menyebabkan pencemaran air, yang didefinisikan sebagai masuknya organisme, bahan, energi, atau unsur-unsur lain ke dalam air melalui aktivitas manusia, sehingga menurunkan kualitas air hingga tidak memungkinkan air berfungsi sebagaimana mestinya [2]. Banyak sumber air, termasuk danau, sungai, laut, dan air tanah, rentan terhadap pencemaran air. Karena pasokan air bersih untuk minum semakin terancam oleh polusi, salah satu dampak baru dari polusi air adalah peningkatan konsumsi air mineral dalam kemasan, khususnya di wilayah metropolitan dan masyarakat

pedesaan [3]. Air sangat penting bagi kehidupan, namun persediaan air tanah semakin berkurang, sehingga pemanfaatannya secara bijak untuk melindungi kepentingan generasi sekarang dan masa depan sangatlah penting [4].

Karena sebagian besar sampah dibuang langsung ke lingkungan perairan, ekosistem sungai khususnya sangat rentan terhadap dampak negatif pencemaran. Keberadaan industri dan pemukiman di dekat perairan merupakan permasalahan utama yang perlu dicarikan solusinya. Pencemaran air sungai merupakan masalah serius yang diakibatkan oleh pembuangan langsung sampah, limbah cair, dan sampah domestik ke sungai [5]. Sungai menyediakan berbagai keperluan bagi kehidupan manusia sebagai sumber air, termasuk irigasi, transportasi, perikanan, dan air minum. Namun menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, sungai mungkin menjadi lebih rentan terhadap pencemaran air akibat aktivitas manusia [6]. Meningkatnya industrialisasi juga dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem, sehingga sungai-sungai yang menerima limbah industri lebih rentan terhadap kontaminasi [7].

Jalur air terbuka yang terbentuk secara alami dan mengalirkan air dari hulu ke muara disebut sungai. Sungai Rejo Agung di Kabupaten Jombang, Jawa Timur, menjadi objek kajian karena dekat dengan pemukiman warga dan produsen tahu yang mencemari sungai tersebut dengan pembuangan limbah cairnya. Daerah tangkapan air dan perlindungan lokal termasuk dalam program konservasi air Kabupaten Jombang. Rencana pengelolaan yang melarang praktik pertanian yang mengganggu, melestarikan tepian sungai, menanam vegetasi pelindung, dan melakukan restorasi lahan juga merupakan bagian dari program ini. Sumber-sumber tertentu, termasuk sampah rumah tangga dan industri yang terintegrasi, serta sumber-sumber yang tidak diketahui, seperti kawasan pemukiman dan pertanian, mungkin dapat mencemari air. Baku mutu air untuk limbah cair dan badan air ditetapkan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku [6][8][9]. Metode STORET digunakan untuk menentukan status kualitas air dan memberikan nilai skor yang menentukan kelas kualitas air, mulai dari sangat baik hingga tercemar berat.

Yang dimaksud dengan “daya dukung beban pencemar” (DTBP) adalah kemampuan suatu sumber air dalam menerima pencemaran dari beberapa sumber tanpa mencemari air tersebut. DTBP digunakan sebagai alat pertimbangan dalam menyusun kebijakan daerah yang berkaitan dengan penetapan rencana tata ruang, pemberian izin usaha atau kegiatan, pemberian izin pembuangan sampah, dan penilaian kualitas air [10]. Selisih DTBP dengan beban pencemaran aktual menentukan daya dukung sungai. Hujan asam dan menipisnya lahan pertanian hanyalah dua contoh pencemaran lingkungan dan dampak buruk yang mungkin ditimbulkan oleh operasi industri. Hal ini terutama berlaku pada limbah cair, gas, dan padat. Aktivitas manusia dapat mengganggu sistem pemurnian diri alam, yang menghilangkan kontaminan alami dari air, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas air [5][6].

Makhluk air sangat dipengaruhi oleh keseimbangan asam dan basa dalam suatu bahan atau larutan, yang digambarkan dengan indeks pH. Dengan nilai 7 yang menunjukkan netralitas, nilai di atas 7 menunjukkan kualitas basa, dan nilai di bawah 7 menunjukkan sifat asam, skala pH menunjukkan seberapa asam atau basa suatu bahan. Kertas lakmus atau pengukur pH yang beroperasi berdasarkan prinsip elektrolit dapat digunakan untuk menguji pH. Oksigen terlarut dalam air sangat penting bagi kelangsungan hidup mikroorganisme, dihasilkan baik dari atmosfer maupun dari proses fotosintesis oleh alga. Kadar oksigen terlarut yang rendah dapat menghambat tingkat nitrifikasi, yang pada gilirannya menurunkan konsentrasi nitrat dalam air sungai sementara meningkatkan konsentrasi total nitrogen dan amonium. Dampaknya, proses pemurnian diri air terhambat karena terjadi penurunan laju transformasi nitrifikasi – denitrifikasi [12].

Pendekatan kualitas air mempunyai beberapa bentuk, seperti model terdistribusi, model dinamis, dan model kondisi tunak. Pemilihan model tergantung pada tujuan dan keadaan penelitian. Model kualitas air yang menerapkan konsep beda hingga antara lain QUAL2E, QUAL-2K, *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP), dan MODQUAL. Salah satu modelnya, QUAL2Kw, merupakan suatu teknik untuk memperkirakan kapasitas pengangkutan beban pencemaran air dengan memodelkan satu dimensi, menyederhanakan keadaan lapangan, dan menghasilkan model berdasarkan kondisi aliran tunak. Microsoft Excel dapat digunakan untuk menjalankan program QUAL2Kw, yang dibuat dari QUAL2E dan dapat mensimulasikan berbagai karakteristik kualitas air [13]. Sementara itu, QUAL2Kw memperluas model QUAL2K dengan menggabungkan sejumlah fitur dan proses baru, seperti pertukaran air antara zona hiporheik dan kolom air permukaan serta pori-pori sedimen.

Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten/Kota sesuai dengan kewenangannya masing-masing mempunyai kewenangan untuk memastikan daya tampung beban pencemaran (DTBP) dan melakukan inventarisasi sumber pencemaran dalam rangka pengendalian pencemaran air pada sumber air. Pasal 20 Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air memuat pengaturan mengenai hal tersebut.

Pemodelan menggunakan QUAL2Kw adalah salah satu metode yang mungkin. Model matematika yang disebut QUAL2Kw digunakan untuk mensimulasikan kualitas air sungai dan membantu pembuatan rencana pengelolaan pencemaran [2].

Karakteristik fisik, kimia, dan biologi air sungai dipertimbangkan dalam pemodelan QUAL2Kw. Dengan bantuan model ini, para ilmuwan dan pengambil keputusan dapat menentukan dengan tepat sumber utama polusi, memperkirakan bagaimana berbagai skenario akan mempengaruhi kualitas air, dan mengevaluasi kemandirian teknik mitigasi yang disarankan sebelum menerapkannya. Rencana pengelolaan pencemaran air di Sungai Rejo Agung yang berbasis bukti dan berhasil dapat dikembangkan melalui penerapan pemodelan QUAL2Kw. Rencana ini dapat mencakup penegakan peraturan yang lebih ketat mengenai pembuangan sampah rumah tangga dan komersial, peningkatan teknologi pemurnian air, dan pendidikan masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan sungai. Hal ini dimaksudkan agar dengan menerapkan langkah-langkah mitigasi yang tepat, pencemaran air di Sungai Rejo Agung dapat berkurang secara signifikan, kelestarian ekosistem sungai dapat terjaga, dan kehidupan masyarakat yang bergantung pada sumber daya air tersebut dapat ditingkatkan.

2. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini dimulai dari penentuan sungai yang ingin diteliti, faktor yang menentukan pemilihan sungai yaitu dari kondisi sungainya. Sungai Rejo Agung dipilih karena disekitaran sungai Rejo Agung terdapat 2 desa yang mayoritas masyarakat bekerja sebagai pembuat tahu dan berternak. Selain itu juga disekitar sungai Rejo Agung terdapat pabrik tahu dengan skala produksi cukup besar yang membuang limbah cair ke sungai Rejo Agung secara langsung tanpa adanya pengelolaan limbah industri terlebih dahulu. Setelah menentukan sungai yang diteliti, selanjutnya menentukan titik lokasi sampling dengan melakukan pembagian segmentasi sungai. Segmentasi sungai pada penelitian ini dibagi menjadi 3 segmentasi, segmentasi ini dibagi berdasarkan buangan industri yang masuk ke dalam sungai. Segmentasi 1 terdapat limbah pabrik tahu dan limbah ternak yang masuk ke dalam sungai Rejo Agung, segmentasi 2 terdapat limbah pabrik tahu yang masuk ke dalam sungai Rejo Agung, dan segmentasi 3 terdapat limbah domestik dan limbah dari pondok pesantren yang masuk ke dalam sungai Rejo Agung.



Gambar 1. Peta dan Pembagian Segmen Sungai Rejo Agung
 Sumber: Citra Satelit Google Earth Pro

Penelitian ini dibagi menjadi tiga segmen yang masing-masing memiliki karakteristik limbah yang berbeda. Segmen pertama, dengan panjang sungai 0,52 km, dimulai dari jembatan dekat industri tahu hingga jembatan berikutnya, menerima limbah dari pabrik tahu rumah tangga, industri tahu skala industri, peternakan sapi, dan limbah domestik. Segmen kedua, dengan panjang 1,15 km, berada dari jembatan samping musholla hingga jembatan desa selanjutnya, menerima limbah dari industri tahu skala rumah tangga dan limbah domestik. Sedangkan segmen ketiga, dengan panjang 0,93 km, berada dari titik P2 hingga titik hilir pengambilan sampel, menerima masukan dari limbah non-domestik dan limbah pondok pesantren.

Setelah penentuan segmentasi sungai, parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu pH dan *Dissolved Oxygen*. Penentuan parameter ini dikarenakan karakteristik dari air limbah yang masuk ke dalam sungai memiliki kadar pH yang asam dan kadar DO yang rendah. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel air sungai dan air limbah (*point source*) menggunakan SNI 6989.57:2008 untuk dilakukan uji coba parameter pH dan DO. Uji pH dan DO dilakukan di laboratorium air UPN “Veteran” Jawa Timur. Untuk mengetahui grafik daya tampung beban pencemar, masukkan data hasil uji coba ke dalam aplikasi QUAL2Kw.

Dalam pemodelan QUAL2Kw analisis data dilakukan setelah memperoleh semua informasi yang diperlukan. Input data ditempatkan dalam berbagai lembar kerja seperti QUAL2K untuk informasi dasar, *Headwater Worksheet* untuk aliran dan pemusatan sistem, serta *Reach* untuk informasi aliran hulu sungai dan anak sungai. Selanjutnya, kalibrasi data dilakukan untuk memastikan pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting melalui *trial and error*. Setelah itu, simulasi model skenario dijalankan untuk menjalankan skenario yang telah ditetapkan. Beban pencemar, yang merupakan jumlah unsur pencemar dalam air atau limbah, dihitung dengan rumus $BP = \text{Debit} \times \text{Konsentrasi}$. Sedangkan Daya Tampung Beban Pencemar, yang merupakan kemampuan sungai untuk menerima masukan limbah tanpa mencemari airnya, dihitung dengan rumus $DTBP = \text{Beban pencemar maksimal} - \text{Beban tampah pencemar}$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Eksisting Sungai Rejo Agung

Penelitian ini dilaksanakan di sepanjang Sungai Rejo Agung, dimulai dari jembatan Desa Sumberwaras, Kecamatan Jogoroto hingga depan Pondok Pesantren Darul Ulum Jombang, dengan total 2,6 km yang terbagi menjadi 3 segmen. Dilakukan pada bulan November 2023 saat musim kemarau panjang, dengan hipotesis bahwa sungai ini memiliki karakteristik parameter air yang pekat. Sungai Rejo Agung menghadapi permasalahan bau menyengat yang mengganggu lingkungan pemukiman di sekitarnya, disebabkan oleh saluran pembuangan limbah dari industri tahu yang menjadikan warna air sungai kuning keruh dan merugikan nilai estetika sungai. Kondisi sungai saat penelitian mencerminkan kondisi eksisting pada bulan November 2023, dan kelasnya termasuk kelas 2 sesuai Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021, karena masih digunakan untuk keperluan pertanian, ladang jagung, dan peternakan sapi.



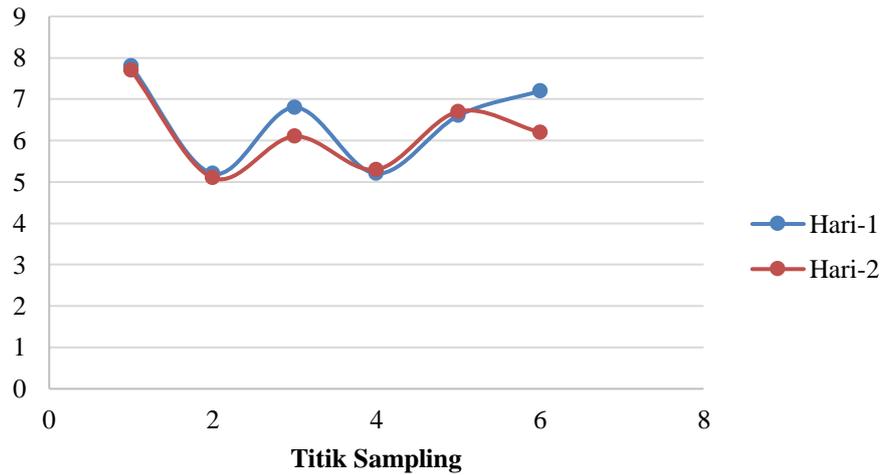
Gambar 2. Kondisi Eksisting Sungai Rejo Agung
 Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

3.2. Pengaruh Kualitas Parameter pH Sungai Rejo Agung

Hasil pengukuran parameter pH pada Sungai Rejo Agung menunjukkan variasi antara 5,2 hingga 7,8 pada hari pertama dan 5,1 hingga 7,7 pada hari kedua, dengan titik sampling 1 menunjukkan pH netral tertinggi sebesar 7,7 dan 7,8. Titik sampling 3 mencatat nilai pH terendah antara 6,1 dan 6,8. Titik sampling 2 dan 4, yang menerima limbah industri tahu, menunjukkan karakteristik pH asam, dengan nilai antara 5,2-5,3 pada hari pertama dan 5,1 pada hari kedua. Meskipun beberapa titik sampling menunjukkan nilai di luar rentang baku mutu kelas sungai golongan 2 (6-9), secara keseluruhan, kualitas air Sungai Rejo Agung dalam parameter pH masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI.

Tabel 1. Kualitas Parameter pH Sungai Rejo Agung

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



Gambar 3. Grafik Hubungan Titik Sampling dengan pH

Gambar 3 menggambarkan penurunan kadar pH antara titik 1 dan 3 di Sungai Rejo Agung. Penurunan ini disebabkan oleh debit besar air limbah industri tahu pada segmentasi 1 (titik sampling 2) dengan kadar pH asam (5,2–5,1), yang berakibat pada penurunan nilai pH di titik sampling 3. Meskipun masukan limbah industri pada segmentasi 2 (titik sampling 4) tidak berpengaruh secara signifikan karena jumlah debitnya tidak terlalu besar, peningkatan nilai pH dipengaruhi oleh limbah organik dan anorganik yang dibuang ke sungai. Biota akuatik, yang cenderung sensitif terhadap perubahan pH, memiliki preferensi pada nilai pH sekitar 7–8,5 [1]. Analisis berdasarkan teori tersebut menunjukkan bahwa sungai Rejo Agung mengandung limbah industri tahu yang dapat menyebabkan penurunan nilai pH, meskipun kadar pH yang terukur masih memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, menunjukkan adanya keseimbangan antara proses fotosintesis dan respirasi di perairan tersebut.

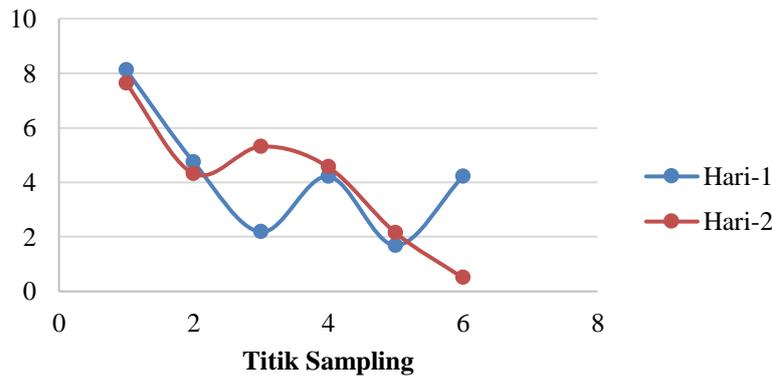
3.3. Pengaruh Kualitas Parameter DO Sungai Rejo Agung

Berdasarkan **Tabel 2**, uji kadar oksigen terlarut (DO) di Sungai Rejo Agung menunjukkan rentang 1,6–8,121 mg/L. Kadar DO mengalami penurunan signifikan, dengan nilai optimum 8,121 mg/L di titik sampling 1 hari pertama dan nilai terendah 1,6 mg/L di titik sampling 6 hari kedua. Penurunan ini disebabkan oleh masukan air limbah industri tahu dengan karakteristik DO rendah (4,2–4,7 mg/L) serta gangguan proses fotosintesis pada segmentasi 2 dan 3. Pada titik sampling 3, 5, dan 6, kadar DO tidak memenuhi baku mutu kelas sungai golongan 2, yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI dengan nilai maksimum baku mutu sebesar 4.

Tabel 2. Kualitas Parameter DO Sungai Rejo Agung

Segmentasi	Titik Sampling	Konsentrasi (mg/L)		Jenis Sampling
		Hari-1	Hari-2	
1	1	8,121	7,627	Air Sungai
	2	4,746	4,321	Air Limbah
2	3	2,18	5,31	Air Sungai
	4	4,218	4,561	Air Limbah
3	5	1,687	2,15	Air Sungai
	6	4,21	0,5	Air Sungai

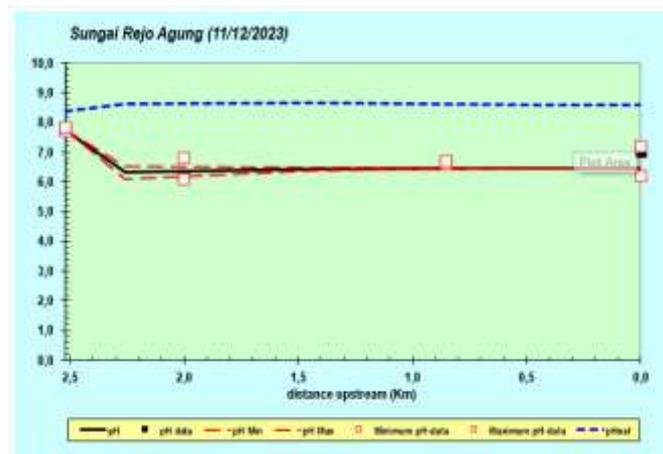
Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar oksigen terlarut (DO) di sungai meliputi difusi udara, fotosintesis biota air, dan pergerakan air permukaan. Menurut Effendi (2003), kadar DO dalam perairan tawar berkisar antara 15 mg/l pada suhu 0°C dan 8 mg/l pada suhu 25°C. Kondisi DO yang rendah dapat berdampak negatif terhadap ikan, di mana kisaran DO 0,3–1,0 mg/l dapat menyebabkan kematian ikan jika berlangsung lama, sementara kisaran DO 1,0–5,0 mg/l dapat memperlambat pertumbuhan ikan [14]. Penurunan kadar DO pada segmentasi 2 dan 3 Sungai Rejo Agung disebabkan oleh limbah domestik dari pemukiman dan limbah industri tahu yang masuk, kandungan organik dan padatan tersuspensi tinggi dalam limbah tersebut menghambat laju fotosintesis. Data menunjukkan bahwa kadar DO di segmentasi 2 dan 3 berkisar antara 3,164–1,6 mg/L, mengganggu pertumbuhan biota di sungai.



Gambar 4. Grafik Hubungan Titik Sampling dengan DO

3.4. Permodelan Kualitas Air dari parameter pH

Grafik pada **Gambar 5** eksisting (kotak hitam), hasil pemodelan dianggap valid. Pada segmen 1, terjadi penurunan tren model pH pada jarak 2 km hingga 2,52 km karena adanya buangan industri tahu dengan pH asam pada jarak 2,5 km. Meskipun demikian, nilai pH pada segmen 1 hingga 3 tetap memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI.



Gambar 5. Grafik hubungan jarak dan model pH

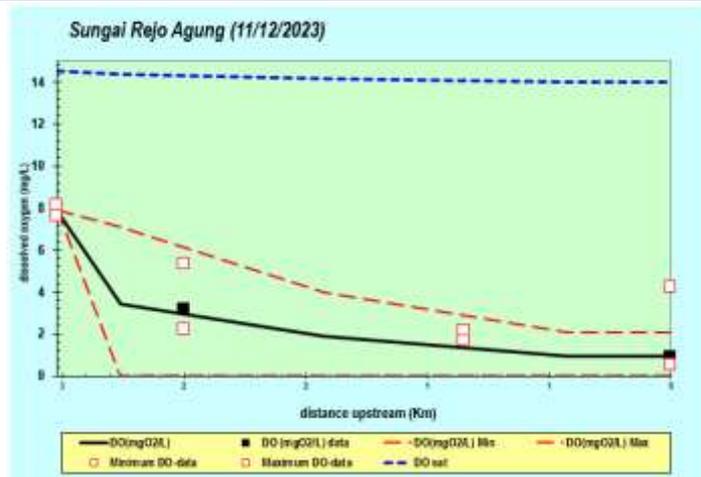
Tabel 3. Perhitungan nilai MAPE parameter pH

pH					
Titik Sampling	Jarak m	Tren Model At	Data Eksisting Ft	$\frac{ Error }{ At-Ft }$	$\frac{ Error }{act}$ ($\frac{ At-Ft }{At}$)
Titik 1	2,52	7,75	7,75	9E-16	0,00%
Titik 2	2	6,33	6,20	0,128	2,03%
Titik 3	0,85	6,43	6,65	0,217	3,37%
Titik 4	0	6,48	7,00	0,516	7,95%
Total Nilai MAPE					3,34%

Validitas data diuji menggunakan metode MAPE, dengan nilai error hanya sebesar 3,34%, memenuhi persyaratan kevalidan data yang mensyaratkan nilai error <50%. Keakuratan data ini diperoleh melalui minimnya selisih antara hasil nilai pemodelan dan data primer (data eksisting), menegaskan kevalidan hasil pemodelan.

3.5. Permodelan Kualitas Air dari parameter DO

Grafik pada **Gambar 6** menunjukkan tren model (garis hitam) pada parameter DO yang mendekati data primer (kotak hitam). Terjadi penurunan drastis pada segmen 1 karena adanya buangan limbah industri tahu dengan kadar DO rendah. Penurunan kadar DO juga terlihat pada segmen 2 dan 3, menunjukkan bahwa tingkat fotosintesis makhluk hidup di Sungai Rejo Agung tidak optimal.



Gambar 6. Grafik hubungan jarak dan model DO

Tabel 4. Perhitungan nilai MAPE parameter DO

DO					
Titik Sampling	Jarak m	Tren Model At	Data Eksisting Ft	Error At-Ft	Error /act (At-Ft /At)
Titik 1	2,52	7,87	7,87	4E-15	0,00%
Titik 2	2	3,43	3,16	0,263	7,68%
Titik 3	0,85	1,89	1,92	0,033	1,73%
Titik 4	0	0,93	0,86	0,066	7,16%
Total Nilai MAPE					4,14%

Validitas data diuji menggunakan metode MAPE, Dengan menggunakan metode MAPE, tingkat error data hasil pemodelan hanya sebesar 4,14%, memenuhi syarat kevalidan data dengan tingkat error <50%. Oleh karena itu, data hasil pemodelan parameter DO dapat dianggap valid

3.6. Daya Tampung Beban Pencemar Sungai Rejo Agung

Analisis mengenai pH dan DO sungai Rejo Agung berdasarkan data pemodelan QUAL2Kw menunjukkan hasil yang penting untuk evaluasi kualitas air. Parameter pH pada sungai Rejo Agung berada dalam kisaran 6,33 hingga 7,75, sesuai dengan baku mutu kelas 2 yang menetapkan rentang 6-9. Daya tampung beban pencemar sungai Rejo Agung untuk pH paling tinggi terdapat pada titik 2 sebesar 291.789 kg/hari. Namun, pada parameter DO, terdapat penurunan drastis pada beberapa titik sampling (titik 2-4) yang melebihi daya tampung beban pencemar sungai kelas 2. Titik 1 memiliki daya tampung tertinggi untuk parameter DO sebesar 384.523 kg/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa sungai Rejo Agung dapat mengalami penurunan kualitas air terutama pada kadar DO, yang dapat berdampak pada ekosistem sungai. Perubahan daya tampung sungai dapat terjadi akibat peningkatan jumlah limbah dan perbedaan musim, namun perubahannya tidak signifikan [15]. Evaluasi terus-menerus diperlukan untuk menjaga keseimbangan ekosistem sungai dan mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

Tabel 5. Daya tampung beban pencemar sungai Rejo Agung

Titik	DO	pH
x	Kg/hari	Kg/hari
1	384523	124200
2	-62537	291789
3	-226922	275433
4	-315226	257992

3.7. Tingkat Pencemaran

Berdasarkan hasil perhitungan metode STORET pada parameter pH dan DO untuk tiap titik sampling sungai Rejo Agung, didapatkan bahwa kualitas air sungai tersebut mengalami pencemaran dengan tingkat yang bervariasi. Titik sampling 1 dikategorikan sebagai cemar ringan dengan skor -4, sementara titik sampling 2, 3, dan 4 masuk dalam kategori cemar sedang dengan skor masing-masing -20, -12, dan -16. Pada parameter pH, semua titik sampling berada dalam rentang baku mutu kelas 2 (6-9), sehingga tidak memberikan skor negatif pada parameter ini. Namun, pada parameter DO, terjadi penurunan yang

signifikan pada titik sampling 2, 3, dan 4, memberikan skor masing-masing -10, -10, dan -8. Penurunan kadar DO ini dapat mengindikasikan adanya masukan limbah organik yang mengonsumsi oksigen dalam air. Dengan demikian, hasil analisis metode STORET menunjukkan bahwa sungai Rejo Agung memiliki masalah pencemaran, terutama pada parameter DO yang mengindikasikan potensi gangguan terhadap ekosistem akuatik. Perlu dilakukan tindakan lebih lanjut untuk mengendalikan sumber pencemaran dan menjaga kualitas air sungai agar tetap sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

3.8. Strategi Penanggulangan Pencemaran Sungai Rejo Agung

Dari hasil analisis, sungai Rejo Agung mengalami pencemaran dengan tingkat bervariasi dari cemar ringan hingga cemar sedang berdasarkan metode STORET. Strategi pengendalian pencemaran dapat diimplementasikan dengan melibatkan elemen-elemen utama, yakni kondisi sungai, masyarakat, industri, dan pemerintah.

Analisis Kondisi Sungai Rejo Agung: Sungai Rejo Agung terpengaruh oleh aktivitas desa yang didominasi oleh pembuatan tahu dan industri tahu yang beroperasi di sekitarnya. Kualitas air sungai belum memenuhi baku mutu untuk parameter DO. Kondisi ini dibuktikan dengan status mutu air yang masuk dalam kategori cemar ringan sampai cemar sedang menurut metode Storet.

Analisis Elemen Pengendalian Pencemaran:

1. Masyarakat: Masih terjadi pembuangan sampah ke sungai, kurangnya pemahaman dalam pengelolaan limbah, dan minim pengetahuan tentang peraturan lingkungan.
2. Industri: Beberapa industri belum memiliki IPAL untuk pengelolaan limbah cair, adanya pabrik tahu tanpa dokumen lingkungan, dan masih ada industri yang belum memenuhi baku mutu.
3. Pemerintah: Belum ada pemantauan terkait dokumen lingkungan, belum maksimalnya program IPAL komunal, belum ada kajian daya tampung beban pencemar di sungai, dan adanya program fitoremediasi.

Strategi Pengendalian Pencemaran:

1. Sosialisasi dan Pembinaan: Memberikan sosialisasi dan pembinaan tentang pengelolaan limbah cair dan padat oleh instansi terkait.
2. Pemantauan Buangan Limbah: Melakukan pemantauan terhadap buangan air limbah industri dan rumah tangga di sekitar sungai.
3. Bersih-Bersih Sungai: Mengadakan kegiatan rutin bersih-bersih sungai oleh DLH Kabupaten Jombang dan LSM lingkungan.
4. Manajemen IPAL Komunal: Meningkatkan fungsi IPAL komunal untuk memenuhi regulasi buangan air limbah.
5. Kajian Teknis: Melakukan kajian teknis untuk penetapan kelas air dan daya tampung beban pencemaran sebagai dasar pemberian izin.
6. Sanksi dan Penghargaan: Memberikan sanksi bagi pelaku bisnis yang melanggar peraturan dan penghargaan bagi yang mematuhi.
7. Fitoremediasi: Melaksanakan program fitoremediasi dua kali setahun menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung.
8. Pemantauan Izin Lingkungan: Memantau izin lingkungan dari seluruh industri di sekitar sungai.
9. Penanaman Rumput Vetiver: Menanam rumput vetiver sebagai fitoremediasi dan untuk mencegah erosi di sepanjang sungai yang belum dinormalisasi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan gambaran kondisi Sungai Rejo Agung, terutama dalam aspek pH dan oksigen terlarut (DO), yang mengalami pencemaran pada titik-titik yang menerima limbah dari industri tahu. Meskipun beberapa nilai parameter di luar rentang baku mutu, secara umum, kualitas air masih memenuhi standar yang ditetapkan. Analisis menunjukkan variasi pH antara 5,2 hingga 7,8, dengan sebagian besar nilai masih dalam rentang baku mutu. Parameter DO mengalami penurunan di titik-titik yang menerima limbah industri, potensial mengganggu ekosistem akuatik, namun sebagian besar masih memenuhi baku mutu. Pemodelan kualitas air menggunakan metode QUAL2Kw memberikan hasil valid dengan tingkat kesalahan rendah. Meskipun daya tampung beban pencemar untuk pH menunjukkan kemampuan sungai menanggung pencemaran, penurunan signifikan pada DO melebihi kapasitas, mengindikasikan potensi dampak negatif.

Strategi penanggulangan mencakup sosialisasi, pemantauan limbah, kegiatan bersih-bersih, manajemen IPAL komunal, kajian teknis, sanksi dan penghargaan, fitoremediasi, pemantauan izin lingkungan, dan penanaman rumput vetiver. Implementasi strategi ini diharapkan dapat positif untuk

menjaga kualitas air, ekosistem, dan mencegah dampak negatif, dengan evaluasi dan tindak lanjut terus-menerus untuk keberlanjutan upaya penanggulangan pencemaran.

5. Referensi

- [1] E. Yuliasuti, “Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air T,” *Progr. Magister Ilmu Lingkung. Progr. Pasca Sarj. Univ. Diponegoro Semarang*, 2011.
- [2] P. R. Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air,” 2001.
- [3] A. Sonny Keraf, “Krisis & Bencana Lingkungan Hidup Global,” *Penerbit Kanisius*, p. 255, 2010.
- [4] A. Ali, Soemarno, and M. Purnomo, “Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang,” *J. Bumi Lestari*, vol. 13, no. 2, pp. 265–274, 2013.
- [5] Y. Pratiwi, S. Sunarsih, and W. F. Windi, “Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry Sebelum dan Sesudah Diolah dengan Tawas dan Karbon Aktif Terhadap Bioindikator (*Cyprinus carpio* L),” *Pros. Semin. Nas. Apl. Sains Teknol. Periode III*, no. November, pp. 298–306, 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/1626>.
- [6] P. R. Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai,” 2011, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/1626>.
- [7] Deazy Rahmawati, “Pengaruh aktivitas industri terhadap kualitas air sungai di wak di bergas kabupaten semarang dan upaya pengendalian pencemaran air sungai,” *Univ. Diponegoro*, p. 103, 2011.
- [8] T. Azid Daroini, dan Apri Arisandi Program Studi Ilmu Kelautan, F. Pertanian, U. Trunojoyo Madura Jl Raya Telang, K. Kamal, and B. Madura, “Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan,” *J. Ilm. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 1, no. 4, pp. 558–556, 2020, [Online]. Available: <http://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.9037ABSTRAK>.
- [9] Pemerintah Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” *Pres. REPUBLIK Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021, [Online]. Available: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.
- [10] M. N. L. HIDUP, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air,” pp. 1–169, 2010.
- [11] D. Agustiniingsih and S. B. Sasongko, “Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal,” *J. Presipitasi*, vol. 9, no. 2, pp. 64-71–71, 2012, doi: 10.14710/presipitasi.v9i2.64-71.
- [12] H. Jun Yang, Z. Min Shen, J. Ping Zhang, And W. Hua Wang, “Water quality characteristics along the course of the Huangpu River (China),” *J. Environ. Sci.*, vol. 19, no. 10, pp. 1193–1198, 2007, doi: 10.1016/S1001-0742(07)60195-8.
- [13] H. . Hindriani, A. . Sapei, Suprihatin, and Machfud, “Pengendalian Pencemaran Sungai Ciujung Berdasarkan Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Ciujung River Pollution Control Based on Analysis of Total Maximum Daily Load,” *J. Sumber Daya Air*, vol. 9, no. 2, pp. 169–184, 2013.
- [14] Y. J. Mallya, “The Effect of Dissolved Oxygen on Fish Growth in Aquaculture,” p. 30, 2007.
- [15] S. A. F. Anand, “Prediksi Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Cipager di Kabupaten Cirebon,” 2023, [Online]. Available: <http://repository.upnjatim.ac.id/11244/>.