

Analisis Pengaruh Limbah Cair terhadap Kualitas Air Sungai di Kota Pekalongan

Elvinda Bendra Agustina^{1*}, Yuni Lestiyanti², Yusril Ihza Tachriri³, Nina Ulfiya⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan, Pekalongan, Indonesia
Email: ¹elvindabendra89@gmail.com

Abstract

A study has been conducted on the effect of liquid waste on river water quality in Pekalongan city. Banger River, Meduri River, Loji River and Asem Binatur River in Pekalongan city are the objects studied. Water sampling was carried out at one polluted point. Based on water quality testing, it is known that among the four rivers tested, the rivers with the most polluted conditions are the Asem Binatur River, Loji River, Meduri River, and Banger River. This is because the samples were taken during the rainy season, so there is a possibility of soil erosion originating from areas along the river flow. The position of the Meduri River which is close to the sea is also a cause of the increase in the pollutant load in the test results, because the river is mixed with seawater when tidal flooding occurs. In addition, the Meduri River Basin (DAS) is a factory and industrial area, so that wastewater from these activities can also increase the pollutant load on the river. However, the majority of test results from the four rivers still exceed the required quality standards. This is due to the dense population, the large number of batik industries, and agricultural activities that produce waste and have an impact on the pollution of the surrounding rivers.

Keywords: Liquid Waste, Water Quality, Pekalongan City.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengaruh limbah cair terhadap kualitas air sungai di kota Pekalongan. Sungai banger, sungai meduri, sungai loji dan sungai asem binatur kota pekalongan merupakan objek yang diteliti. Pengambilan sampel air dilakukan di satu titik yang tercemar. Berdasarkan pengujian kualitas air, diketahui bahwa di antara keempat sungai yang diuji, sungai yang memiliki kondisi paling tercemar berturut-turut yaitu Sungai Asem Binatur, Sungai Loji, Sungai Meduri, dan Sungai Banger. Hal ini disebabkan karena sampel diambil Ketika musim penghujan, sehingga kemungkinan terjadi erosi tanah yang berasal dari daerah sepanjang aliran sungai. Posisi Sungai Meduri yang berdekatan dengan laut juga menjadi penyebab bertambahnya beban pencemar pada hasil uji, karena sungai tersebut tercampur dengan air laut ketika banjir rob terjadi. Selain itu, Daerah Aliran Sungai (DAS) Meduri merupakan kawasan pabrik dan industri, sehingga air limbah hasil aktivitas tersebut juga dapat menambah beban pencemar pada sungai. Akan tetapi, mayoritas hasil pengujian dari keempat sungai tersebut masih melebihi baku mutu yang dipersyaratkan. Hal ini disebabkan karena padatnya penduduk, banyaknya industri batik, dan aktivitas pertanian yang menghasilkan limbah dan berdampak pada pencemaran sungai di sekitarnya.

Kata Kunci: Limbah Cair, Kualitas Air, Kota Pekalongan.

1. PENDAHULUAN

Sungai memegang peranan penting dalam menunjang kehidupan masyarakat, terutama yang berada di sekitar aliran sungai (Namara et al., 2022). Masyarakat memanfaatkan air sungai untuk kebutuhan sehari-hari, namun fungsi sungai sangat bergantung pada kualitas airnya. Kualitas air yang baik akan mendukung kesehatan lingkungan dan masyarakat, sedangkan pencemaran air sungai akan berdampak buruk

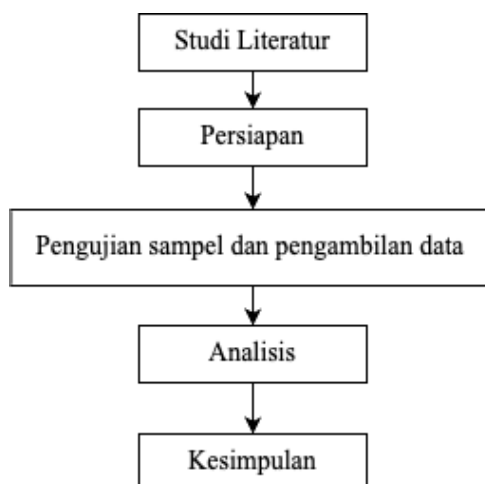
bagi ekosistem dan lingkungan sekitarnya (Ananda et al., 2024). Seiring bertambahnya populasi dan aktivitas industri, permasalahan pencemaran air sungai semakin meningkat. Sumber utama pencemaran air tersebut seringkali berasal dari limbah rumah tangga, industri, dan aktivitas pertanian (Asti Ichtiarini, 2024). Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa di Indonesia banyak sungai yang mengalami penurunan kualitas air, salah satunya di daerah Jawa Tengah yang akhirnya dapat membahayakan kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem lingkungan sekitar. Hal tersebut mengharuskan adanya langkah nyata dalam monitoring dan pemantauan kualitas air di sungai (Kemlkh, 2019).

Adapun parameter kualitas air sungai yang dapat diukur dan dipantau dibagi menjadi tiga parameter yaitu kimia, fisik dan biologi. Beberapa parameter utama kualitas air meliputi pH, kekeruhan (*turbidity*), DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), konsentrasi logam berat: Seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan lain-lain, nutrisi (Nitrate dan Phosphate), kehadiran bakteri patogen, TDS dan lainnya (Wendi W. Luturmas, Daniel A. Sihasale, 2023 ; Latukolan & Wastumirad, 2024). Masuknya limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestik secara signifikan mengubah kualitas air, sehingga menimbulkan dampak buruk pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Sungai yang tercemar mengalami penurunan kehidupan akuatik karena zat beracun membunuh ikan dan organisme lain sehingga mengganggu rantai makanan (Yurnalisdel, 2022) (Saad et al., 2022). Polutan berbahaya mengendap di sedimen sungai, mempengaruhi organisme yang bergantung pada habitat tersebut (Saad et al., 2022). Sumber air yang terkontaminasi berkontribusi terhadap masalah kesehatan, termasuk penyakit kulit dan infeksi saluran cerna di kalangan penduduk lokal (Yurnalisdel, 2022) (Saad et al., 2022).

Pekalongan sebagai penghasil industri batik terbesar yang berpotensi menghasilkan limbah cair yang sangat tinggi, seperti limbah zat warna yang pekat dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) (Agustina & Yuniarto, 2022). Pembuangan limbah batik tersebut biasanya di Sungai yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini dapat menimbulkan masalah lingkungan jika tidak ada pemantauan dan tindakan pencegahan yang tepat (Heri Ariadi et al., 2024). Dari berbagai masalah yang ditimbulkan, maka perlu dilakukan pengukuran kadar suhu, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), TDS, Amonia, fosfat dan nitrit untuk mengetahui pengaruh limbah cair terhadap kualitas air sungai di Kota Pekalongan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengelolaan lingkungan yang lebih baik dan membantu pemerintah daerah dalam menjaga sumber daya air yang berkelanjutan.

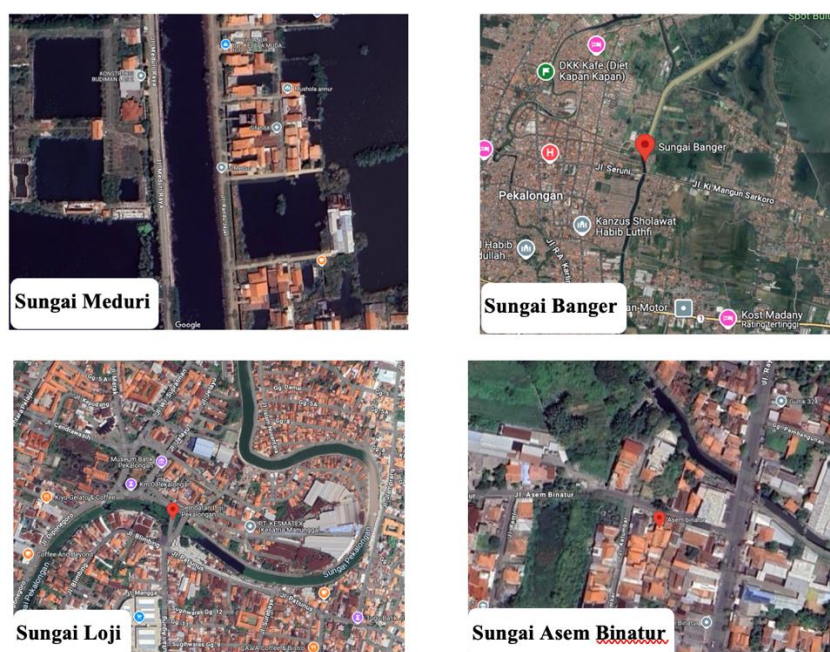
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengujian dan pengumpulan data kualitas air Sungai yang telah tercemar limbah cair, kemudian data tersebut dianalisis dan diambil kesimpulan. Penelitian dilakukan di laboratorium fisika Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan, kabupaten Pekalongan dan Sungai di kabupaten pekalongan.



Gambar 1. Prosedur penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah gabungan antara penelitian laboratorium dan penelitian lapangan. Gambar 1 menunjukkan prosedur penelitian yang digunakan. Beberapa tahapan penelitian yang dimulai dari studi literatur mengenai penelitian yang akan dilakukan. Kemudian dilakukan persiapan alat bahan untuk melakukan pengujian sampel di lokasi. Sampel diambil dari beberapa sungai besar dipekalongan diantaranya sungai meduri, sungai banger, sungai loji dan sungai asem binatur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Berdasarkan peta Maps

Dilakukan pengukuran suhu, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), TDS, Amonia, fosfat dan nitrit untuk mengetahui pengaruh limbah cair terhadap kualitas air sungai di Kabupaten Pekalongan. Setelah dilakukan pengujian, maka data hasil uji akan dibandingkan dengan baku mutu kualitas air. Baku mutu yang digunakan sebagai pembanding merupakan baku mutu sungai kelas II berdasar pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Setelah itu akan dilakukan analisis dan diambil kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian pengaruh limbah cair terhadap kualitas air sungai di kota Pekalongan. Sungai banger, sungai meduri, sungai loji dan sungai asem binatur kota pekalongan merupakan objek yang diteliti. Pengambilan sampel air dilakukan di satu titik yang tercemar. Salah satu sungai utama di Kota Pekalongan, Jawa Tengah, adalah Sungai Banger. Untuk mengatasi banjir yang sering terjadi di daerah tersebut, sungai ini berfungsi sebagai kanal dan merupakan cabang dari Sungai Pekalongan (Shidqirrohman, 2024). Sungai Banger memiliki kualitas air yang lebih baik dibandingkan dengan sungai-sungai lain di Kota Pekalongan. Gambar 3 menunjukkan hal ini.



Gambar 3. Sungai Banger

Sungai Meduri mengalir melalui Kabupaten dan Kota Pekalongan. Sungai Meduri mengalir dari selatan ke utara dan bermuara di Laut Jawa. Berada di daerah Tirto, Kecamatan Pekalongan Barat, Kota Pekalongan. Sungai Meduri, yang ditunjukkan pada Gambar 2 merupakan salah satu anak sungai Sungai Sengkarang dan Sungai Breml, yang mengalir dari selatan Pekalongan ke utara menuju Laut Jawa. Air di bagian hilir Sungai Meduri tercampur dengan air laut karena banjir rob di wilayah utara Pekalongan, yang dapat mencemari sungai dan merusak ekosistem (Permatasari, 2021).



Gambar 4. Sungai Meduri

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kualitas air di Sungai Meduri (Gambar 4) telah melebihi baku mutu untuk beberapa parameter, termasuk *Total Dissolved Solids* (TDS), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), total fosfat, amonia, nitrit, dan total koliform. Hal ini mengindikasikan adanya pencemaran yang signifikan di sungai tersebut.



Gambar 5. Sungai Loji

Sungai Loji di Kota Pekalongan yang ditunjukkan pada Gambar 5 adalah jalur perdagangan sejarah dan bagian penting dari sistem pengendalian banjir. Namun, pencemaran dan penumpukan sampah menjadi masalah besar. Pada November 2024, Sungai Loji menjadi lebih buruk, dengan banyak sampah yang menghambat aliran air dan meningkatkan risiko banjir. Tingkat pencemaran di Sungai Loji sangat tinggi, dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) melebihi standar air. Limbah pewarna batik dibuang sembarangan ke sungai, menyebabkan masalah ini. Akibatnya, air sungai sering berwarna hitam dan memiliki bau yang tidak sedap.



Gambar 6. Sungai Asem Binatur

Sungai Asem Binatur seperti yang terlihat pada Gambar 6 mengalami pencemaran berat akibat limbah pewarna dari industri batik. Airnya sering berubah warna menjadi merah atau hitam dan mengeluarkan bau tidak sedap. Selain itu, penumpukan sampah dan pertumbuhan eceng gondok menghambat aliran air, meningkatkan risiko banjir. Pencemaran air sungai dapat disebabkan oleh beberapa limbah diantaranya limbah industri pertanian, limbah industri batik dan air rob. Pencemaran sungai dapat disebabkan oleh beberapa sumber pencemar yang terkait dengan pembuangan manusia, seperti pembuangan air limbah dari kegiatan pertanian (pupuk dan pestisida) (Ustaoglu et al., 2020). Limbah pertanian mengandung garam anorganik, air, bahan organik, dan komponen lainnya, termasuk karbon, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, silikon, dan zat lain yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Wang et al., 2020). Limbah pertanian yang berasal dari penggunaan pupuk dan pestisida telah mencemari tanah, air dan sumber daya lingkungan, bahkan sekitar 85% air yang mengairi sawah di Pulau Jawa mengandung 54 mg/L nitrat atau sekitar 20% lebih tinggi dari baku mutu yang ditentukan (Setyaningsih & Sanjaya, 2022). Pengelolaan kegiatan pertanian yang tidak tepat akan berdampak pada penurunan kualitas perairan sungai. Residu dari kegiatan pertanian akan menyebabkan degradasi lahan dan perairan sungai. Hal ini dikarenakan residu dari kegiatan pertanian mengandung berbagai macam polutan seperti sedimen, nitrogen, dan pestisida yang terbawa bersama limpasan permukaan. Tingginya intensitas kegiatan pertanian di suatu daerah dapat tercermin dari tingginya konsentrasi unsur hara di perairan sungai. Salah satu cara untuk mengidentifikasi dampak dari kegiatan pertanian intensif adalah dari tingginya konsentrasi nitrat di perairan sungai. Konsentrasi nitrat yang tinggi berasal dari penggunaan pupuk anorganik atau pupuk nitrogen yang berlebihan oleh petani (Sehol et al., 2023).

Industri batik merupakan sektor yang berkontribusi besar terhadap ekonomi dan budaya. Namun, proses produksinya juga menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari sungai jika tidak dikelola dengan baik. Limbah batik mengandung berbagai zat kimia yang berpotensi mencemari air sungai, seperti pewarna sintetis yang mengandung logam berat seperti *chromium* (Cr), timbal (Pb), magnesium (Mg), tembaga (Cu), besi (Fe), dan seng (Zn) yang beracun bagi organisme air, bahan pencelup dan pemantap warna yang sering mengandung zat kimia seperti formalin dan natrium hidroksida yang dapat mengganggu keseimbangan pH air, lilin atau malam yang digunakan dalam proses membatik, tetapi sulit terurai dan bisa menyebabkan penumpukan limbah organik di sungai, detergen dan soda kostik yang digunakan dalam proses pencucian kain batik, meningkatkan kandungan fosfat yang dapat menyebabkan eutrofikasi (ledakan pertumbuhan alga), limbah batik juga ditandai dengan pH basa, pewarna yang kuat, mengandung TSS, COD, dan BOD yang tinggi, (Daud et al. (2022); Istirokhatun et al. (2021); Tangahu et al., (2019)). Kandungan polutan tersebut menunjukkan bahwa air limbah batik mengandung bahan organik non-biodegradable. Sebagian besar pewarna yang digunakan dalam industri batik memiliki struktur yang kompleks, sehingga sulit terdegradasi secara kimiawi, biologis, maupun foto degradasi (Juliani et al., 2021). Apabila limbah tersebut tidak diolah dengan baik, maka dapat mengganggu saluran air, mencemari lingkungan, dan menyebabkan efek samping yang signifikan pada ekosistem dan kesehatan manusia. Penyebab utama pembuangan limbah batik ke sungai diantaranya; kurangnya instalasi pengolahan air limbah (IPAL), kurangnya kesadaran dan pengawasan, penggunaan pewarna sintetis yang sulit terurai, pembuangan limbah secara langsung ke sungai, kurangnya regulasi yang efektif. Langkah pertama dalam strategi pencegahan pencemaran air adalah melakukan karakterisasi limbah cair yang berasal dari kegiatan industri. Informasi terkait beban polutan dapat digunakan untuk memperkirakan beban pencemar di suatu perairan, sehingga berguna

untuk memecahkan masalah pencemaran di beberapa sektor (Mukadar et al., 2021). Besarnya beban pencemar dari industri batik sangat bervariasi tergantung jenis dan jumlah bahan kimia yang digunakan.

Banjir rob menggenangi pemukiman yang melewati sungai di Kabupaten Pekalongan, salah satunya yaitu Sungai Meduri. Tingkat pencemaran di Sungai Meduri cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena sungai tersebut mengalir melalui bagian kecamatan Tirto yang banyak terdapat industri batik dan karet. Semua pabrik tersebut cenderung membuang air limbahnya langsung ke sungai (Wahyudi, 2019). Beberapa factor yang mempengaruhi terjadinya banjir rob yaitu pemanfaatan air tanah yang berlebihan, pembukaan hutan mangrove, topografi wilayah, perubahan tata guna lahan, penyempitan bantaran sungai, dan sistem drainase yang tidak terjaga. Selain faktor tersebut, Kota Pekalongan juga memiliki topografi yang cukup rendah, sehingga berpotensi menjadi daerah banjir (Salim et al., 2022).

Dampak yang dapat ditimbulkan dari banjir rob ini adalah merusak bangunan, menyebabkan lingkungan menjadi kotor, menimbulkan berbagai macam penyakit, mengganggu lalu lintas, serta menimbulkan kelangkaan air bersih. Air bersih yang biasa digunakan untuk konsumsi sehari-hari masyarakat setempat bisa bercampur dengan air banjir. Hal ini dapat menyebabkan air yang dikonsumsi masyarakat menjadi keruh dan kotor. Kekeruhan dalam air disebabkan oleh bahan tersuspensi seperti tanah liat, lumpur, dan bahan organik oleh plankton dan organisme mikroskopis lainnya yang mengganggu lewatnya cahaya melalui air. Kekeruhan ini berkaitan erat dengan hasil pengujian total padatan tersuspensi (TSS) dan total padatan terlarut (TDS) (Bakar et al., 2020). Selain itu, septic tank warga yang terendam banjir berpotensi menyebabkan kotoran keluar dan bercampur dengan air bersih. Bercampurnya air bersih dengan kotoran tersebut dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan bakteri coliform yang merupakan indikator mikrobiologi kualitas air (Khatiri et al., 2020). Apabila konsentrasi bakteri coliform meningkat, maka semakin tinggi pula risiko kehadiran bakteri patogen lain yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Hal ini dikarenakan bakteri coliform dapat berasosiasi atau berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen (Aram et al., 2021).

Telah dilakukan pengujian pada parameter suhu, TSS, TDS, BOD, COD, DO, Amonia, fosfat dan nitrit yang ditunjukkan pada Tabel 1. Beberapa sungai yang telah diteliti diantaranya sungai meduri, sungai banger, sungai loji dan sungai asem binatur. Baku mutu yang digunakan sebagai pembanding merupakan baku mutu sungai kelas II berdasar pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Tabel 1. Hasil Analisa Uji Kualitas Air

No	Parameter	Hasil Analisa Sungai			
		Meduri	Banger	Loji	Asem Binatur
1	Temperatur (°C)	29	29	29	30
2	Residu terlarut/TDS (mg/L)	2000	200	3000	3700
3	Residu tersuspensi /TSS (mg/L)	60	10	80	100
4	pH	7	7	8	8.7
5	BOD (mg/L)	20	2	25	40
6	COD (mg/L)	70	4	80	120
7	DO (mg/L)	2	5	4	4
8	Total fosfat (mg/L)	0,4	0,05	0,5	0,7
9	Amonia (mg/L)	4	0,005	1	2
10	Nitrit (mg/L)	0,2	0,1	0,3	0,5

Parameter fisika yang melebihi baku mutu berdasarkan hasil pengujian adalah parameter TDS. Tingginya kadar TDS dapat dipengaruhi oleh faktor alami dari pelapukan batuan, maupun dari aktivitas antropogenik dari kegiatan industri dan pertanian (Kifly et al., 2021). Berdasarkan kondisi geografis dan musim pada saat pengambilan sampel kemungkinan tingginya kadar TDS. Selain itu pada saat pengambilan sampel pada saat musim penghujan sehingga kemungkinan terjadi erosi tanah yang berasal dari daerah sepanjang aliran sungai. Dugaan tersebut sesuai dengan penelitian Marlina et al., (2017) yang menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan erosi tanah di sekitar sungai. Air hujan akan membawa partikel partikel tanah dan lumpur ke sungai, yang menyebabkan peningkatan kekeruhan air. Parameter kimia yang melebihi baku mutu berdasarkan hasil pengujian adalah parameter BOD, COD, DO, dan Amonia. Tingginya kadar BOD, COD, DO dan amonia kemungkinan diakibatkan karena banyaknya pabrik dan industri pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Meduri yang membuang limbah langsung ke Sungai Meduri. Selain itu, Daerah Aliran Sungai (DAS) Pekalongan dan Banger merupakan daerah padat penduduk sehingga kemungkinan besar limbah rumah tangga seperti sisa makanan, air buangan toilet, air deterjen, dan yang lainnya dibuang langsung ke sungai. Dugaan tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Afwa et al., 2021) yang menyatakan bahwa kandungan bahan kimia baik yang organik maupun non-organik dalam perairan akan mengalami peningkatan yang disebabkan oleh buangan dari rumah tangga, pertanian, industri dan sampah organik dari darat yang terbawa ke perairan. Kandungan kimia yang meningkat di perairan akan berdampak pada perubahan kualitas lingkungan perairan seperti meningkatnya nilai DO, COD dan BOD yang menyebabkan berkurangnya oksigen di dalam air dan menurunkan kualitas air sungai. Sungai Asem Binatur di Kota Pekalongan telah lama menghadapi masalah pencemaran yang serius, terutama akibat limbah industri batik. Limbah ini mengandung zat pewarna yang mencemari air sungai, menyebabkan perubahan warna air menjadi merah dan hitam, serta menimbulkan bau tidak sedap.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian kualitas air yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa di antara keempat sungai yang diuji, sungai yang memiliki kondisi paling tercemar berturut-turut yaitu Sungai Asem Binatur, Sungai Loji, Sungai Meduri, dan Sungai Banger. Hal ini disebabkan karena sampel diambil Ketika musim penghujan, sehingga kemungkinan terjadi erosi tanah yang berasal dari daerah sepanjang aliran sungai. Posisi Sungai Meduri yang berdekatan dengan laut juga menjadi penyebab bertambahnya beban pencemar pada hasil uji, karena sungai tersebut tercampur dengan air laut ketika banjir rob terjadi. Selain itu, Daerah Aliran Sungai (DAS) Meduri merupakan kawasan pabrik dan industri, sehingga air limbah hasil aktivitas tersebut juga dapat menambah beban pencemar pada sungai. Akan tetapi, mayoritas hasil pengujian dari keempat sungai tersebut masih melebihi baku mutu yang dipersyaratkan. Hal ini dapat disebabkan karena padatnya penduduk, banyaknya industri batik, dan banyaknya aktivitas pertanian yang dapat menghasilkan limbah dan berdampak pada pencemaran sungai di sekitarnya. Kedepannya perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui dampak kualitas air terhadap ekosistem yang ditinjau dari berbagai parameter serta perlu adanya penelitian lanjutan mengenai aktivitas masyarakat di zaliran sungai yang berdampak pada kualitas air sungai serta pemberdayaan masyarakat Kota Pekalongan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih tak terhingga kepada ITSNU Pekalongan atas Pendanaan Hibah Penelitian Internal TA Ganjil 2024/2025.

REFERENCES

- Abimanyu, D., Sumarno, S., Anggraini, F., Gunawan, I., & Parlina, I. (2021). Rancang Bangun Alat Pemantau Kadar pH, Suhu Dan Warna Pada Air Sungai Berbasis Mikrokontroller Arduino. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(6), 235–242. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.55>
- Agustina, E. B., Rachman, D. A., Nofillah, R., & Fitri, L. I. (2024a). Desain Sistem Smart Feeder Ayam Berbasis Internet of Things (IoT) Guna Mencegah Keterlambatan Pemberian Pakan. *Jurnal Fisika Unand*, 13(2), 297–302. <https://doi.org/10.25077/jfu.13.2.297-302.2024>
- Agustina, E. B., Rachman, D. A., Nofillah, R., & Fitri, L. I. (2024b). Rancang Bangun Sistem Pemberi Pakan Ternak Ayam Berbasis ESP32. *Teknik Komputer*, 55–66.
- Agustina, E. B., & Yuniarto, A. H. P. (2022). Study of BOD, COD and TSS Removal in Batik Industry Wastewater using Electrocoagulation Method. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 7(2), 150. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v7i2.59977>
- Ananda, N. D. W. I., Studi, P., Lingkungan, T., Teknik, J., Kimia, S., & Lingkungan, D. A. N. (2024). Dampak aktivitas penambangan emas tanpa izin (peti) di sungai batang masumai kabupaten merangin pada keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator pencemaran air.
- Asrori, M. K. (2021). Pemetaan Kualitas Air Sungai Di Surabaya. *Jurnal Envirotek*, 13(2), 41–47. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.127>
- Asti Ichtiarini, and F. F. (2024). Tanggung Jawab Hukum terhadap Pencemaran Lingkungan Akibat Kelalaian dalam Pembuangan Limbah Ternak. *UMS Library*, 1–23.
- Febrianti, F., Adi Wibowo, S., & Vendyansyah, N. (2021). Implementasi IoT(Internet Of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 171–178. <https://doi.org/10.36040/jati.v5i1.3249>
- Firmansyah, A., Syaury, D., & Prasetio, B. H. (2022). Implementasi Algoritma Naive Bayes pada Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Air Akuarium Ikan Mas Koki. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(9), 4128–4135.
- Gurum Ahmad Pauzi, Okta Ferli Suryadi, Gregorius Nugroho Susanto, dan J. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang (*Litopenaeus Vannamei*) Menggunakan Wireless Sensor System (WSS) yang Terintegrasi dengan PLC CPM1A. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(3), 103–112.
- Heri Ariadi, Ashari Fahrurrozi, Wijianto, M. bahrus S. (2024). Strategi Pengelolaan Sumber Daya Ikan Berkelanjutan di Sengkarang, Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 8(1).
- Kemlhhk. (2019). Indeks Kualitas Lingkungan Hidup 2009. In *Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*.
- Kirana, K. C. (n.d.). Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Perspektif Hukum Indonesia. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(17), 399–405.
- Latekeng, N. (2024). *Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan , Suhu , TDS , pH) Menggunakan Mikrokontroler*. 6.
- Latukolan, G. J., & Wastumirad, A. W. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Berbasis Aplikasi Smartphone. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi)*, 8(2), 255–264. <https://doi.org/10.35870/jtik.v8i2.1511>

- Namara, I., Hartono, D. M., Latief, Y., & Moersidik, S. S. (2022). Manajemen Risiko dalam Pengelolaan Sumber Air Baku (Studi Kasus Sungai Cisadane Kota Tangerang). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(1), 597.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. *Peraturan Pemerintah Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*, 1–22.
- Pratama, I. P. Y. pramesia, Wibawa, K. S., & Suarjaya, I. M. A. D. (2022). Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino. *JITTER : Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer*, 3(2), 1034. <https://doi.org/10.24843/jtrti.2022.v03.i02.p02>
- Salahuddin, S., Akhyar, A., & Siregar, T. N. A. (2022). Pengereng Asam Gelugur (*Garcinia Atroviridis*) Menggunakan ATmega 328 Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Litek : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 19(2), 75–80. <https://doi.org/10.30811/litek.v19i2.15>
- Suriana, I. W., Setiawan, I. G. A., & Graha, I. M. S. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Punia berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 4(2), 75–84. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v4i2.3198>
- Wendi W. Luturmas, Daniel A. Sihasale, R. B. R. (2023). Dampak Sampah Plastik Terhadap Pencemaran Pantai Passo di RT. 019/RW. 004 Desa Passo Kecamatan Baguala Kota Ambon. *Jurnal Pendidikan Geografi Unpatti*, 2(April), 123–130.
- Wibisono, P. (2022). Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Pencemaran Air Berdasarkan Parameter Total Dissolved Solids (Tds) Dan Kekeruhan. *Repository UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Yurnalisdel. (2022). 2. Analysis of the Impact of Liquid Waste on Environmental Pollution. *Formosa Journal of Sustainable Research*, doi: 10.55927/fjsr.v1i6.1951
- Azlina, Mat, Saad., Fadli, Fizari, Abu, Hassan, Asari., Salwani, Affandi., Azlina, Zid. (2022). 4. River pollution: a mini review of causes and effects. *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, doi: 10.35631/jthem.729011
- N. Shidqirrohman, G. Handoyo, and A. Ismanto, "Studi Pola Arus di Kawasan Muara Sungai Banger Kota Pekalongan, Jawa Tengah," *Indonesian Journal of Oceanography*, vol. 6, no. 1, pp. 39 - 48, Feb. 2024