

Analisis Kualitas Air Kali Surabaya terhadap Kandungan Logam Berat sebagai Air Baku PDAM Surabaya

Muh. Fredrik¹, Nieke Karnaningrum²

^{1,2}Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Indonesia

*Koresponden email: erikfr86@gmail.com, n.karnaningroem@gmail.com

Diterima: 29 Desember 2023

Disetujui: 8 Januari 2023

Abstract

Domestic and industrial waste has been identified as containing many heavy metals as indicators in water bodies. The research aims to analyze the heavy metal quality of Surabaya river water and predict its quality as sustainable raw water. This research was located in the Surabaya River in the Karangpilang IPAM intake segment. The research method uses a forecasting approach based on primary data using a purposive sampling method and laboratory tests. The results showed that the heavy metal concentrations of Cr = <0.0117, Cu = <0.0090 and Pb = 0.001-0.010 did not exceed the quality standards based on class I classification of PP No. 22 of 2021 concerning Implementation of Environmental Protection and Management. The concentrations of heavy metals Cr and Cu are still lower than the detection limit of the test equipment, so forecasting is only carried out on the heavy metal Pb. The simulation results for the next 10 years still get results that meet the quality standards, but when compared with the actual ones with MAPE validation, there are several values that exceed the standards with very bad forecasting levels.

Keywords: *water quality, Surabaya river, heavy metals, forecasting*

Abstrak

Limbah domestik dan industri teridentifikasi mengandung banyak logam berat sebagai indikator dalam badan air. Penelitian bertujuan untuk menganalisis kualitas logam berat air kali Surabaya dan memprediksi kualitasnya sebagai air baku berkelanjutan. Penelitian ini berlokasi di kali Surabaya bertempat di segmen intake IPAM Karangpilang. Metode penelitian menggunakan pendekatan *forecasting* (peramalan) berdasarkan data primer dengan metode *purposive sampling* dan di uji laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cr = <0,0117, Cu = <0,0090 dan Pb = 0,001-0,010 tidak melebihi baku mutu berdasarkan penggolongan kelas I PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Konsentrasi logam berat Cr dan Cu masih lebih rendah dari limit deteksi alat uji, sehingga peramalan (*forecasting*) hanya dilakukan pada logam berat Pb. Hasil simulasi 10 tahun kedepannya masih mendapatkan hasil yg mencukupi baku mutu namun jika dibandingkan dengan aktual yang ada dengan validasi MAPE ada beberapa nilai yang melebihi standar dengan tingkat peramalan sangat buruk.

Kata kunci: *kualitas air, kali Surabaya, logam berat, peramalan*

1. Pendahuluan

Sumber daya alam yang penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup adalah air. Oleh karena itu, keberadaannya harus dilestarikan agar pemanfaatannya tetap dapat memenuhi fungsinya. Air secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: air permukaan dan air tanah. Curah hujan yang jatuh di permukaan bumi disebut sebagai air permukaan, dan terbagi dalam dua kategori utama: air sungai dan air danau/waduk (1).

Keterbatasan pasokan air berkualitas memiliki signifikansi yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan kelestarian lingkungan. Di kota-kota besar di Indonesia, kebutuhan akan pasokan air minum yang memadai semakin mendesak seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Menurut Undang-Undang No. 17 tahun 2019, sumber daya air mencakup baik sumber air maupun daya air yang ada di dalamnya. Lebih lanjut, sumber air merujuk pada lokasi atau wadah alami atau buatan yang menyimpan air, baik itu di atas, di bawah, atau di dalam permukaan tanah. Sumber daya air memiliki peran yang sangat penting bagi kelangsungan hidup seluruh makhluk hidup. Begitu pula sungai merupakan salah satu bentuk sumber air permukaan yang memiliki peran signifikan, di mana dalam alur sungai terbentuk ekosistem secara alami, tetapi sepanjang proses pengaliran air sungai akan melewati berbagai sektor yang meliputi pemukiman penduduk, pertanian, dan industri yang menjadi penyebab masuknya berbagai jenis zat

pencemar dalam air. Peningkatan laju aktivitas yang bersumber dari sektor tersebut memberikan pengaruh besar terhadap kualitas air sungai. Penurunan kualitas air sungai dapat diketahui apabila kondisi air tidak dapat dipergunakan untuk kebutuhan sebagaimana fungsinya (2).

Limbah domestik dan industri teridentifikasi mengandung banyak bahan organik dan logam berat dapat dijadikan sebagai indikator dalam badan air. Kegiatan masyarakat, pertanian, dan industri di sepanjang Kali Surabaya memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan kualitas air Kali Surabaya (Cr, Cu, Pb) sehingga mengakibatkan perubahan unsur hara dalam air Kali Surabaya (3).

Salah satu pencemaran lingkungan yang berbahaya adalah pencemaran yang diakibatkan oleh salah satu zat polutan lingkungan yaitu logam berat. Keberadaan logam berat paling sering ditemukan di lingkungan perairan seperti sungai. Penggunaan air Sungai yang mengandung logam berat akan berdampak buruk terhadap kualitas hidup manusia dan organisme yang hidup di dalamnya. Kandungan logam berat yang terdeteksi dalam tubuh organisme dapat mengindikasikan sumber zat tersebut berasal dari alam atau sumber lain seperti kegiatan manusia (4). Limbah logam berat yang dilepaskan ke lingkungan telah banyak disebabkan oleh aktivitas manusia termasuk kegiatan industri yang dilakukan secara intensif (5).

Pemanfaatan sebagai air bersih dari Kali Surabaya sebesar 256 juta hingga 300 juta meter kubik per tahun sedangkan konsumsi air industri hanya mencapai 38 juta meter kubik per tahun (6). Sejalan semakin pesatnya pertumbuhan pemukiman dan berkembangnya sektor industri, mengakibatkan pencemaran Kali Surabaya menjadi semakin tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan menurunkan kualitas air akibat pencemaran terutama masuknya polutan pencemar logam berat akibat aktivitas industri.

Berdasarkan pada ketentuan Kelas II Air kali Surabaya dan laporan hasil pengawasan Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya Tahun 2013 menyatakan bahwa Status kualitas air Kali Surabaya menunjukkan 69,45% tercemar ringan, 22,22% tercemar sedang dan 8,33% tercemar berat. Sedangkan dari sisi kuantitas. Perum Jasa Tirta juga telah memperkirakan bahwa kuantitas air kali Surabaya akan mengalami defisit air sebesar 7,43 m³/dt pada tahun 2025 (7).

Kecamatan Karang Pilang merupakan tempat bagi 42 industri yang berbeda, 15 diantaranya berskala besar dan 27 industri berskala kecil (BPS Kota Surabaya, 2020). Sungai Surabaya tidak terlalu jauh dari beberapa industri tersebut. Dampaknya, Sungai Surabaya ruas Karang Pilang dan Kawasan IPAM Karang Pilang yang menggunakan air sungai Surabaya di Karangpilang bisa terkontaminasi.

Sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur, Sebelum air limbah dibuang ke Badan Air Sungai Surabaya, perlu dilakukan prosedur pengelolaan air limbah (8). Peraturan Gubernur Nomor 61 Tahun 2010 Peraturan Kualitas Air Kelas II menjadi tolak ukur tingkat pencemaran, dan telah dilakukan upaya untuk mengatur penurunan kualitas air Sungai Surabaya.

Untuk mencegah serta mengurangi beban pencemar tersebut, diperlukan penelitian lanjutan mengenai kualitas air Kali Surabaya agar dapat mengetahui sumber air minum tersebut tetap layak atau tidak dijadikan sumber baku air minum. Berdasarkan uraian di atas maka diperlukan penelitian dengan topik "Analisis Kualitas Air Kali Surabaya Terhadap Kandungan logam berat Sebagai Air Baku PDAM Surabaya".

2. Metode Penelitian

Lokasi Pengambilan Titik Sampling

Kadar logam berat pada air sungai Surabaya dideskripsikan dalam penelitian ini melalui investigasi observasional dengan teknik kuantitatif. Teknik yang digunakan untuk sampling adalah *purposive sampling* untuk menentukan titik pengambilan sampel air. Pengambilan sampel ditetapkan pada 4 titik lokasi mulai dari Tambangan Cangkir, Tambangan Bambe, Karangpilang, dan Sepanjang. Sampel air diambil dibagian dekat aliran tengah dengan kedalaman 50 cm. Analisis parameter kimia pada air sungai dan air baku PDAM merujuk pada pada SNI 6989.4-2009 (Cr), SNI 6989.6-2009 (Cu), SNI 6989.8:2009 (Pb). Hasil analisa kualitas air yang diambil dari seluruh lokasi pengambilan sampel dibandingkan dengan Baku Mutu Perairan yaitu peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22. tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Tabel 1. Titik Lokasi Sampling Air Kali Surabaya

No.	Titik Sampling	Segmen	Area	Koordinat
1.	Titik 1	Tambanga Cangkir	Kawasan Industri dan Pemukiman	7°22'04"S 112°37'39"E
2.	Titik 2	Tambangan Bambe	Kawasan Industri dan Pemukiman	7°21'05"S 112°39'45"E
3.	Titik 3	Karangpilang	Kawasan Industri dan Pemukiman	7°20'54"S 112°40'52"E
4.	Titik 4	Sepanjang	Kawasan Industri dan Pemukiman	7°20'36"S 112°41'42"E

Validasi Kinerja atau Output Model (*Forecasting*)

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah salah satu metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur akurasi model dalam meramalkan atau memprediksi nilai-nilai. MAPE dihitung sebagai persentase dari rata-rata dari selisih absolut antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi, dibagi dengan nilai aktual dan dikalikan dengan 100%. MAPE mengukur persentase kesalahan relatif antara nilai aktual dan nilai yang diprediksi. Validasi model dengan menggunakan metode MAPE dilakukan dengan membandingkan nilai-nilai aktual dengan nilai-nilai yang diprediksi oleh model, dan menghitung MAPE untuk setiap observasi atau periode waktu. Semakin rendah nilai MAPE, semakin baik model dalam melakukan prediksi. MAPE dapat digunakan bersamaan dengan metrik evaluasi lainnya untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap tentang kinerja model. Berikut merupakan vormula yang digunakan dalam melakukan validasi metode MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{St - At}{At} \times 100\%$$

Dimana:

St = Nilai simulasi

At = Nilai aktual

N = Interval waktu pengamatan

Hasil dari validasi kemudian ditabulasi dalam bentuk persentase, dan setiap hasil dari validasi akan terkategori validitasnya berdasarkan **Tabel 2.**

Tabel 2. Validasi MAPE

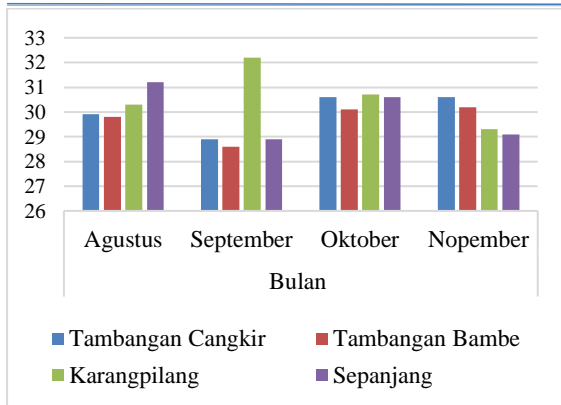
Validasi MAPE	Nilai
<10%	Kemampuan Model Sangat Baik
10 - 20%	Kemampuan Model Baik
20 - 50%	Kemampuan Model Layak
>50%	Kemampuan Model buruk

3. Hasil dan Pembahasan

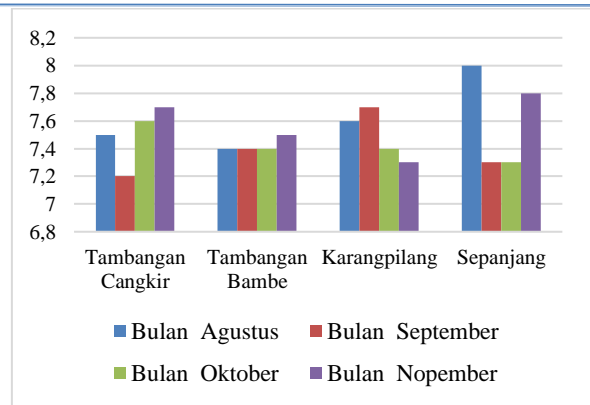
Analisis Kualitas Air Kali Surabaya

Penelitian ini menganalisis aliran air kali Surabaya sepanjang 8,68 km dari titik pertama pengambilan sampel di Tambangan Cangkir sampai titik Sepanjang. Analisis ini akan mempertimbangkan kecocokan karakteristik kualitas air, termasuk masukan dari perubahan hidrolis dan anak sungai. Evaluasi terhadap kondisi eksisting saat ini di perairan Kali Surabaya dengan melakukan perbandingan antara hasil dari analisa kualitas dari parameter fisik dan kimia dari sampel air yang telah diambil, dengan mengacu oada kriteria mutu kualitas air yang masih berlaku, sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (9).

Berdasarkan **Gambar 1**, menunjukkan nilai suhu pada air Kali Surabaya yang bervariasi dari tiga tempat seperti hulu, tengah, dan hilir. Nilai suhu tertinggi terdapat di Karangpilang pada bulan Oktober (30,7°C) dengan nilai sangat rendah terdapat di Tambangan Bambe (28,6°C) pada bulan September dengan rata-rata suhu perairan yang berkisar antara 29,7 - 30,5°C. Hal ini berdasarkan pendapat Harlina (2021), yang menyatakan bahwa rentang suhu yang optimal di daerah tropis biasanya berkisar antara 25°C hingga 35°C. Keadaan yang dianggap ideal adalah perbedaan suhu antara siang dan malam tidak melebihi 5°C, yakni berkisar antara 25°C hingga 30°. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan suhu pada titik-titik pengamatan seperti perbedaan intensitas sinar matahari pada saat pengukuran, suhu udara, keadaan iklim, dan kondisi cuaca pada saat dilakukannya pengukuran (Suwari, 2010). Suhu air juga dapat berubah tergantung kondisi spasial dan temporal (10).



Gambar 1. Grafik Pengukuran Suhu



Gambar 1. Grafik Pengukuran pH

Konsentrasi pH pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa meskipun berfluktuasi pada zona hulu, tengah, dan hilir, nilai keasaman (pH) Sungai Surabaya tetap berada pada kisaran nilai pH tipikal yaitu pH 6 hingga 9. Rata-rata pH air Sungai Surabaya berkisar antara 7,40 hingga 7,63 di empat tempat berbeda, dengan rata-rata keseluruhan 7,51. Pada bulan Agustus, di sepanjang mencatat nilai pH tertinggi sebesar 8,00, sedangkan Tambangan Cangkir mencatat nilai pH terendah sebesar 7,20. Perubahan nilai pH yang terlihat pada penelitian ini justru berkorelasi dengan hasil penelitian Djoharam (2018) sebelumnya yang menampilkan hasil pemeriksaan derajat keasaman Sungai Pesanggrahan antara 7,3-7,5 (11). Menurut Siradz dkk. (2008), beberapa hal seperti bahan organik atau sampah organik dapat menyebabkan peningkatan keasaman sungai dengan melepaskan karbon dioksida. Berdasarkan ambang batas KMA kelas 1 yang menetapkan nilai pH antara 6 hingga 9, nilai pH perairan Sungai Surabaya saat ini berada dalam kisaran aman sehingga menjadikannya sebagai sumber air baku air minum. Profil pH (fluktuasi pH) perairan Sungai Surabaya pada masing-masing lokasi ditampilkan pada **Gambar 2** serta lokasi pengamatan dari Agustus hingga November 2013 yang sesuai dengan kisaran tingkat pH normal yang telah ditetapkan.

Pada perairan Kali Surabaya, mekanisme biokumulasi menjadi penyebab kandungan logam berat yang berbahaya, dimana konsentrasi dari zat tersebut mengalami peningkatan dalam tubuh makhluk hidup seiring perjalannya melalui rantai makan. Proses akumulasi konsentrasi logam berat di lingkungan alami menyebabkan tingginya kadar logam berat dalam tubuh manusia, hal ini disebabkan oleh akumulasi jumlah logam berat yang cenderung lebih cepat mengalami peningkatan karena konsentrasi logam berat yang terakumulasi cenderung meningkat lebih cepat daripada konsentrasi yang dapat dikeluarkan atau terdegradasi.

Fakta bahwa logam berat tidak dapat terurai secara hayati oleh makhluk hidup dan cenderung terakumulasi di lingkungan, terutama di dasar perairan, merupakan salah satu alasan utama mengapa logam berat dianggap sebagai polutan berbahaya (12). **Tabel 3** menampilkan temuan pengukuran logam berat yaitu konsentrasi kromium (Cr), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) berdasarkan empat titik pengambilan sampel. Air Sungai Surabaya diketahui mengandung Pb, Cu, dan Cr dalam jumlah di bawah standar dari ketiga logam berat tersebut. persyaratan mutu yang dituangkan dalam PP Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Kromium (Cr), Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb)

No.	Titik Sampling	Bulan	Konsentrasi Cr (mg/L)	Konsentrasi Cu (mg/L)	Konsentrasi Pb (mg/L)
1.	Tambangan Cangkir	September	<0.0117	<0.0090	0,0093
		Oktober	<0.0117	<0.0090	0,0097
		November	<0.0117	<0.0090	0,0075
2.	Tambangan Bambe	September	<0.0117	<0.0090	0,0006
		Oktober	<0.0117	<0.0090	0,0043
		November	<0.0117	<0.0090	0,0026
3.	Karangpilang	September	<0.0117	<0.0090	0,0101
		Oktober	<0.0117	<0.0090	0,0093
		November	<0.0117	<0.0090	0,0044
4.	Sepanjang	September	<0.0117	<0.0090	0,0085
		Oktober	<0.0117	<0.0090	0,0063
		November	<0.0117	<0.0090	0,0037
Baku Mutu			0,05	0,02	0,03

Keterangan: (<) = Hasil Pengujian Aktual Lebih Rendah Dari Limit Bawah Deteksi Alat Uji

Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada 4 titik dalam 3 bulan yaitu September-November berkisar <0,0117 mg/l (hasil pengujian aktual lebih rendah dari limit bahwa deteksi alat uji). Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian Ary (2017), dimana hasil evaluasi parameter Cr(VI) pada air sumur di kecamatan Tanggulangin, ditemukan bahwa 6 dari 10 titik sampel pengukuran konsentrasi Cr masih memenuhi ketentuan yang tercantum dalam PP No. 21 Tahun 2022, menetapkan batas maksimal sebesar 0,05 mg/l.

Adapun hasil pengukuran konsentrasi Tembaga (Cu) dalam air Kali Surabaya pada 4 titik dalam 3 bulan yaitu September-November sebesar <0,0090 mg/l (hasil pengujian aktual lebih rendah dari limit bahwa deteksi alat uji), konsentrasi tersebut masih dibawah baku mutu Tembaga (Cu) sebesar 0,02 untuk kelas 1 berdasarkan PP No. 21 Tahun 2022. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Halimatus, et al (2018), dimana konsentrasi tembaga (Cu) di perairan Sungai Wonorejo yang merupakan bagian dari Pantai Timur Surabaya yang menerima aliran sungai (DAS) Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo, dan Gunung Anyar mencapai 0,008 mg/kg untuk stasiun 1 dan stasiun 2, serta 0,002 mg/kg untuk stasiun 3 (13). Hasil tersebut masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan PP Nomor 21 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 0,02 mg/l.

Meski konsentrasi Cu masih dibawah nilai baku mutu, pemantauan secara berkala pada perairan Perairan Kali Surabaya perlu diperhatikan, mengingat perairan Kali Surabaya diperuntukan untuk keperluan masyarakat sehari-hari (Kelas 1) dan potensi terakumulasi logam berat dari aliran sungai tersebut dapat menyebabkan pencemaran hingga ke laut (14). Sungai ini melintasi kawasan industri dan permukiman masyarakat, apabila limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut dibuang ke perairan, akan menyebabkan dampak buruk pada organisme air maupun masyarakat yang memanfaatkannya.

Konsentrasi timbal (Pb) pada air Kali Surabaya diukur sebanyak empat kali dalam tiga bulan, yaitu pada bulan September hingga November. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata keseluruhan sebesar 0,006 dan kadar Pb berkisar antara 0,001-0,010 mg/l. Temuan penelitian ini konsisten dengan temuan Putri dkk. (2016), yang menyelidikannya menemukan bahwa kadar timbal terlarut berkisar antara 0,002-0,004 mg/l. Hasil tersebut masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan PP Nomor 21 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 0,03 mg/l.

Dari hasil penelitian ini masih memenuhi kriteria kualitas yang ditetapkan, berdasarkan temuan pengukuran konsentrasi logam berat dalam penyelidikan ini. Penting untuk diingat bahwa temuan ini bersifat dinamis dan dapat berubah sewaktu-waktu akibat perubahan lingkungan dan sumber polutan, yang dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi logam berat di saluran air. Dalam upaya untuk menilai risiko potensial yang dapat muncul di masa depan, maka dilakukan juga uji validasi atau peramalan, terutama dalam konteks mengevaluasi konsentrasi logam berat untuk periode 10 tahun ke depan.

Tabel 4. Validasi Logam Berat Pb

Validasi Pb			
Tahun	Simulasi	Aktual	MAPE
2023	0,00638	0,0093	31,38%
2024	0,00575	0,0097	40,72%
2025	0,00579	0,0075	22,85%
2026	0,00624	0,006	4,07%
2027	0,00544	0,0043	26,60%
2028	0,00651	0,0026	150,21%
2029	0,00558	0,0101	44,78%
2030	0,00488	0,0093	47,52%
2031	0,00564	0,0044	28,13%
2032	0,00635	0,0085	25,33%
2033	0,006323	0,0063	0,37%
2034	0,006323	0,0037	70,90%
MAPE		41,07%	

Dalam penelitian ini, validasi logam berat hanya dilakukan pada konsentrasi logam berat yang tidak lebih rendah dari limit deteksi uji, yaitu Pb. Dimana hasil validasi Pb masih menunjukkan perubahan yang stabil atau masih memenuhi baku mutu. Namun, jika dibandingkan dengan nilai aktual yang ada pada validasi MAPE terdapat beberapa nilai yg melebihi standar dengan arti peramalan sangat buruk. Dari hasil **Tabel 4** menunjukkan bahwa klasifikasi model menurut MAPE, kemampuan model peramalan “Layak”.

Sumber pencemar yang terdapat pada kali Surabaya, disajikan pada **Tabel 5**. Sepanjang kali Surabaya terdapat banyak industri dan pemukiman warga yang berupa *point source* dimana aliran dari *point source* langsung masuk kedalam sungai melintasi daerah-daerah tertentu yang telah diketahui jika aliran tersebut masuk ke badan sungai dapat mempengaruhi kualitas air kali Surabaya dimana kadar pencemar yang bermacam jenisnya dan juga ada yang disebut *non-point source* yang merupakan aliran masuk kedalam badan sungai namun memiliki saluran yang tidak menentu dan bersifat merata disepanjang sungai.

Tabel 5. Sumber Pencemar yang berada di Kali Surabaya

Nama Pencemar	Tipe Industri	Tempat (km)	Debit Masuk
Kali Tenga*	Saluran	9,35	0,8
PT Spind*	Pipa Baja	9	0,00855
PT Sarimas Perma*	Minyak Kelapa	7,7	0,00062
PT IKI Mutiar*	Plastik	7,05	0,01085
CV Bangu*	Ubin	5,7	0,0001
PT Jayabay* Ray*	Detergen	5,49	0,00244
Industri Tah*	Tahu	2,34	0,002
Cemar* Agun*	Minyak Kelapa	3,94	0,00051
PT Priscoli*	Minyak Goreng	10,65	0,000006
PT Surabaya* Mekabo*	Kertas	10,6	0,03218
PT Suparm*	Kertas	8,8	0,1
PT Asi* Victor*	Keramik	7,4	0,00187
CV Sumbe* Bar*	Konveksi	7,05	0,00163
PT Gawerej*	Pakaian	3,7	0,00065
PT Sintang Apoll*	benang	3,35	0,00164
PT Pakabay* Jay*	Korek Api	5,34	0,00244
PT Kedawun* Seti*	Karton Box	9,1	0,00162

Sumber: Febriandita (2018)

Pada sepanjang tepian Kali Surabaya banyak berdiri perusahaan yang dapat meningkatkan jumlah dan mutu limbah industri yang mencapai badan air sungai tersebut, dan hal ini pada akhirnya dapat menurunkan kualitas air sungai tersebut. Berdasarkan **Tabel 4**, disajikan nilai debit air pada 17 perusahaan dari sekitar 36 perusahaan di sepanjang Kali Surabaya yang mengalirkan limbah cairnya ke sungai tersebut. Selain itu, terdapat juga perusahaan-perusahaan yang berlokasi di luar wilayah Kota Surabaya yang membuang limbahnya ke Kali Tengah (sekitar 34 perusahaan) yang pada akhirnya bermuara menuju Kali Surabaya (15).

Sebaran industri, khususnya berpusat di Driyorejo dan Karang Pilang, di sepanjang sungai Kali Surabaya. Industri MSG, industri pulp dan kertas, industri tekstil, bisnis makanan dan minuman, industri kimia dan metalurgi, serta sektor minyak dan deterjen merupakan beberapa industri yang menonjol.

Perusahaan dengan debit air terendah, konsentrasi COD terendah, dan konsentrasi BOD terendah adalah CV Bangun dengan nilai masing-masing 0,0001, 0,22 mg/L, dan 0,07 mg/L. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menemukan bahwa, ketika tiga variasi debit berbeda dievaluasi, debit terendah 0,125 L/jam dengan waktu tinggal 8 jam menunjukkan penurunan terbesar. Laju aliran umpan yang rendah memberikan waktu yang lebih lama bagi mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik dalam limbah cair yang diolah, sehingga menghasilkan laju penyisihan yang tinggi (16).

Adanya sumber pencemar di kali Surabaya tentu akan mempengaruhi pemanfaatan air kali Surabaya. Pemanfaatan air kali Surabaya sangat penting bagi kebutuhan air bersih di kota tersebut. Sungai ini merupakan sumber air utama yang digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk konsumsi, pertanian, dan industri. Adanya polusi dan pencemaran di sepanjang aliran sungai mengakibatkan pemanfaatan air kali Surabaya menjadi semakin sulit dan berisiko bagi kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kualitas logam berat Kali Surabaya diperlukan upaya-upaya pencegahan sebagai berikut:

- Menelusuri setiap perusahaan yang membuang sampah ke perairan Sungai Surabaya untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas sungai.
- Menerapkan kebijakan ketat terhadap pengelolaan limbah perumahan.
- Melakukan evaluasi mendalam terhadap efisiensi pengolahan air di pabrik/industri yang membuang limbahnya ke perairan Kali Surabaya
- Melibatkan partisipasi masyarakat sekitar Kali Surabaya melalui penyuluhan dan program peduli lingkungan.

4. Kesimpulan

Kualitas air Kali Surabaya menurut konsentrasi logam berat, termasuk Kromium (Cr), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) masih mematuhi baku mutu yang ditetapkan. Konsentrasi Cr dan Cu masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021. Meskipun konsentrasi Pb juga tetap berada di bawah baku mutu, uji validasi dilakukan untuk memproyeksikan konsentrasi Pb 10 tahun ke depan. Hasil validasi menunjukkan perubahan yang stabil, tetapi beberapa nilai MAPE melebihi standar, menandakan perlunya pemantauan dan tindakan lebih lanjut untuk mengantisipasi potensi perubahan kondisi dan memitigasi risiko pencemaran logam berat, khususnya timbal, di masa depan

5. Saran

Pemerintah perlu meningkatkan pengawasan terhadap industri di sepanjang Kali Surabaya, khususnya yang memiliki potensi mencemari perairan. Selain itu diperlukan upaya penguatan kebijakan pengelolaan limbah, terutama dalam konteks industri dan perumahan di sekitar Kali Surabaya.

6. Referensi

1. Agustira, R., Kemala, S.L dan Jamilah. 2013. Kajian karakteristik kimia air, fisika air dan debit sungai pada kawasan DAS Padang akibat pembuangan limbah tapioka. *Jurnal Agroekoteknolog.* 1 (2), 615-625.
2. Sofia, Y., & Rahayu, S. 2010. Penelitian Pengolahan Air Sungai yang Tercemar Oleh Bahan Organik. *Jurnal Sumber Daya Air*, 6(2), 16.
3. AUFAR, Dema Viona Ghaisani. 2019. Analisis Kualitas Air Sungai Pada Aliran Sungai Kali Surabaya. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
4. Mohiuddin KM, Y Ogawa, HM Zakir, K Otomo and N Shikazono. 2011. Heavy Metals Contamination in Water and Sediments of an Urban River in a Developing Country. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8(4), 723-736.
5. Taghinia Hejabi A, Basavarajappa HT, Karbassi AR, Monavari SM. 2011. Heavy Metal Pollution in Water and Sediments in the Kabini River, Karnataka, India. *Environ Monit Assess.* 1(4), 1-13.
6. Kominfo, 2017. Tim Patroli Air Temukan Indikasi Pembuangan Limbah di Kali Surabaya. Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur.
7. Yudo dan Said. 2019. Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
8. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur, 2008. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur. Jawa Timur.
9. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
10. Harlina, D. 2021. *Limnology: Kajian Menyeluruh Mengenai Perairan Darat*. Makassar: Gunawana Lestari.
11. Djoharam, V., Riani, E., Yani, M., 2018. Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.* 8, 127–133. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>
12. Aanisa NAI, Rahmawati R, Tasiman BHA, Astuti Y. 2023. Analisis Kualitas dan Tingkat Pencemaran Limbah B3 Terlarut di Aliran Sungai Cideng. *Jurnal Ilmu Lingkungan.* 22(1), 215–227.
13. Rahardja, B.S., Sahidu, A.M., Fariedah, F., 2018. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Kepiting Bakau (*Scylla sp.*) di Sungai Wonorejo, Surabaya. *J. Ilm. Perikan. Dan Kelaut.* 10, 106–111. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10499>.
14. Wijaya, I. M. W. dan E. S. Soedjono. 2018. Physicochemical Characteristic of Municipal Wastewater in Tropical Area: Case Study of Surabaya City, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 135.
15. Suwari, Etty R dan Bambang P. 2011. Model Dinamik Pengendalian Pencemaran Air Kali Surabaya. *Jurnal Bumi Lestari*, 11(2), 234–248.
16. Samudro G, Syafrudin S, Yazid FR. 2012. Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Debit Pada Pengolahan Air Artifisial (Campuran Grey Water dan Black Water) Menggunakan Reaktor UASB. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan.* 9(1), 31-40.