

Artikel Review: “Kondisi Terkini Kualitas Air Sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta”

Review Article: “Recent Condition of River Water Quality in Special Region of Yogyakarta”

Nurfadilah¹, Zakia Deliana Luthfiah², Perwitasari^{3*}

^{1,2,3} Jurusan S1 Teknik Kimia, UPN Veteran Yogyakarta

Email: ¹121210014@student.upnyk.ac.id, ²121210091@student.upnyk.ac.id, ^{3*}perwitasari@upnyk.ac.id.

*Penulis korespondensi: perwitasari@upnyk.ac.id

Direview: 6 Maret 2024

Diterima: 6 Mei 2024

ABSTRAK

Limbah domestik dan logam berat merupakan permasalahan umum yang dijumpai pada air sungai. Kegiatan rumah tangga di sekitar aliran sungai menyumbang limbah domestik pada aliran sungai. Dan akibat kegiatan industri dalam beberapa abad terakhir menyebabkan pencemaran logam berat. Artikel ini membahas kualitas sungai Bogowonto, Winongo, Code, Gajah Wong, Opak, Belik dan Bedog untuk analisis nilai parameter limbah domestik, sedangkan kandungan logam berat untuk sungai Bogowonto dan sungai Code dikecualikan. Metode analisa yang digunakan yaitu *purposive sampling* dan *composite sample*. Hasil penelitian terkini pada pengamatan berbagai parameter menunjukkan kandungan limbah yang cukup tinggi yaitu untuk limbah domestik dengan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), sedangkan kandungan pencemaran tertinggi untuk limbah logam berat adalah timbal dan besi.

Kata kunci: *Pencemaran, sungai, limbah domestik, limbah logam berat, Biochemical Oxygen Demand.*

ABSTRACT

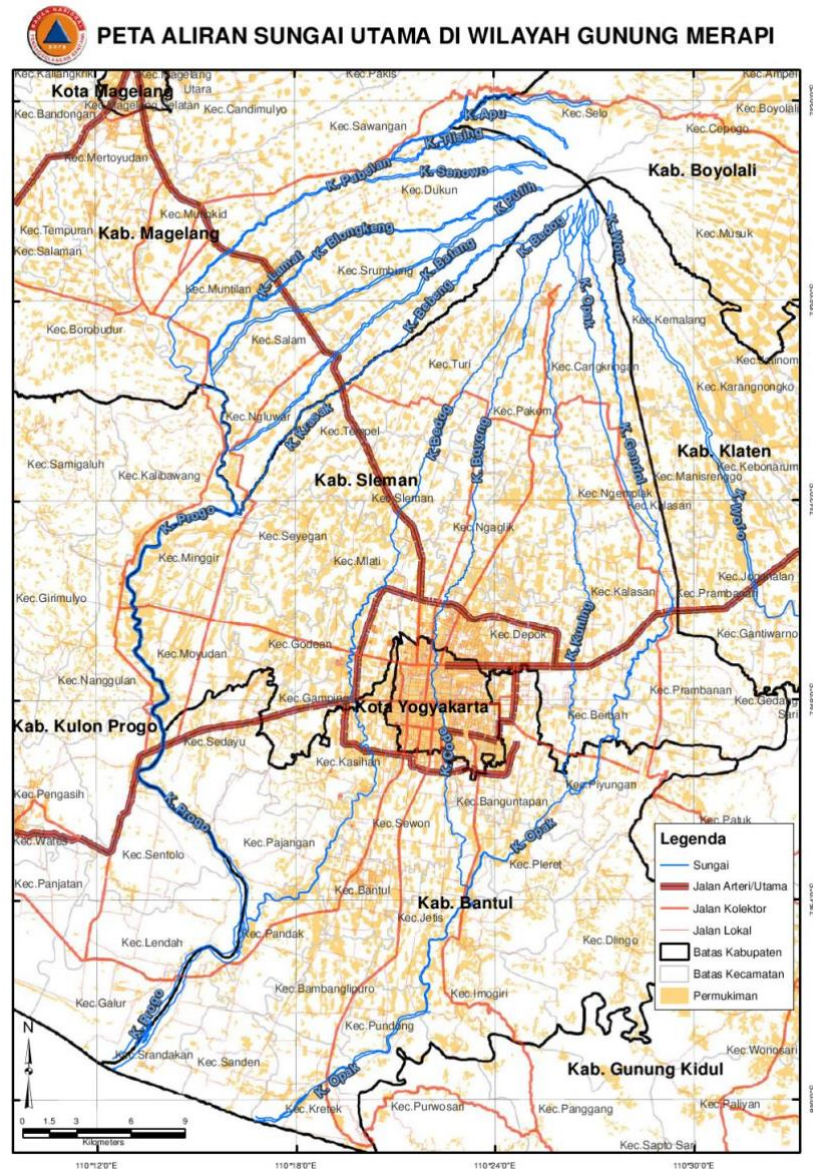
*Domestic waste and heavy metals are common problems found in river water. Household activities around the river contribute domestic waste to the river. Also, due to industrial activities in the last few centuries caused heavy metal pollution. This article discusses the quality of Bogowonto, Winongo, Code, Gajah Wong, Opak, Belik and Bedog rivers for the analysis of domestic waste parameter values, while the heavy metal content for Bogowonto and Code river was excluded. The analysis method is purposive sampling and composite sample. The rescent research result on the observation of various parameters showed a fairly high waste content for domestic waste with BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) parameters, while the highest pollution content for heavy metal waste is lead and iron.*

Keywords: *Pollution, river, domestic waste, heavy metal waste, Biochemical Oxygen Demand.*

1. PENDAHULUAN

A. Kategori Sungai-Sungai di Yogyakarta dan Batasan-Batasannya

Yogyakarta memiliki beberapa sungai, di antaranya: Sungai Bogowonto, Winongo, Code, Gajah Wong, Opak, Belik dan Bedog. Sungai-sungai tersebut terbentang di beberapa wilayah dengan batasan yang berbeda-beda dari sungai satu dengan sungai yang lainnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2015 Daerah Aliran Sungai Bogowonto memiliki luas 605,91 km² dan terletak di antara 7° 23'-7°54' LS dan 109° 56'-110° 10' BT (EGSA GEO UGM, 2020). Sungai Winongo memiliki luas DAS (Daerah Aliran Sungai) sekitar 113 km² dengan hulu sungai di lereng selatan gunung merapi, berlokasi di Ngelosari Purwobinangun dengan koordinatnya 7.62384°S 110.40542°E dan muara sungai di sungai opak, berlokasi di kretek dengan koordinat 7.98984°S 110.3132°E. Selanjutnya Sungai Code memiliki panjang 41 km hulu sungai di gunung merapi, berlokasi di kabupaten Sleman dengan koordinatnya 7.557183°S 110.437895°E dan muara sungai di sungai opak, berlokasi di kabupaten Bantul dengan koordinat 7.893774°S 110.3867707°E. Sungai Gajah Wong terletak di koordinat 7.876004°S 110.395157°E dengan panjang sungai 22,81 km. Kemudian sungai opak dengan luas DAS 63.889 km² (BNPB DIY).



Gambar-1. Peta aliran sungai di wilayah Yogyakarta

B. Teknik Analisis Sumber Pencemar Air Sungai

Pemantauan kualitas air adalah suatu cara untuk mengevaluasi secara sistematis perubahan kualitas air sungai melalui respons organisme air (Stein et al., 2008). Terdapat istilah *Biomonitoring*, *Biomonitoring* berguna untuk mengevaluasi dampak pembangunan terhadap ekosistem akuatik dengan memperoleh informasi tentang perubahan struktur biologis dan keanekaragaman badan air tertentu. Informasi ini dapat digunakan sebagai barometer jangka panjang dari keberhasilan pengelolaan lingkungan perairan (Nugrahaningrum, 2017). *Biomonitoring* dibagi menjadi empat komponen, yaitu studi *bioassessment* tentang struktur dan fungsi komunitas kehidupan, *bioassay* toksisitas, yaitu studi tentang pengaruh polutan terhadap bentuk-bentuk kehidupan, *bioassay* perilaku, yaitu analisis dampak subletal pada organisme yang diuji, dan studi bioakumulasi tentang dosis pencemar yang diserap oleh organisme dan dampaknya dalam rantai makanan (Komarawidjaja, 2006).

Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dapat digunakan untuk menganalisis penyebaran limbah dengan memanfaatkan sifat-sifat aliran fluida, dalam hal ini air sungai. Untuk melakukan simulasi diperlukan data-data pendukung seperti kualitas air sungai yang diambil dari sampel di beberapa titik aliran sungai.

Air limbah di Sungai yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta yang juga mengandung logam berat, dapat dipantau dengan berbagai metode. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk analisis kualitas air antara lain: 1) *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan kriteria yang diperlukan, titik sampel mewakili titik lain pada daerah pengamatan, dengan mempertimbangkan potensi lokasi yang mengasalkan limbah, sehingga dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sungai (Mutmainah et al., 2022). 2) *composite sample* atau pengambilan dengan gabungan waktu, yang dilakukan dengan mengambil sampel pada satu lokasi pada waktu yang berbeda (Ulfa et al., 2022). Dilakukannya analisis perbandingan kualitas air sungai ini untuk mengetahui sumber dari pencemaran air sungai dan juga membantu pihak terkait dalam memitigasi dampak dari kontaminasi polutan dalam air sungai yang membahayakan warga sekitar aliran sungai di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

C. Identifikasi Sumber Pencemar Air Sungai di Yogyakarta

Masyarakat di sekitar aliran sungai menggantungkan hidupnya pada sungai untuk kehidupan sehari-hari. Namun, aktivitas rumah tangga masyarakat di sekitar aliran sungai seperti MCK (mandi, cuci, dan kakus) dapat menyumbang polutan kepada air sungai (Shofwan et al., 2022). Selain itu, kegiatan industri di sekitar aliran air sungai juga merupakan salah satu penyumbang dampak yang signifikan terhadap penurunan kualitas air sungai (Pratiwi, 2021).

Penurunan kualitas air Sungai adalah salah satu dampak negatif dari daerah yang mengalami peningkatan laju pertumbuhan. Salah satunya, Yogyakarta yang merupakan daerah yang terkenal sebagai kota pelajar dan kota pariwisata, dengan ribuan pengunjung yang datang dan pergi setiap tahunnya (Putri et al., 2021). Peningkatan jumlah mahasiswa sejalan dengan peningkatan jumlah tempat kos yaitu rata-rata sekitar 33% setiap tahunnya berdasarkan data dari salah satu universitas negeri di Yogyakarta. Berdasarkan data tahun 2018, Provinsi DIY memiliki 143 hotel berbintang dan 1.475 hotel nonbintang (BPS, 2019). Selain itu, adanya program pemerintah Indonesia yang ingin menjadikan Yogyakarta sebagai destinasi pariwisata terkemuka di Asia Tenggara (Pemda DIY, 2022), akan meningkatkan jumlah wisatawan yang masuk sehingga akan berdampak pada peningkatan jumlah limbah domestik.

D. Jenis Polutan dan Besarannya di Sungai di Yogyakarta

1. Limbah Domestik

Parameter limbah domestik yang dibandingkan berupa DO, BOD, COD. Dalam penelitian yang berbeda, parameter-parameter yang digunakan tidak selalu sama persis. Dalam artikel ini, dibahas mengenai kandungan limbah organik di sungai Bogowonto, Winongo, Code, Gajah Wong, Opak, Belik dan Bedog.

Kandungan limbah domestik sungai Bogowonto berdasarkan penelitian Mutmainah et al., (2022), ditunjukkan oleh parameter *Dissolved Oxygen (DO)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Penelitian dilakukan dengan pengambilan dua sampel yang

berbeda di tiga titik aliran sungai Bogowonto yang diwakili dengan penamaan stasiun A, stasiun B dan stasiun C. Dimana stasiun A sampai C terletak berurutan dari yang paling dekat ke hulu hingga yang paling dekat ke hilir sungai. Dari hasil penelitian didapat kandungan DO berkisar antara 4,1-8,72 mg/L. Kadar DO yang semakin tinggi menunjukkan bahwa kandungan oksigen di dalam air tersebut semakin tinggi pula, sehingga semakin besar nilainya maka semakin baik kualitas air sungai (Junaidi et al., 2021). Komparasi di semua titik dari kedua sampel pada sampel yang ada kandungan DO paling besar di stasiun A pada sampel pertama dan paling kecil pada stasiun A pula, namun pada sampel kedua. Kemudian, untuk kandungan BOD berkisar antara 1,54-96,47 mg/L dengan stasiun B pada sampel pertama memiliki nilai yang paling rendah dan stasiun A pada sampel 2 memiliki nilai BOD yang paling tinggi. Kadar BOD ini menunjukkan banyaknya oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme saat mereka mendekomposisi zat organik di dalam air limbah yang mengindikasikan semakin besar kadar BOD maka semakin banyak kandungan limbah yang ada di dalam air tersebut (Putri Aji et.al., 2023). Selanjutnya, kandungan COD dalam air sungai Bogowonto menunjukkan kadar pada interval 5,19-96,47 mg/L. Stasiun A pada sampel 1 memiliki kadar yang paling rendah dan stasiun A pada sampel kedua memiliki kadar yang paling tinggi. COD dalam air limbah merupakan parameter yang menunjukkan seberapa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh suatu reaksi kimia untuk mengoksidasi zat organik yang terdapat di dalam air, berbanding lurus dengan BOD semakin tinggi nilai COD maka semakin buruk kualitas air sungai (Sinaga et al., 2023).

Ulfa et al., (2022) menganalisis BOD dan COD sepanjang aliran sungai Winongo yang diambil dari 10 titik aliran utama sungai. Hasil penelitian menunjukkan kadar BOD dari 10 titik aliran sungai didapat kadar BOD dengan rentang 2,66-6,32 mg/L dengan titik 8 merupakan titik dengan kadar BOD paling rendah dan titik 4 dengan kadar BOD paling tinggi. Sedangkan, untuk COD didapat nilai dengan interval 28,93-40,02 mg/L, titik 8 memiliki nilai COD paling rendah sedangkan titik 6 memiliki nilai COD paling tinggi.

Ikhsan et al., (2021) mengambil sampel dari tiga titik di sepanjang aliran sungai Code, yang memuat dua parameter limbah domestik yaitu DO dan BOD. Nilai DO dalam rentang 7,4-7,6 mg/L. Dengan titik 1 sebagai titik yang memiliki nilai DO tertinggi sedangkan titik 2 dan titik 3 memiliki nilai yang sama yaitu 7,4 mg/L. Kemudian, nilai BOD memiliki rentang 0,2-5,7 mg/L dengan titik 1 sebagai titik dengan nilai terendah dan titik 2 sebagai titik dengan nilai tertinggi.

Selanjutnya, analisis air Sungai Gadjahwong Yogyakarta menunjukkan kandungan limbah domestik yaitu BOD sebesar 78,1 mg/L, COD sebesar 217 mg/L dan DO sebesar 4,37 mg/L (Kurniawan et al., 2021). Nilai tersebut relatif lebih baik dari sungai-sungai yang telah dibahas sebelumnya.

Sungai Opak dianalisis kualitas airnya untuk periode bulan Januari 2022 oleh Santoso., (2023), meliputi parameter DO, BOD dan COD yang diambil dari dua titik pengambilan sampel dengan titik 1 mewakili bagian hulu sungai dan titik 2 mewakili bagian hilir sungai. Besar nilai parameter limbah domestik di titik 1 dan titik 2 secara berurutan yaitu sebesar 5,72 dan 4,02 mg/L untuk BOD, 47,29 dan 31,12 mg/L untuk COD dan 6,97 dan 9,23 mg/L untuk DO.

Kandungan DO, BOD dan COD dari sungai Belik di analisa dengan pengambilan sampel sebanyak dua kali di 4 titik sepanjang aliran sungai (Suprayogi et al., 2022). Kandungan DO berurutan untuk keempat titik tersebut sebesar pada sampel satu yaitu 8,3; 7,29; 7,9; dan 7,49 mg/L dan 7,69; 8,1; 6,88; dan 6,28 mg/L untuk sampel 2. Nilai BOD secara berurutan untuk sampel 1 yaitu 2,05; 0,99; 1,03; dan 3 mg/L dan 2,02; 1,04; 2,97; dan 0,93 mg/L. Parameter COD bernilai secara berturut-turut untuk sampel 1 12; 13,3; 13,3; dan 6,95 mg/L dan 10,1; 12; 11,4; dan 12 mg/L untuk sampel kedua. Analisis sungai Bedog untuk parameter DO, BOD dan COD, didapatkan hasil nilai rata-rata berturut-turut sebesar 2,65; 75; dan 5,9 mg/L (Sari et al., 2023).

Tabel-1. Data Parameter Limbah Domestik 7 Sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta

Sungai	Referensi	Parameter	Titik									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bogowonto	(Mutmainah et al., 2022)	DO	8.72	7.11	6.32	-	-	-	-	-	-	-
		BOD	4.1	6.9	4.7	-	-	-	-	-	-	-

			29.91	27.87	16.04	-	-	-	-	-	-	-
		COD	5.19	4.63	11.48	-	-	-	-	-	-	-
			96.47	89.9	51.74	-	-	-	-	-	-	-
Wino ngo	(Ulfa et al., 2022)	BOD	5.08	5.87	5.89	6.32	6.21	6.11	5.47	2.66	5.54	4.88
		COD	33.53	36.61	36.62	38.0 7	39.23	40.02	39.29	28.93	38.13	33.75
Code	(Ikhsan et al., 2021)	DO	7.6	7.4	7.4	-	-	-	-	-	-	-
		BOD	0.2	5.7	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Gajah Wong	(Kurniawan et al., 2021)	BOD	78.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COD	217	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		DO	4.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opak	(Santoso, 2023)	BOD	5.72	4.02	-	-	-	-	-	-	-	-
		COD	47.29	31.12	-	-	-	-	-	-	-	-
		DO	6.97	9.23	-	-	-	-	-	-	-	-
		DO	8.3	7.29	7.9	7.49	-	-	-	-	-	-
			7.69	8.1	6.88	6.28	-	-	-	-	-	-
Belik	(Suprayogi et al., 2022)	BOD	2.05	0.99	1.03	3	-	-	-	-	-	-
			2.02	1.04	2.97	0.93	-	-	-	-	-	-
		COD	12	13.3	13.3	6.95	-	-	-	-	-	-
			10.1	12	11.4	12	-	-	-	-	-	-
		DO	2.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bedog	(Sari et al., 2023)		0.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		BOD	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COD	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2. Logam Berat

Logam berat seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), krom (Cr), seng (Zn), dan besi (Fe) memiliki potensi bahaya bagi manusia jika terpapar bahkan dalam konsentrasi rendah. Logam berat dapat menumpuk dalam jaringan tubuh dan berpotensi menyebabkan mutasi sel tubuh menjadi sel kanker (Agoro et al., 2020). Logam berat juga sangat mudah larut dalam lingkungan air dan karena itu dapat diserap dengan mudah oleh organisme hidup (Kinuthia et al., 2020).

Hasil penelitian Fadlillah et al., (2022) mengenai kandungan logam berat di sungai Winongo, diketahui terdapat tiga jenis logam berat yaitu tembaga (Cu), timbal (Pb), dan krom (Cr). Penelitian mengambil 8 titik di sepanjang aliran sungai Winongo kandungan tembaga (Cu) berkisar antara 0,033-0,237 mg/L, timbal (Pb) berkisar antara 0,089-0,916 mg/L, dan krom (Cr) berkisar antara 0,015-0,046 mg/L. Kandungan tembaga (Cu) tertinggi terdapat pada titik 7, timbal (Pb) tertinggi terdapat pada titik 4, dan krom (Cr) tertinggi pada titik 5. Titik-titik tersebut terletak pada area tengah sungai sampai hilir, kemungkinan ada pembuangan limbah berkonsentrasi tinggi di sekitar titik tersebut sehingga perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut.

Sungai Gajah Wong sendiri memiliki kandungan besi (Fe) dan seng (Zn) berdasarkan hasil penelitian Kurniawan et al., (2021). Pengambilan sampel hanya dilakukan satu titik dan didapat hasil kandungan besi sebesar 0.06 mg/L, sedangkan seng (Zn) sebesar 0,02 mg/L. Angka tersebut tidak dapat mewakili keseluruhan kualitas air sungai Gajah Wong sehingga perlu dilakukan perluasan area penelitian oleh peneliti selanjutnya.

Pada sungai Opak didapat hasil kandungan logam berat berupa seng (Zn), tembaga (Cu) dan timbal (Pb) sesuai hasil penelitian yang dilakukan oleh Santoso, (2023). Kandungan rata-rata seng (Zn) sebesar 0,02 mg/L, tembaga (Cu) sebesar 0,019 mg/L, dan timbal (Pb) sebesar 0,08 mg/L. Dari ketiga kandungan tersebut hanya seng (Zn) yang memenuhi syarat mutu loga berat pada air sungai, sedangkan tembaga (Cu) dan timbal (Pb) tidak memenuhi syarat. Dari penelitian ini dapat dilakukan penelitian

lanjutan mengenai cara untuk menurunkan kandungan logam berat di sungai Opak agar dapat memenuhi standar mutu air sungai.

Penelitian mengenai sungai Belik yang dilakukan oleh Suprayogi et al., (2022) terkait kandungan logam berat berupa besi (Fe). Pengambilan sampel diambil sebanyak dua kali di 4 titik berbeda. Pada sampel satu kandungan besi (Fe) di 4 titik secara berurutan sebesar 0,602; 0,543; 1,002; dan 1,026 mg/L. Sedangkan pada sampel 2, kandungan besi (Fe) berturut-turut sebesar 0,262; 0,406; 0,375; dan 0,556 mg/L. Dari kedua sampel, titik 4 merupakan titik yang memiliki kandungan besi (Fe) tertinggi. Titik 4 merupakan titik yang terletak di bagian hilir, sehingga hal ini dapat terjadi karena akumulasi logam berat yang terbawa dari daerah hulu sungai.

Dan penelitian yang membahas sungai Bedog dimuat dalam artikel yang berjudul “Kajian Kualitas Air Sungai Bedog Akibat Pembuangan Limbah Cair Sentra Industri Batik Desa Wijirejo” oleh Indarsih et al., (2011). Kandungan logam berat di dalam air sungai Bedog ada krom (Cr) dan tembaga (Cu) yang nilainya berkisar rata-ratanya sebesar 0,0014 dan 0,0083 mg/L. Artikel tersebut tergolong tua dibandingkan dengan artikel lain yang ada dalam artikel *review* ini, tidak ditemukan penelitian yang membahas kandungan logam berat di sungai Bedog dengan tahun yang lebih baru sehingga penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk menganalisis kandungan logam berat terkini di sungai Bedog.

Tabel-2. Data Parameter Logam Berat 5 Sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta

Sungai	Referensi	Parameter	Titik							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Winongo	(Fadlillah et al., 2022)	Tembaga	0,072	0,033	0,052	0,114	0,076	0,123	0,237	0,112
		Timbal	0,263	0,096	0,102	0,916	0,643	0,116	0,2	0,089
		Krom	0,017	0,015	0,06	0,019	0,046	0,026	0,042	0,025
Gajah Wong	(Kurniawan et al., 2021)	Besi	0,06	-	-	-	-	-	-	-
		Seng	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Opak	(Santoso, 2023)	Seng	0,02	-	-	-	-	-	-	-
		Tembaga	0,019	-	-	-	-	-	-	-
		Timbal	0,08	-	-	-	-	-	-	-
Belik	(Suprayogi et al., 2022)	Besi	0,602	0,543	1,002	1,026	-	-	-	-
			0,262	0,406	0,375	0,556	-	-	-	-

E. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kandungan limbah domestik dan logam berat pada sungai Bogowonto, Winongo, Code, Gajah Wong, Opak, Belik dan Bedog dari hasil penelitian pada beberapa tahun terakhir ini menunjukkan kandungan limbah yang cukup tinggi berdasarkan pengamatan dari beberapa parameternya. Metode analisa yang digunakan yaitu purposive sampling dan composite sample. Berdasarkan pengamatan diperoleh kandungan limbah domestik yang tinggi dengan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan pada limbah logam berat, kandungan pencemaran tertinggi nya ialah timbal dan besi. Karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menganalisis sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya ketujuh sungai tersebut dan juga sungai-sungai lainnya dalam berbagai bidang. Artikel ini dapat digunakan untuk melihat perbandingan data awal sebelum melakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistematika penyebaran limbah dan cara menanggulangnya agar tidak berdampak buruk bagi masyarakat di sekitar aliran sungai.

Saran

Menambah referensi lebih luas dari penelitian sebelumnya dan bekerja sama dengan pihak-pihak terkait agar mendapat informasi data yang lebih akurat dan beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menulis artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoro, M. A., Adeniji, A. O., Adefisoye, M. A., & Okoh, O. O. (2020). Heavy Metals in Wastewater and Sewage Sludge from Selected Municipal Treatment Plants in Eastern Cape Province, South Africa. *Water*, 12(10), 2746. <https://doi.org/10.3390/w12102746>
- Al-Dulaimi, E., Shartooh, S., & Al-Heety, E. (2021). Concentration, Distribution, and Potential Sources of Heavy Metals in Households Dust in Al-Fallujah, Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 54(2F), 120–130. <https://doi.org/10.46717/igj.54.2F.11ms-2021-12-28>
- BPS. (2019). *Statistical Agency of D.I. Yogyakarta*.
- Crini, G., & Lichtfouse, E. (2019). Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*, 17(1), 145–155. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9>
- EGSA GEO UGM. (2020). Analisis Banjir di Mikrodas Bogowonto.
- Fadlillah, L. N., Indrastuti, A. N., Azahra, A. F., & Widyastuti, M. (2022). Evaluasi Level Toksik Logam Berat pada Air, Sedimen Tersuspensi, dan Sedimen Dasar di Sungai Winongo, D.I.Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 30–36. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.30-36>
- Harahap, F. S., & Lubis, L. T. (2018). Analysis of heavy metals distribution in the river town of hamasaki's rod padangsidimpuan. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang*. <https://eksakta.ppp.unp.ac.id/index.php/eksakta/article/view/149>
- Ikhsan, J., Kurniati, R., & Rozainy, M. R. (2021). Analysis of river water quality in the upstream of the Code River, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 794(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/794/1/012044>
- Indarsih, W., Suprayogi, S., & Widyastuti, D. M. (2011). Kajian Kualitas Air Sungai Bedog Akibat Pembuangan Limbah Cair Sentra Industri Batik Desa Wijirejo.
- Junaidi, J., Priyambada, I. B., & Venoreza, N. (2021). The Ability of Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand Parameters to Self-purify in the Garang River. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(3), 433–442. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v18i3.433-442>
- Kinuthia, G. K., Ngure, V., Beti, D., Lugalia, R., Wangila, A., & Kamau, L. (2020). Levels of heavy metals in wastewater and soil samples from open drainage channels in Nairobi, Kenya: community health implication. *Scientific Reports*, 10(1), 8434. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65359-5>
- Komarawidjaja W, T. (2006). *Teknik biomonitoring sebagai alternatif "tool" pemantauan kualitas lingkungan perairan*. *Jurnal Teknologi Lingkungan Edisi Khusus*. 144–147.
- Kurniawan, A., Said Nahdi, M., & Aisah, S. (2021). Modifikasi Biosand Filter Pasir Gumuk Sebagai Upaya Pengelolaan Air Sungai Gadjahwong Yogyakarta. *J.Bio. & Pend.Bio*, 6(1).
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., & Han, W. (2019). A Review on Heavy Metals Contamination in Soil: Effects, Sources, and Remediation Techniques. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 28(4), 380–394. <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1592108>
- Mutmainah, A., Sulardiono, B., & Rahman, A. (2022). Analisis Status Mutu Air Perairan Anak Sungai Bogowonto, Yogyakarta. *Jurnal Pasir Laut*, 6(1), 33–42. <https://doi.org/10.14710/jpl.2022.54113>
- Nazaripour, M., Reshadi, M. A. M., Mirbagheri, S. A., Nazaripour, M., & Bazargan, A. (2021). Research trends of heavy metal removal from aqueous environments. *Journal of Environmental Management*, 287, 112322. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112322>
- Nugrahaningrum, A. (2017). Macroinvertebrate diversity role in Water Quality Assessment of Winongo and Gajah Wong Rivers, Yogyakarta, Indonesia. *Bonorowo Wetlands*, 7(1). <https://doi.org/10.13057/bonorowo/w070107>
- Pemda DIY. (2022). *DIY jadi Tujuan Wisata Terkemuka Asia Tenggara*.
- Putri, A., Jana, R., Florensia, A. S., Asmara, A. A., & ... (2021). A Spatiotemporal Analysis of Water Quality and Land Use in Tambayakbayan River, Yogyakarta. *Series: Earth and Env*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/933/1/012045>
- Putri Aji, A., & Mahayana, A. (2023). Analysis of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Fecal Coliform Bacteria In Ngringo River Water, Karanganyar Regency. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 3(2), 68–76. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v3i2.50>

- Santoso. (2023). Evaluasi Pengujian Kualitas Air Sungai Opak di Kabupaten Bantul Periode Bulan Januari Tahun 2022. *Rekayasa Lingkungan*.
- Sari, A. B., Putri, W. A. E., & Diansyah, G. (2019). Logam Berat Cu Dan Pb Dalam Sedimen Di Perairan Muara Upang. *Journal of Tropical Marine Science*, 2(2), 71–75. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v2i2.948>
- Sari, Ardiatma, D., Suwazan, D., & Handoko, T. (2023). *Pendampingan Studi Kualitas Air Hasil Dari Proses Pengolahan IPAL Balai Pialam Yogyakarta* (Vol. 1). <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/jpp/>
- Shofwan, Moch., Angriani, W., & Pungut. (2022). Karakteristik Sub Daerah Aliran Sungai Silo di Kecamatan Dompu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2), 179–185. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v10i2.44610>
- Sinaga, L. F., Munandar, A., & Azizah, R. N. (2023). Reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solid (TSS) Levels in Rubber Wastewater Using Biosand Filter Reactor with Activated Carbon Media Based on the Effect of Residence Time. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v7i1.6285>
- Pratiwi, S.P.D. (2021). Analisa Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Research and Education Chemistry*, 3(2), 122. [https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3\(2\).7774](https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3(2).7774)
- Stein, H., Springer, M., & Kohlmann, B. (2008). Comparison of two sampling methods for biomonitoring using aquatic macroinvertebrates in the Dos Novillos River, Costa Rica. *Ecological Engineering*, 34(4), 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.010>
- Suprayogi, S., Indarsih, W., & Widyastuti, D. M. (2022). Kajian Kualitas Air Sungai Bedog Akibat Pembuangan Limbah Cair Sentra Industri Batik Desa Wirirejo.
- Ulfa, Q. A., Marlina, N., & Wantoputri, N. I. (2022). Kajian Perhitungan Daya Tampung Sungai Winongo Segmen Tengah-Hilir Berdasarkan Parameter BOD dan COD dengan Program QUAL2KW. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1). <https://doi.org/10.20527/jukung.v8i1.12990>
- Widyarani, Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. (2022). Domestic wastewater in Indonesia: generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 32397–32414. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6>