



## IDENTIFIKASI LOGAM BERAT (PB) SEBAGAI INDIKATOR PENCEMARAN AIR DI SUNGAI

Ardi Pratama<sup>1</sup>, Teddy Pangestu<sup>2</sup>, Putri Anggun Sari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manih, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163.

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa  
Jl. Inspeksi Kalimalang No. 9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530,  
Indonesia

Korespondensi email: [teddypangestu129@gmail.com](mailto:teddypangestu129@gmail.com)

### Abstrak

*Rivers are one of the surface water that is a source of water for life, the role of rivers is very important so they must be maintained properly. River water is widely used for various domestic, urban, agricultural and industrial purposes. One of the parameters that are very important to know the quality of clean water is the content of dissolved heavy metals. The writing of a literature review in this journal aims to identify heavy metals in river water from various river locations as indicators of river water pollution. The research method used in conducting this study is a descriptive method, meaning research that describes a certain object and explains things related to or systematically describes the facts or characteristics of a certain population in a certain field factually and carefully. The data collection technique in this study uses a documentation method, namely data collection through written documents. In this study, the data obtained through documents collected in the scopus and SINTA databases and processed so that they are relevant to the object of research. Based on the results of research on several references referred to in this journal, it can be concluded that there has been a decrease in water quality in several water sources such as the Halda River, Subin River, Shitalakshya River (fish indicators), Way Umpu River, dug well water in the Banjar Suwung Batan Kendal Landfill Area, South Denpasar which is indicated by the presence of heavy metal Pb (Lead) in the water that exceeds the required threshold. As for the Solwezi and Kifubba Rivers, the Baturusa River Estuary, the Deli River and the Citarum River upstream of the Pb concentration is below the required threshold.*

### Informasi Artikel

Diterima: 2 Januari 2025  
Direvisi: 5 September 2025  
Dipublikasikan: 26 September 2025

### Keywords

Heavy metals, Lead (Pb), Water Pollution, Rivers



## I. Pendahuluan

Air adalah elemen penting dari ekosistem dan elemen vital bagi semua makhluk hidup. Air dianggap sebagai salah satu sumber daya terpenting yang ditemukan di Bumi dan kualitasnya sangat penting untuk kehidupan [1]. Sungai merupakan salah satu air permukaan yang merupakan sumber air bagi kehidupan, peran sungai sangat penting sehingga harus dipelihara dengan baik. Air sungai banyak digunakan untuk berbagai keperluan domestik, perkotaan, pertanian, dan industri [2]. Air sungai juga banyak dimanfaatkan untuk pertanian, pengairan, beternak, budidaya ikan, mandi, rekreasi, dan minum. Meningkatnya kegiatan pembangunan dan keanekaragaman industri, pertanian, dan tindakan antropogenik lainnya mengarah pada masalah berbahaya dari produksi air limbah, yang mengandung logam berat seperti timbal, kadmium, merkuri, kontaminan beracun dan pewarna, dan lain-lain, yang mendatangkan malapetaka pada ekosistem air tawar dan kesehatan publik [3]. Perairan seperti sungai terkena polusi terutama melalui aktivitas manusia, sehingga mempengaruhi kualitasnya [1]. Sebagian besar sungai tercemar terutama oleh aktivitas domestik, industri, pertambangan dan pertanian, yang mempengaruhi sifat-sifat badan air secara biologis, fisik dan kimia.

Meningkatnya permintaan akan air yang aman dan dapat diminum membutuhkan daur ulang sumber daya air tawar yang tersedia. Peningkatan populasi yang berlebihan, aktivitas industri, dan aktivitas pertanian intensif menciptakan beban besar pada sumber daya air tawar yang terbatas di planet ini [4]. Salah satu parameter yang sangat penting untuk mengetahui kualitas air bersih adalah kandungan logam berat terlarut. Kegiatan antropogenik seperti limpasan kimia, air limbah, kegiatan industri dan pertanian, serta proses metalurgi dan pertambangan merupakan sumber logam berat [5].

Pencemaran air permukaan yang berlebihan oleh berbagai logam berat merupakan masalah kesehatan masyarakat global, karena logam berat berpotensi menyebabkan efek buruk pada kesehatan manusia melalui rantai makanan. Logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup> disebut logam berat. Logam-logam tersebut antara lain kromium (Cr), nikel (Ni), kadmium (Cd), arsenik (As), timbal (Pb), seng (Zn), tembaga (Cu), kobalt (Co), molibdenum (Mo), mangan (Mn), merkuri (Hg), vanadium (V), besi (Fe), logam langka dll. Kontaminasi makanan dengan logam berat merupakan masalah kesehatan global di seluruh dunia terutama di kota-kota besar di negara berkembang. Kontaminasi rantai makanan dengan logam berat berbahaya karena mereka adalah polutan lingkungan yang persisten dan tidak dapat terurai secara hayati yang memiliki waktu paruh biologis yang panjang. Logam berat bersifat racun bagi manusia bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah. Logam berat menyebabkan berbagai bahaya termasuk kardiovaskular, ginjal, saraf, penyakit tulang, karsinogenesis, mutagenesis dan teratogenesis, defisiensi nutrisi, malfungsi enzim, disfungsi tubulus ginjal disertai osteomalacia dan komplikasi lainnya dll. Beberapa logam berat esensial seperti Zn, Cu, Mn, Fe mempertahankan aktivitas metabolisme yang baik dalam organisme hidup sedangkan logam berat non esensial lainnya seperti Cd, Ni, Hg, Pb, Cr, As menyebabkan toksisitas pada tubuh manusia [6].

Tingkat polusi logam berat di perairan meningkat pesat karena urbanisasi yang tidak terencana, industrialisasi, dan penggunaan bahan kimia pertanian yang tidak terkendali.[6] Limbah yang tidak diolah dengan baik yang dibuang dari berbagai industri ke air sungai menimbulkan masalah serius bagi flora dan fauna perairan. Aktivitas fotosintesis terhambat dalam air yang tercemar karena berkurangnya penetrasi cahaya. Tingkat polusi yang tinggi merupakan ancaman besar bagi manusia dan hewan di seluruh negeri. Produksi dan ketersediaan ikan sangat berkurang dalam air yang tercemar [2]. Kelebihan konsentrasi logam berat dapat terakumulasi dalam rantai makanan dan menyebabkan risiko besar bagi makhluk hidup [7]. Batas kontaminasi maksimum (MCL) untuk ion logam berat tertentu telah disetujui oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA), dan batas untuk Cr(VI), Pb(II), dan Cd(II) adalah 0,05, 0,006, dan 0,01 mg/L. Sementara batasan peraturan menyatakan bahwa dosis minimal diperbolehkan, melampaui standar ini bisa berbahaya bagi manusia. Misalnya, kadmium dapat merusak ginjal dan memicu gangguan nefrologi. Ini terutama berasal dari industri peleburan, galvanisasi, dan metalurgi. Kromium heksavalen dikenal sebagai mutagenik dan karsinogenik kelas I



[8].

Salah satu parameter yang sangat penting untuk mengetahui kualitas air bersih adalah kandungan logam berat terlarut, diantaranya adalah timbal (Pb) [9]. Berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, kadar maksimum timbal (Pb) yang diperbolehkan dalam air bersih adalah sebesar 0,05 ppm. Timbal diketahui dapat menyebabkan keracunan kronis sehingga menyebabkan kerusakan pada pembentukan sel darah merah hingga gangguan pada sistem reproduksi [9].

Penulisan review literatur pada jurnal ini bertujuan untuk mengidentifikasi logam berat di air sungai dari berbagai lokasi sungai sebagai indikator pencemaran air sungai. Diharapkan hasil review literatur ini akan membuka jalan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang tingkat pencemaran air Sungai dan akan mendorong otoritas terkait untuk mengambil tindakan tegas untuk mengurangi pencemaran air untuk memastikan penggunaan sungai ini secara sehat.

## II. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan kajian ini adalah metode deskriptif artinya penelitian yang menggambarkan objek tertentu dan menjelaskan hal-hal yang terkait dengan atau melukiskan secara sistematis fakta-fakta atau karakteristik populasi tertentu dalam bidang tertentu secara factual dan cermat.. Teknik pengumpulan data pada kajian ini menggunakan cara dokumentasi yaitu pengumpulan data melalui dokumen-dokumen tertulis. Dalam penelitian ini, data-data yang didapatkan melalui dokumen-dokumen yang dikumpulkan dalam database scopus dan SINTA dan diolah sehingga relevan dengan objek penelitian.

## III. Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi Pb dapat dilihat pada Tabel 1. Dimana rata-rata Pb ditemukan sebesar 1283,3 µg/L yaitu 25 kali lebih tinggi dari nilai standar (50 µg/L). Sumber Pb dapat berasal dari knalpot kendaraan, pelapisan logam, pembuangan air limbah, pupuk dll [10]. Konsentrasi Pb yang berlebihan yang ditemukan dalam penelitian ini mungkin berkorelasi dengan pembuangan limbah dari industri yang berlokasi di Nandirhat dekat sungai Halda. Timbal (Pb) mempengaruhi biosintesis hem dan eritropoiesis. Keracunan Pb kronis bertanggung jawab atas kanker dan anemia pada orang dewasa, gangguan reproduksi pada laki-laki, ketidakseimbangan hormon dan penurunan IQ pada anak kecil [2].

**Tabel 1. Konsentrasi Logam Berat Pb pada Air Sungai Halda**

Element	Unit	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Pb	µg/L	2200,0±78,98	1700,0±61,03	900,0±32,31	700,0±25,13	700,0±25,13	1400,0±50,26	1000,0±35,9
Element	Unit	S8	S9	S10	S11	S12	Average	Standard (WHO)
Pb	µg/L	1500,0±53,85	2600,0±93,34	700,0±25,13	1000,0±35,9	1000,0±35,9	1283,3	10

Pada penelitian di Sungai Solwezi dan Kifubwa keberadaan logam berat Pb tidak terdeteksi dalam sampel. Hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas antropogenik yang lebih rendah yang terjadi di daerah tersebut. Sebagai contoh, kota tersebut selain memiliki perusahaan pertambangan dan peleburan memiliki industri yang sedikit dan tidak padat penduduk [6].

Kadar logam berat pada sedimen sungai Subin yang diambil dari empat lokasi sepanjang sungai Subin disajikan pada Tabel 2. Logam Berat Pb berkisar antara 4,34 mg/kg (*Wood village*) hingga 116,91 mg/kg (Asokwa). Konsentrasi rata-rata maksimum Pb berada di atas standar kerak benua bagian atas yaitu 17 mg/kg, untuk sedimen air sungai. Hal ini menunjukkan bahwa sumber antropogenik paling banyak mempengaruhi konsentrasi [1].

**Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Pb di Sungai Subin**

Metal	Unit	Race Course downstream	Race Course Upstream	Wood village	Asokwa
Pb	mg/kg	28,19	50,62	4,34	116,93



Konsentrasi timbal (Pb) pada ikan yang dikumpulkan dari tiga lokasi pengambilan sampel di Sungai Shitalakshya disajikan pada Tabel 3. Dimana konsentrasi Pb pada ikan berkisar antara 1,07 hingga 5,78 µg/g. FAO dan WHO sama-sama merekomendasikan batas 0,5 µg/g untuk Pb dalam makanan. Ini berarti konsentrasi Pb pada ikan melebihi ambang batas. Timbal dapat mengganggu perkembangan dan fungsi kognitif anak, serta meningkatkan tekanan darah dan menyebabkan penyakit kardiovaskular pada orang dewasa [11]

**Tabel 3. Konsentrasi Logam Berat Pb pada ikan di Sungai Shitalakshya**

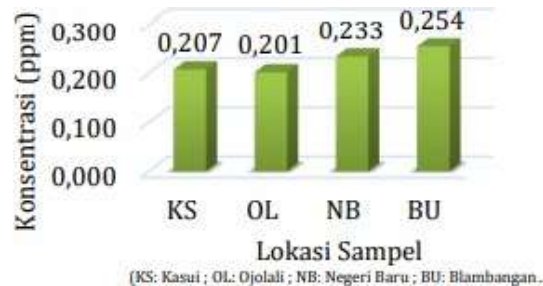
	Fish Species	Pb
Sampling site-1	Systemus sarana (Olive barb)	3,09 ± 0,09
	Pethia ticto (Ticto barb)	4,32 ± 1,02
	Mastacembelus armatus (Tire-track Spinyeel)	5,78 ± 1,16
Sampling site-1	Systemus sarana (Olive barb) Pethia ticto (Ticto barb)	1,98 ± 0,08
	Mastacembelus armatus (Tire-track Spinyeel)	4,44 ± 1,45
	Mastacembelus armatus (Tire-track Spinyeel)	3,21 ± 0,97
Sampling site-1	Systemus sarana (Olive barb) Pethia ticto (Ticto barb)	1,07 ± 0,57
	Mastacembelus armatus (Tire-track Spinyeel)	2,89 ± 1,75
	Mastacembelus armatus (Tire-track Spinyeel)	4,73 ± 1,04
Reference MPL		0,3 (MOFL 2014, 2006)

Kandungan Logam berat Pb di Estuari Sungai Baturusa disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil pengukuran logam berat Pb yang terkandung pada air di Estuari Sungai Baturusa diperoleh hasil yaitu <0,001 mg/L pada setiap stasiun pengambilan data. Sungai Baturusa ini tergolong rendah dan masih berada dibawah ambang batas baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No 22 (2021) Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kandungan logam berat Pb yang rendah dapat dipengaruhi oleh curah hujan [12]. Curah hujan yang tinggi pada saat dilakukannya penelitian sehingga menjadi faktor rendahnya kandungan logam berat Pb pada air di Estuari Sungai Baturusa. Adanya hujan dapat menyebabkan pengenceran logam berat di perairan dan menyebabkan logam berat mengendap di dasar perairan dan terakumulasi dengan organisme air yang hidup dan menetap di dasar perairan, oleh karena inilah kadar logam berat rendah di air.

**Tabel 4. Konsentrasi Logam Berat Pb pada air Estuari Sungai Baturusa**

Nama Stasiun	Kandungan Logam (mg/L)
1	<0,001
2	<0,001
3	<0,001
4	<0,001
5	<0,001
6	<0,001

Hasil pengukuran logam berat dalam sampel air Sungai Way Umpu dapat dilihat pada Gambar 1. Dimana dapat dilihat bahwa rerata kandungan logam Pb dari keempat lokasi sampel adalah lokasi Kasui 0,207 ppm, lokasi Ojolali 0,201 ppm, lokasi Negeri Baru 0,233 ppm dan lokasi Blambangan Umpu 0,254 ppm. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 baku mutu logam Pb adalah 0,03 mg/L. Dengan demikian logam Pb di lokasi Sungai Way Umpu berada diatas baku mutu yang ditetapkan. Tingginya kandungan logam Pb disebabkan oleh kegiatan pertambangan liar yang ada di sekitar aliran Sungai Way Umpu [13]. Selain itu, terdapat banyak kegiatan perkebunan dan pertanian masyarakat di sekitar Sungai Way Umpu. Logam Pb terdapat dalam bidang pertanian, yaitu terdapat dalam pestisida.



**Gambar 1. Kandungan Logam Pb dalam Air Sungai Way Umpu**

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi sampel air sumur gali di Kawasan TPA Banjar Suwung Batan Kendal Denpasar Selatan yang telah dilakukan, diketahui bahwa rerata konsentrasi timbal yang terkandung dalam sampel berkisar antara 0,0060 – 1,023 ppm. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa terdapat 1 sampel yang memiliki kandungan timbal melebihi ambang batas yang diperbolehkan menurut Permenkes RI No. 416/MENKES/PER /IX/1990 yaitu sebesar 0,05 ppm. Tiga sampel yang lain memiliki kandungan timbal dibawah ambang batas, sedangkan tujuh sisanya tidak terdeteksi mengandung timbal. Tingginya kadar timbal dalam sampel tersebut dapat disebabkan karena dimungkinkan karena akumulasi hasil dekomposisi sampah organik dan anorganik yang ditimbun di TPA Suwung [9]. Air tanah secara alami mengalir karena adanya perbedaan tekanan dan letak ketinggian lapisan tanah. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Letak sumur gali disekitar TPA Suwung berada dibawah tumpukan sampah sehingga mengakibatkan bahan pencemar bersama aliran air tanah dapat dengan mudah mengalir ke bawah hingga mencapai sumur gali.

Hasil Analisa Timbal (Pb) dari hulu hingga hilir sungai deli adalah nilai rata rata 0,003 ppm hal ini bearti pencemaran logam berat timbal (Pb) yang ada di sungai deli masih tergolong rendah karena mengacu pada PP RI NO 82 TAHUN 2001 dengan ketentuan baku mutu untuk logam berat timbal yang di tentukan adalah 0,003 ppm. Dengan hal tersebut maka harus tetap di kelola dengan baik karena logam berat bersifat toksik atau beracun bagi tubuh manusia, mempunyai sifat bioakumulatif dimana pb yang masuk kedalam tubuh makhluk hidup tidak terurai sehingga terjadi penumpukan secara terus menerus dalam tubuh organisme air mengakibatkan organisme tersebut tidak mampu lagi mentolerir kandungan logam berat timbal dalam tubuhnya [14]

**Tabel 5. Konsentrasi Logam Berat Pb pada Daerah Aliran Sungai Deli**

NO	Pb (ppm)		NO	Pb (ppm)		PP RI NO 82 TAHUN 2001 (ppm)
	Hulu	Tengah		Hilir	Hilir	
1	0,0030	11	0,0024	21	0,0023	0,03
2	0,0035	12	0,0034	22	0,0026	0,03
3	0,0037	13	0,0032	23	0,0022	0,03
4	0,0032	14	0,0031	24	0,0024	0,03
5	0,0039	15	0,0034	25	0,0032	0,03
6	0,0024	16	0,0040	26	0,0038	0,03
7	0,0032	17	0,0029	27	0,0016	0,03
8	0,0035	18	0,0026	28	0,0024	0,03
9	0,0031	18	0,0022	29	0,0027	0,03
10	0,0022	20	0,0025	30	0,0034	0,03

Data hasil pengukuran kandungan logam berat Pb pada Sungai Citarum Hulu disajikan pada Tabel 5. Hasil menunjukkan nilai di bawah ambang batas. Akan tetapi perlu ditinjau parameter kimia lainnya mengingat Sungai Citarum terletak di wilayah tropis yang memiliki batuan dasar dari sistem vulkanik. Tanah vulkanik yang masuk ke dalam sistem air di Sungai Citarum akan memberikan kontribusi besar terhadap tingginya nilai Logam berat lainnya [15].

**Tabel 6. Konsentrasi Logam Berat Pb pada Sungai Citarum Hulu**

Metal	Unit	Baku Mutu	Air Sungai	Air Sumur
Pb	mg/L	0,05	0,002	0,003

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian pada beberapa referensi yang dirujuk pada jurnal ini, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi penurunan kualitas air pada beberapa sumber air seperti Sungai Halda, Sungai Subin, Sungai Shitalakshya (indikator ikan), Sungai Way Umpu, air sumur gali di Kawasan TPA Banjar Suwung Batan Kendal Denpasar Selatan yang ditunjukkan dengan keberadaan logam berat Pb (Timbal) di dalam air yang melebihi ambang batas yang dipersyaratkan. Sedangkan untuk Sungai Solwezi dan Kifubwa, Estuari Sungai Baturusa, Sungai Deli dan Sungai Citarum hulu konsentrasi Pb berada dibawah ambang batas yang dipersyaratkan.

#### References

- [1] J. Apau *et al.*, "Distribution of heavy metals in sediments, physicochemical and microbial parameters of water from River Subin of Kumasi Metropolis in Ghana," *Sci. African*, vol. 15, p. e01074, 2022, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e01074.
- [2] M. Dey *et al.*, "Assessment of contamination level, pollution risk and source apportionment of heavy metals in the Halda River water, Bangladesh," *Heliyon*, vol. 7, no. 12, p. e08625, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08625.
- [3] Nikita Yadav, Satyendra Singh, Ojasvi Saini, and Shaili Srivastava. Technological advancement in the remediation of heavy metals employing engineered nanoparticles: A step towards cleaner water process. *Environmental Nanotechnology Monitoring & Management*, Vol. 18, 2022
- [4] Sharma P., Tripathi, S. and Chandra, R., 2020. Highly efficient phytoremediation potential of metal and metalloids from the pulp water industry waste employing *Eclipta Alba* (L) and *Alternanthera philoxeroides* (L): Biosorption and pollution reduction. *Bioresource Technology*, 124147
- [5] Peter, A., Chabot, B., Loranger, E., 2021. Enhanced activation of ultrasonic pre-treated softwood biochar for efficient heavy metal removal from water. *J. Environ. Manag.* 290, 112569.
- [6] O. J. Hasimuna, M. Chibesa, B. R. Ellender, and S. Maulu, "Variability of selected heavy metals in surface sediments and ecological risks in the Solwezi and Kifubwa Rivers, Northwestern province, Zambia," *Sci. African*, vol. 12, p. e00822, 2021, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e00822.
- [7] Monisha Jaisankar, Tenzin Tseten, Naresh Anbalagan, Blessy B. Mathew, Krisnamurthy N., Beeregowda, Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals, *Interdiscp. Toxicol*, Vol. 7(2), 2014, pages 60-72
- [8] Yantus A.B. Neolaka, Yoseph L., Johnson N., Arsel A.P.R., Handoko D., Bernadeta A.W., Munawar I., Heri S.K., Indonesian kesambi wood (*Svleicheria oleosa*) activated with pyrolysis and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> combination methods to produce meporous activated carbon for Pb (II) adsorption from aqueous solution, *Environmental Technology & Inovation*, Vo. 24. 2021.
- [9] K. A. T. S. Handriyani, N. Habibah, and I. G. A. S. Dhyanaputri, "Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Air Sumur Gali Di Kawasan Tempat Pembuangan Akhir Sampah Banjar Suwung Batan Kendal Denpasar Selatan," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 9, no. 1, pp. 68–75, 2020, doi: 10.23887/jstundiksha.v9i1.17842.

- [10] C. Huang *et al.*, “Characteristics, source apportionment and health risk assessment of heavy metals in urban road dust of the Pearl River Delta, South China,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 236, no. April, p. 113490, 2022, doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113490.
- [11] G. M. M. A. Hasan, M. A. Satter, and A. Kumer, “Measurement : Food Detection of heavy metals in fish muscles of selected local fish varieties of the Shitalakshya River and probabilistic health risk assessment,” *Meas. Food*, vol. 8, no. November, p. 100065, 2022, doi: 10.1016/j.meafao.2022.100065.
- [12] U. Bangka, “Abstrak Sungai Baturusa adalah salah satu sungai yang berada di Kabupaten Bangka yang di Pangkalbalam Kota Pangkalpinang. Sungai ini memiliki area yang Baturusa serta Estuari Sungai Baturusa yaitu hulu sungai , pelabuhan penyeberangan serta pantai yang t,” no. April 2022, 2019.
- [13] A. A. Kiswandono, S. I. Prasetyo, R. Rinawati, A. Rahmawati, and A. Risgiyanto, “ANALISIS LOGAM BERAT Cd, Fe DAN Pb PADA AIR SUNGAI WAY UMPU KABUPATEN WAY KANAN SECARA SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM,” *Anal. Anal. Environ. Chem.*, vol. 7, no. 1, p. 68, 2022, doi: 10.23960/aec.v7i1.2022.p68-79.
- [14] S. Afrianti and J. Irni, “Analisa Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Daerah Aliran Sungai Deli Sumatera Utara,” *Biolink (Jurnal Biol. Lingkungan. Ind. Kesehatan)*, vol. 6, no. 2, pp. 153–161, 2019, doi: 10.31289/biolink.v6i2.2964.
- [15] K. H. Kirana *et al.*, “Identifikasi Kualitas Air Sungai Citarum Hulu,” vol. 4, no. 2, pp. 120–128, 2019