

Pencemaran Logam Berat di Air, Sedimen, dan Organisme pada Beberapa Sungai di Pulau Jawa, Indonesia: Tinjauan Literatur

Alfin Fatwa M Afifudin[✉], Adelia Wulandari², Rony Irawanto³

¹Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

²Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya, Indonesia

³Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional

ABSTRAK

Pencemaran merupakan salah satu permasalahan yang banyak terjadi akhir-akhir ini, terlebih pada ekosistem sungai. Jenis polutan yang banyak ditemukan dan mencemari lingkungan adalah logam berat. Identifikasi terhadap tingkat pencemaran logam berat pada sungai sangatlah krusial sebagai langkah awal dalam mengambil tindakan pencegahan dan pengendalian pencemaran logam berat. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan studi awal berupa tinjauan literatur yang bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran logam berat pada sampel air, sedimen, dan organisme hidup di Sungai Pulau Jawa. Metode pada penelitian ini adalah review literatur yang bersumber dari google scholar dan analisis data dilakukan secara deskriptif dengan tabel. Hasil review menunjukkan bahwa sungai Cipeles, Jawa Barat mengandung logam berat pada air tertinggi. Sementara itu, pada sampel sedimen, sungai Cimadur, Banten mengandung logam berat tertinggi. Adapun beberapa organisme yang terbukti terpapar logam berat adalah ikan mas, ikan nila, ikan lele, dan kerang batu. Lebih lanjut, kangkung air juga telah tercemar logam berat Pb dan Cd.

Kata kunci: Logam Berat, Pulau Jawa, Studi Literatur, Sungai

Heavy Metal Pollution in Water, Sediments, and Organisms in Several Rivers of Java Island, Indonesia: A Literature Review

ABSTRACT

Pollution is one of the prevalent issues nowadays, especially in river ecosystems. One of the most common types of pollutants that contaminate the environment is heavy metals. Identifying the level of heavy metal pollution in rivers is crucial. Therefore, this research serves as an initial study aimed to evaluating the heavy metal pollution in water samples, sediments, and living organisms in the Java Island's River. The method of this research was literature review, and data analysis was conducted descriptively using tables and graphs. The review results indicate that the Cipeles River in West Java contains the highest level of heavy metals in water. Meanwhile, in sediment samples, the Cimadur River in Banten contains the highest level of heavy metals. Additionally, several organisms proven to be exposed to heavy metals include goldfish, tilapia, catfish, and rock clams. Furthermore, water spinach has also been contaminated with heavy metals Pb and Cd.

Keywords: Heavy Metals, Java Island, Literature Review, River Ecosystem

PENDAHULUAN

Penambahan jumlah penduduk dan kemajuan pembangunan menyebabkan peningkatan kegiatan di berbagai bidang, termasuk industri, permukiman, pertanian, dan sektor lainnya (Afifudin et al., 2022). Tetapi, pertambahan aktivitas manusia di berbagai bidang sering kali menyertai peningkatan jumlah limbah

yang mencemari lingkungan, terutama jika limbah tersebut tidak diolah dengan baik. Seperti contoh adanya limbah dari kegiatan domestik dan *home industry* batik dan tahu telah dilaporkan mencemari ekosistem perairan (Shaskia & Yunita, 2021). Salah satu ekosistem perairan yang sangat rawan terjadi pencemaran adalah

[✉] Corresponding author
Address : Surabaya, Jawa Timur
Email : alfinfatwa@gmail.com

ekosistem sungai (Rosanti & Harahap, 2022). Hal ini disebabkan oleh adanya sungai sebagai suatu ekosistem yang sangat berdekatan dengan aktivitas manusia. Selain itu, adanya aliran air hujan juga turut membawa polutan yang ada di darat masuk ke dalam sungai (Idris & Sari, 2022). Ironinya, sungai berperan sebagai aliran air yang menghubungkan berbagai ekosistem sehingga pencemaran di sungai dapat dengan cepat menyebar ke lingkungan lain seperti muara dan laut (Arianti et al., 2024).

Salah satu bentuk pencemar atau polutan yang banyak dijumpai di ekosistem sungai adalah logam berat. Logam berat pada dasarnya memiliki sifat toksik yang tidak mudah terlarut dalam air sehingga cenderung menyebabkan pencemaran (Bubala et al., 2019). Logam berat juga dapat terakumulasi dalam organisme hidup dan memiliki dampak toksik pada berbagai tingkatan dalam rantai makanan '(Kurniawan & Mustikasari, 2019). Dampak pencemaran logam berat terhadap organisme termasuk kerusakan pada organ-organ seperti hati dan insang, bahkan dapat mengakibatkan kematian pada ikan (Pratiwi, 2020). Selain itu, penelitian oleh Widowati *et al.*, (2018) mengungkapkan bahwa paparan subletal logam berat dapat menyebabkan berbagai penyakit yang berkaitan dengan berbagai sistem tubuh seperti kardiovaskular, pernapasan, saraf, urinasi, reproduksi, endokrin, tulang, dan bahkan dapat menjadi pemicu kanker. Logam berat seperti timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sering kali ditemui dalam lingkungan, bersama dengan logam berat lainnya seperti kromium (Cr), merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Delshab et al., 2017; Rezaei et al., 2021). Asal-usul timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dapat dikaitkan dengan aktivitas manusia di daratan seperti industri elektroplating, transportasi, pertambangan, dan pemukiman (Sari et al., 2019; Titah et al., 2021).

Sebagai pulau terpadat di Indonesia, Pulau Jawa adalah salah satu pulau dengan kepadatan tertinggi di

Indonesia. Pulau Jawa juga terdapat banyak kawasan industri yang tersebar hampir pada semua provinsi (Soegianto et al., 2021). Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas industri ini telah meningkatkan potensi pencemaran air di sungai, terutama terkait dengan logam berat (Roosmini et al., 2018). Padahal sejatinya sungai-sungai yang ada di pulau Jawa banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas, seperti pengairan rumah tangga, pengairan sawah, bahkan diolah untuk air minum (Sinaga et al., 2023). Untuk itu, review ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran logam berat yang disebabkan oleh logam berat pada beberapa sungai di Pulau Jawa. Fokus utama dalam penelitian ini mencakup analisis kualitas air sungai, sedimen, dan organisme seperti hewan dan tumbuhan yang hidup di sekitar sungai-sungai tersebut. Hasil dari tinjauan ini diharapkan dapat data awal terkait pencemaran logam berat pada ekosistem sungai di Pulau Jawa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literatur review dan analisis data deskriptif kualitatif. Pertama-tama, dilakukan review literatur untuk mengumpulkan data dan informasi terkait pencemaran logam berat di sungai Pulau Jawa, Indonesia. Literatur yang digunakan mencakup artikel-artikel yang berkaitan dengan kata kunci yang digunakan untuk melakukan penelusuran berupa pencemaran air, logam berat, sungai, dan Pulau Jawa yang terdapat pada *website Google Scholar* pada 10 tahun terakhir. Hasil penelusuran mendapatkan 76 artikel yang berhubungan dengan kata kunci yg diajukan. Namun setelah dilalukan *screening*, didapati 37 artikel yang sesuai dengan data yang diinginkan. Setelah literatur yang relevan diperoleh, data yang berkaitan dengan topik penelitian dikumpulkan dan dianalisis secara deskriptif. Data yang dikumpulkan meliputi jenis dan kadar logam berat dalam air, sedimen, dan organisme. Untuk

interpretasi data, informasi yang ditemukan disajikan dalam bentuk tabel. Tabel tersebut digunakan untuk memperjelas jumlah kandungan logam berat dan dampak yang timbul akibat pencemaran logam berat.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pencemaran Logam Berat pada Air Sungai

Pencemaran air terjadi karena pelepasan zat-zat berbahaya seperti logam berat, pestisida, limbah industri, dan limbah domestik, ke dalam sumber dan badan air.

Akibatnya, pencemaran air dapat merusak ekosistem air, mengancam kesehatan manusia, dan merusak sumber daya air yang berharga. Hal ini termasuk penurunan kualitas air, kerusakan ekosistem sungai dan perairan, serta risiko terhadap kesehatan manusia yang dapat timbul akibat paparan zat-zat berbahaya dalam air yang tercemar (Kenny et al., 2023). Tabel di bawah menyajikan hasil studi literatur berupa kadar logam berat pada sampel air di beberapa sungai di Pulau Jawa.

Tabel 1
Data Hasil Review Pencemaran Logam Berat pada Sampel Air

No	Sungai	Jenis dan Kadar	Referensi
1	Sungai Tajur dan Sungai Datar di Desa Pancurendang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah	Hg 0,002 mg/L	(Muryani et al., 2021)
2	Hulu Sungai Citarum di Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat	Cr 0,04-0,093 mg/L	(Sumantri & Rahmani, 2020)
3	Sungai Banjir Kanal Timur, Semarang	Pb 0,6-1,8 mg/L; Cu 0,06-0,2 mg/L	(Harahap et al., 2020)
4	Sungai Citarik Provinsi Jawa Barat	Cu 3,4 mg/L	(Wardhani & Sulistiowati, 2018)
5	DAS Grindulu, Pacitan	Pb 0,13 mg/L; Cd 0,025 mg/L; Cr 0,056 mg/L; 0,009 mg/L.	(Wijayanti, 2017)
6	Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah	Pb 0,016 mg/L	(Agustina et al., 2019)
7	Sungai Tajum, Banyumas, Jawa Tengah	Cd 0,03 mg/L	(Hidayati et al., 2022)
8	Estuari Sungai Donan, Segara Anakan Timur	Pb 0,067 mg/L	(Kasari, 2016)
9	Pantai Ekowisata Blekok, Situbondo, Jawa Timur	Pb 0,06 mg/L	(Zakiyah et al., 2022)
10	Perairan Rembang Jawa Tengah Dan Gresik Jawa Timur	Pb 0,325 mg/L	(Ananda et al., 2022)
11	Sungai Cipeles, Jawa Barat	Pb 14 mg/L; Cu 1,6 mg/L; Cd 3,6 mg/L; Cr 21,4 mg/L; Fe 396,5 mg/L; Zn 469,1 mg/L	(Wulan et al., 2020)
12	Sungai Blanakan Subang, Jawa Barat	Zn 1,53 mg/L	(Damayanti & Takarina, 2020)
13	Sungai Brantas, Kediri, Jawa Timur	Pb 0,25 mg/L	(Sidjabat et al., 2020)
14	Sungai Winongo, Yogyakarta	Pb 1,33 mg/L; Cu 0,075 mg/L; Cr 0,33 mg/L	(Fadlillah et al., 2022)
15	Sungai Bengawan Solo, Segmen Kali Samin	Cu 0,072 mg/L; Cr 0,45 mg/L	(Yusron & Jaza, 2021)
16	Sungai Cisadane, Banten	Pb 0,051 mg/L; Zn 0,456; Cd 0,002 mg/L	(Nadia et al., 2017)
17	Sungai Ciliwung, Jakarta	Pb 0,03 mg/L; Cd 0,005 mg/L; Hg 0,001 mg/L	(Aprilia et al., 2022)

Tabel 1 merupakan hasil kompilasi data yang menunjukkan jenis dan kadar logam berat yang dijumpai di beberapa sungai yang ada di Pulau Jawa. Secara keseluruhan, data yang tersaji telah mencakup semua provinsi yang ada di Pulau Jawa. Hasil kompilasi data menunjukkan bahwa pada beberapa sungai mengandung logam berat dengan kadar rendah namun beberapa sungai menunjukkan kadar yang tinggi. Pada dasarnya, pengelompokan kategori pencemaran berdasarkan kadar pencemarnya dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi, yakni rendah, sedang, dan tinggi (Bakkara & Purnomo, 2022). Kadar logam berat dalam air dianggap rendah jika kadarnya kurang dari batas baku yang telah ditetapkan. Pada tingkat ini, air dianggap aman bagi organisme hidup dan kesehatan manusia. Rendah menunjukkan tingkat kontaminasi yang tidak signifikan dan tidak membahayakan. Sementara itu, kadar tinggi berarti kadar logam berat dalam air melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Kondisi ini menunjukkan adanya pencemaran serius yang berpotensi membahayakan organisme hidup dan kesehatan manusia. Selain itu, terdapat kategori sedang, yaitu klasifikasi untuk kadar logam berat dalam air yang berada di antara batas baku rendah dan batas baku tinggi. Tingkat sedang mengindikasikan adanya kontaminasi, tetapi belum mencapai tingkat yang mengancam organisme hidup dan kesehatan manusia. Di Indonesia sendiri umumnya merujuk pada PP No 22 tahun 2021 lampiran VI untuk baku mutu air, termasuk air sungai. Lebih lanjut, menurut PP No 22 Tahun 2021, terdapat empat kelas air berdasarkan baku mutunya. Kelas pertama mencakup air yang layak digunakan sebagai sumber air minum. Kelas kedua mencakup air yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan rekreasi air, budidaya ikan, perternakan, dan irigasi. Kelas ketiga adalah air yang dapat digunakan untuk budidaya ikan, perternakan, dan irigasi. Sedangkan kelas empat adalah air yang hanya cocok untuk keperluan irigasi.

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa beberapa sungai dapat dikategorikan memiliki tingkat pencemaran rendah pada beberapa jenis logam berat. Seperti pada sungai Ciliwung yang menunjukkan kadar logam Cd 0,005 mg/L dan Hg 0,001 mg/L, hasil ini menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut memiliki kadar logam berat yang rendah dan masih di bawah baku mutu air menurut PP No 22 tahun 2021, yakni Pb 0,03 mg/L; Cd 0,001 mg/L; Fe 0,3 mg/L; Zn 0,05 mg/L; Cu 0,02 mg/L; Cr 0,05 mg/L; dan Hg 0,002 mg/L. Adapun pada Sungai Tajur dan Sungai Datar memiliki kandungan Hg sebesar 0,002 mg/L, hasil ini menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut memiliki kandungan Hg yang sama dengan baku mutu air sesuai PP No 22 Tahun 2021. Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa lokasi tersebut termasuk dalam kategori pencemaran sedang. Sementara itu, pada Sungai Cipeles, Jawa Barat menunjukkan kadar logam berat yang tinggi, yakni Pb 14 mg/L; Cu 1,6 mg/L; Cd 3,6 mg/L; Cr 21,4 mg/L; Fe 396,5 mg/L; Zn 469,1 mg/L. Angka ini menunjukkan kadar yang jauh melebihi baku mutu air. Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa lokasi tersebut termasuk dalam kategori pencemaran tinggi. Selain itu, pada sungai Winongo di Yogyakarta juga menunjukkan kadar logam berat Pb yang tinggi, yakni 1,33 mg/L. dan sungai Citarik dengan kadar Cu yang tinggi yakni 3,4 mg/L.

Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai

Sedimen adalah tempat utama penyimpanan berbagai kontaminan yang dianggap sebagai indikator penting pencemaran logam berat di lingkungan perairan. Sedimen berperan sebagai "tempat penimbunan" untuk kontaminan seperti logam berat, nutrien, dan senyawa kimia lainnya (Setiawan, 2015). Hal ini terjadi karena sedimen memiliki permukaan yang besar dan dapat menahan partikel-partikel berbahaya sehingga kontaminan tidak hanya terus melayang di air tetapi tertahan dan terakumulasi di dalamnya.

Tabel 2
Data Hasil Review Pencemaran Logam Berat pada Sampel Sedimen

No	Sungai	Jenis dan Kadar	Referensi
1	Sungai di Jawa Tengah (Kaligarang, Juwana, Bengawan Solo, Kali Agung, Kali Banger)	Cu 49,7 mg/kg, 30,7 mg/kg, 30 mg/kg, 27,9 mg/kg, 16,2 mg/kg; 25,7 mg/kg; Zn 254,1 mg/kg, 211,7 mg/kg, 151,6 mg/kg, 112 mg/kg, 124,6 mg/kg, 127,4 mg/kg, 133,4 mg/kg.	(Susanti et al., 2014)
2	Danau Saguling, Jawa Tengah	Pb 32,7 mg/kg; Cu 152,53 mg/kg; Cd 23,25 mg/kg; Cr 197,98 mg/kg	(Wardhani et al., 2017)
3	Sungai Tajur dan Sungai Datar di Desa Pancurendang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah	Hg 7,74 mg/kg	(Muryani et al., 2021)
4	Pantai Ekowisata Blekok, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur	Pb 0,22 mg/kg	(Zakiah et al., 2022)
5	Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang	Pb 7,27 mg/kg	(Budiastuti et al., 2016)
6	Sungai Tajum, Banyumas	Cd 0,53 mg/kg	(Hidayati et al., 2022)
7	Perairan Rembang Jawa Tengah Dan Gresik Jawa Timur	Pb 11,4 mg/kg dan 8,79 mg/kg	(Ananda et al., 2022)
8	Sungai Winongo, Yogyakarta	Cu 0,033 - 0,24 mg/kg; Pb 0,1 - 1 mg/kg; Cr 0,02 - 0,05 mg/kg	(Fadlillah et al., 2022)
9	Sungai Ciliwung, Jakarta	Cd 0,005 mg/kg; Hg 0,005 mg/kg	(Aprilia et al., 2022)
10	Sungai Cimadur, Banten	As 32,04 - 85,66 mg/kg; Co 13,83 - 30,38 mg/kg; Cr 32,50 - 122,86 mg/kg; Fe 43110 - 71491 mg/kg; Hg 1,05 - 5,35 mg/kg; Sb 1,95 - 6,12 mg/kg; 124,19 - 1295,67 mg/kg	(Mulyaningsih & Suprapti, 2016)
11	Sungai Cisadane, Banten	Pb 52,8 mg/kg; Cd 0,002 mg/kg	(Nadia et al., 2017)
12	Muara Sungai Tiram, Marunda, Jakarta Utara	Pb 20,19 - 55,68 mg/kg	(Fitroh et al., 2019)

Tabel 2 menggambarkan temuan dari studi literatur terkait kadar logam berat dalam sampel sedimen dari beberapa sungai di Pulau Jawa. Temuan menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam sedimen cenderung lebih tinggi daripada dalam sampel air, sebagaimana tercantum dalam Tabel 1. Perbedaan ini disebabkan oleh peran sedimen sebagai tempat penampungan logam berat yang berasal dari berbagai aktivitas manusia seperti pertambangan, limbah kota, dan kegiatan reklamasi. Logam berat dalam sedimen menjadi sumber potensial untuk bioakumulasi dan biomagnifikasi yang merugikan lingkungan (Bastami et al., 2014). Kandungan logam berat dalam sedimen berfungsi sebagai indikator guna

menilai kondisi lingkungan (Caccia et al., 2003). Akumulasi logam berat bergantung pada spesiasi kimia dan jenis kondisi lingkungan yang ada (Kumar et al., 2020). Distribusi logam berat dalam sedimen juga dapat mencerminkan penyebab pencemaran potensial (Rachmansyah et al., 2017).

Baku mutu kadar logam berat pada sedimen sejatinya telah diatur oleh *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). Baku mutu logam berat timbal (Pb) adalah 47,82 mg/L; Cu 49,98 mg/L; Cd 0,8 mg/L; Zn 0,09 mg/L; Hg 0,41 mg/L dan Fe 17 mg/L (Mustafa et al., 2021; Tulzuhrah et al., 2022; Wibowo, 2017). Berdasarkan baku mutu tersebut, dapat diketahui bahwa beberapa sungai di Pulau

Jawa telah tercemar logam Pb, yakni sungai Cisadane Banten dan muara sungai Tiram, Jakarta. Sedangkan untuk logam Cu, danau Saguling Jawa Tengah menunjukkan nilai yang melampaui baku mutu dengan kadar 152,53 mg/L. Selain logam Cu, danau Saguling juga menunjukkan kadar logam berat yang tinggi pada logam Cd dan Cr. Selanjutnya untuk logam Hg, semua sungai memiliki kadar logam berat di atas baku mutu telah ditetapkan. Sementara itu, untuk logam Fe, sungai Cimadur Banten dan sungai Citarum Bandung menunjukkan kadar yang sangat melampaui baku mutu, yaitu Fe 43110 - 71491 mg/L dan Fe 204 mg/L.

Pencemaran Logam Berat pada Organisme Sungai

Logam berat air dan sedimen dapat berpindah ke organisme laut melalui proses transfer dan akumulasi dalam rantai makanan. Seperti yang diungkapkan dalam penelitian Purwanto et al. (2020), kandungan logam berat telah terdeteksi dalam ikan Nila (viscera 11,35 mg/kg; tulang 10,28 mg/kg; daging 6,46 mg/kg), dan ikan Bawal (viscera 5,31 mg/kg; tulang 9,85 mg/kg; daging 5,23 mg/kg). Lebih lanjut, keberadaan logam berat ini dapat menyebabkan kerusakan pada organisme laut. Seperti yang dilaporkan dalam penelitian Sugiantari et al. (2022), kerusakan pada organisme laut dapat mencakup hiperplasia pada insang, edema lamela sekunder, dan fusi lamela, serta kerusakan pada lambung seperti sel kariolisis, infiltrasi sel radang, dan deskuamasi epitel. Selain itu, histologi hati juga menunjukkan tanda-tanda kerusakan seperti kariolisis, karioreksis, dan degenerasi melemak. Akumulasi HMs dalam organisme perairan merupakan indikator penting untuk memantau pencemaran lingkungan (Lu et al., 2017). Selain itu, HMs dalam organisme laut juga dapat berpindah ke tubuh manusia melalui makanan laut dan dapat menyebabkan dampak toksik (Liu et al., 2018; M. Zhang et al., 2020).

Berdasarkan Tabel 3 di atas, beberapa organisme hidup di Sungai Pulau Jawa, seperti ikan, udang, dan

kepiting, terpapar oleh logam berat yang mencemari air sungai. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme hidup dapat merusak fungsi organ tubuh dan mengganggu kesehatan manusia jika dikonsumsi (Adhani & Husaini, 2017). Menurut Peraturan BPOM RI tahun 2009 dan standar SNI 7387 tahun 2009, batas maksimum kadar logam berat Cd yang diizinkan dalam ikan adalah kurang dari 0,1 mg/L. Sementara itu, batas maksimum kadar logam berat timbal dalam ikan adalah kurang dari 0,3 mg/L. Namun, terdapat kelebihan kadar logam berat Pb di atas batas maksimum yang diperbolehkan, yaitu melebihi 0,3 mg/L. Berdasarkan baku mutu tersebut, Sungai Tajum Kabupaten Banyumas Jawa Tengah masih memenuhi kriteria baku mutu Cd dengan kadar 0,03 mg/L pada ikan nilem (*Osteochilus Hasselti*).

Organisme tertentu yang mencakup tumbuhan, ikan, kepiting, dan kerang yang hidup di sungai dapat terkontaminasi oleh logam berat karena terpapar oleh pencemaran dari berbagai sumber, seperti limbah domestik, aliran permukaan perkotaan, limbah industri, limbah pertanian, dan penggunaan bahan kimia dalam pertanian. Logam berat dapat memasuki tubuh tumbuhan, ikan, kepiting, dan kerang melalui berbagai jalur seperti penyerapan melalui akar, penelanan sedimen yang tercemar, dan konsumsi makanan yang tercemar (Afzaal et al., 2022; Bai et al., 2018; Okereafor et al., 2020; L. Zhang et al., 2015). Setelah logam berat memasuki tubuh organisme-organisme ini, logam berat dapat terakumulasi di organ dan jaringan mereka, mengakibatkan dampak negatif pada fisiologi dan kesehatan mereka (Uddin et al., 2021). Lebih lanjut, logam berat yang terakumulasi dalam organisme, berpotensi menyebabkan kerusakan pada organ dan jaringan vital mereka. Ini berimbang karena adanya perubahan dalam fisiologi kerang, ikan, dan kepiting, termasuk pertumbuhan, reproduksi, dan perilaku mereka karena adanya perubahan dalam ekspresi gen kerang, ikan, dan kepiting (Huang et al., 2022; Sherly et al., 2022; Zhang et al., 2023).

Tabel 3
Data Hasil Review Pencemaran Logam Berat pada Organisme

No	Sungai	Organisme	Jenis dan Kadar	Referensi
1	Pantai Utara Jawa	Ikan Tongkol (<i>Euthynnus</i> Sp.)	Pb 0,61 mg/kg; Cd 0,3 mg/ kg	(Hananingtyas, 2017)
2	Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang	<i>Sulcospira</i> <i>Testudinaria</i>	Pb 2,4 mg/ kg	(Budiastuti et al., 2016)
3	Bendungan Cirata, Jawa Barat	Ikan Mas, Ikan Nila Dan Ikan Lele	Pb 2,03 - 3,15 mg/ kg; 7,39 - 10,5 mg/ kg	(Junianto et al., 2017)
4	Sungai Donan, Cilacap	Ikan Belanak (<i>Chelon</i> <i>Subviridis</i>)	Cu 2,6 mg/ kg; 0,23 mg/ kg	(Prastyo et al., 2017)
5	Sungai Tenggang, Semarang	Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> <i>Niloticus</i>)	Pb 2,35 mg/ kg	(Agustina et al., 2019)
6	Sungai Tajum Kabupaten Banyumas Jawa Tengah	Ikan Nilem (<i>Osteochilus</i> <i>Hasselti</i>)	Cd 0,03 mg/ kg	(Hidayati et al., 2022)
7	Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana	Ikan Lundu (<i>Mystus</i> <i>Nigriceps</i>)	Pb 0,73 mg/ kg	(Aina et al., 2016)
8	Perairan Rembang Jawa Tengah Dan Gresik Jawa Timur	Kerang Bambu (<i>Solen</i> sp)	Pb 2,03 mg/ kg	(Ananda et al., 2022)
9	Sungai Brantas Kota Kediri, Provinsi Jawa Timur	<i>B. Gonionotus</i> (Ikan Bader) dan <i>Ipomoea Aquatica</i> (Kangkung Air)	Ikan: Pb 0,45 mg/ kg Tumbuhan: 3,29 mg/ kg	(Sidjabat et al., 2020)
10	Sungai Ciliwung, Jakarta	Ikan sapu-sapu	As 0,7 mg/kg; Cd 0,5 mg/kg; Co 3,8 mg/kg; Cr 2,3 mg/kg; Sn 10,1 mg/kg; Mn 10,1 mg/kg; Hg 0,3 mg/kg; Ag: 0,5 mg/kg; Pb 2,2 mg/kg; Zn 61,8 mg/kg	(Ismi et al., 2019)
11	Sungai Winongo, Yogyakarta	Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> <i>niloticus</i>) dan Ikan Bawal (<i>Colossoma</i> <i>macropomum</i>)	Ikan nila: 9,36 mg/kg Ikan bawal: 6,8 mg/kg	(Purwanto et al., 2020)
12	Muara sungai Brantas	<i>Scylla serrata</i>	Logam berat Cd 0.185 ± 0.025 mg/kg; Pb 0.270 ± 0.039 mg/kg; Zn 7.685 ± 0.988 mg/kg; Cu 5.627 ± 1.567 mg/kg; Hg 0.012 ± 0.001 mg/kg; Zn 0.327 ± 0.041 mg/kg	(Soegianto, Wahyuni, et al., 2022)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur, ditemukan variasi kadar logam berat dalam air sungai di Pulau Jawa. Pada sampel air, Sungai Cipeles, Jawa Barat mengandung logam berat pada tertinggi. Sementara itu, pada sampel sedimen, sungai Cimadur, Banten mengandung logam berat tertinggi. Konsentrasi logam berat dalam sedimen cenderung lebih tinggi daripada dalam air. Lebih lanjut, beberapa organisme yang hidup di sungai, seperti kangkung, ikan, kepiting, dan kerang, juga terpapar oleh logam berat yang mencemari air sungai. Untuk itu, perlu adanya tindakan pengendalian dan pencegahan yang lebih efektif untuk mengurangi pencemaran logam berat di sungai Pulau Jawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press.
- Afifudin, A. F. M., Irawanto, R., & Purwitasari, N. (2022). Selection of Potential Plants as Phytoremediation for Heavy Metals in Estuarine Ecosystem: A Systematic Review. *4th International Conference on Life Sciences and Biotechnology (ICOLIB 2021)*. <https://www.atlantispress.com/proceedings/icolib-21/125979305>
- Afzaal, M., Hameed, S., Liaqat, I., Khan, A. A. A., Manan, H. A., Shahid, R., & Altaf, M. (2022). Heavy metals contamination in water, sediments and fish of freshwater ecosystems in Pakistan. *Water Practice and Technology*, 17(5), 1253-1272. <https://doi.org/10.2166/WPT.2022.039>
- Agustina, D. Y., Suprpto, D., & Febrianto, S. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Di Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah Heavy Metal Concentration of Pb in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Tenggang River, Semarang, Central Java. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 242-249. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/view/24262>
- Aina, L. C., SD, E. R., & Kaswinarni, F. (2016). Biomonitoring Pencemaran Sungai Silugonggo Kecamatan Juwana Berdasarkan Kandungan Logam Berat (Pb) pada Ikan Lundu. *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(2). <http://journal.upgris.ac.id/index.php/bioma/article/view/1498>
- Ananda, S. F., Redjeki, S., & Widowati, I. (2022). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Bambu (*Solen sp.*) di Perairan Rembang Jawa Tengah dan Gresik Jawa Timur. *Journal of Marine Research*, 11(2), 176-182. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/29956>
- Aprilia, M., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2022). Water Quality Status Based On Pollution Index and Water Quality Index of Ciliwung River, DKI Jakarta Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1109/1/012051/meta>
- Arianti, R., Febriani, H., & Syukriah, S. (2024). Analisis Kandungan Logam Seng (Zn) pada Air dan Daging Ikan Tilan (*Mastacembelus armatus*) di Sungai Asahan Kota Tanjungbalai. *Jurnal Lemuru*, 6(1), 76-92. <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/lemuru/article/view/3493>
- Bai, L., Liu, X. L., Hu, J., Li, J., Wang, Z. L., Han, G., Li, S. L., & Liu, C. Q. (2018). Heavy Metal Accumulation in Common Aquatic Plants in Rivers and Lakes in the Taihu Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/IJERPH15122857>
- Bakkara, C. G., & Purnomo, A. (2022). Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3),

- D75-D81.<http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/90486>
- Bastami, K. D., Bagheri, H., Kheirabadi, V., Zaferani, G. G., Teymori, M. B., Hamzehpoor, A., Soltani, F., Haghparast, S., Harami, S. R. M., Ghorghani, N. F., & Ganji, S. (2014). Distribution and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments along Southeast Coast of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.029>
- Bubala, H., Cahyadi, T. A., & Ernawati, R. (2019). Tingkat Pencemaran Logam Berat di Pesisir Pantai Akibat Penambangan Bijih Nikel. *Jurnal Teknologi Industri Dan Informasi*, 2(9), 113-122.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 119-128.<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/14489>
- Caccia, V. G., Millero, F. J., & Palanques, A. (2003). The Distribution of Trace Metals in Florida Bay Sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 46(11), 1420-1433.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X03002881>
- Damayanti, T., & Takarina, N. D. (2020). Assessments of Heavy Metal Zn and Coliform in Midstream of Blanakan River, Subang, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 50(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/550/1/012027/meta>
- Delshab, H., Farshchi, P., Mohammadi, M., & Moattar, F. (2017). Preliminary Assessment of Heavy Metals Contamination in Water and Wastewater of Asaluyeh Port (Persian Gulf). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 41, 363-373. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40995-016-0031-x>
- 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, DI Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 30-36. <https://scholar.archive.org/work/h5atzgohmrsvghncez7nk6oly/access/wayback/https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/download/41214/pdf>
- Fitroh, I. S., Subardjo, P., & Maslukah, L. (2019). Hubungan Logam Berat Pb terhadap Fraksi Sedimen dan Bahan Organik di Muara Sungai Tiram, Marunda, Jakarta Utara. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2), 61-66.
- Hananingtyas, I. (2017). Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *Biotropics*, 1(2), 41-50.
- Harahap, M. K. A., Rudiyaniti, S., & Widyorini, N. (2020). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Konsentrasi Logam Berat dan Indeks Pencemaran di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 108-115.<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pasirlaut/article/view/33691>
- Hidayati, N. V., Aziz, A. S. A., Mahdiana, A., & Prayogo, N. A. (2022). Akumulasi Logam Berat Cd pada Matriks Air, Sedimen, dan Ikan Nilem (*Osteochilus Hasselti*) di Sungai Tajum Kabupaten Banyumas Jawa Tengah. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2), 174-184. <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/AGRITECH/article/view/15499>
- Huang, H., Li, Y., Zheng, X., Wang, Z., Wang, Z., & Cheng, X. (2022). Nutritional value and bioaccumulation of heavy metals in nine commercial fish species from Dachen Fishing Ground, East China Sea. *Scientific Reports* 2022 12:1, 12(1), 1-12.<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10975-6>

- Idris, M. H., & Sari, D. P. (2022). Analisis Kualitas Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Boal Kabupaten Sumbawa. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Kehutanan Indonesia*, 1(1). <https://journal.unram.ac.id/index.php/iwors/article/view/1154>
- Ismi, L. N., Elfidasari, D., Puspitasari, R. L., & Sugoro, I. (2019). Kandungan 10 Jenis Logam Berat pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Pterygoplichthys pardalis*) asal Sungai Ciliwung Wilayah Jakarta. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 5(2), 56–59.
- Junianto, J., Zahidah, Z., & Apriliani, I. M. (2017). Evaluation of Heavy Metal Contamination in Various Fish Meat from Cirata Dam, West Java, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(2), 241–246. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2017.241-246.pdf>
- Kasari, A. F. (2016). *Status Pencemaran Berdasarkan Logam Berat Pb, Hg, Cd, dan Ag dalam Air dan Sedimen di Estuari Sungai Donan, Segara Anakan Timur* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/86654>
- Kenny, K., Horse, V., & Ginting, J. M. (2023). Evaluation of the Impact of Water Pollution on Public Health and the Environment in Java Island. *Leader: Civil Engineering and Architecture Journal*, 1(3), 331–341. <https://journal.uib.ac.id/index.php/leader/article/view/8305>
- Kumar, V., Sharma, A., Pandita, S., Bhardwaj, R., Thukral, A. K., & Cerda, A. (2020). A Review of Ecological Risk Assessment and Associated Health Risks With Heavy Metals in Sediment from India. *International Journal of Sediment Research*, 35(5), 516–526. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001627920300342>
- Kurniawan, A., & Mustikasari, D. (2019). Review: Mekanisme Akumulasi Logam Berat di Ekosistem Pascatambang Timah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 408. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.408-415>
- Liu, Q., Liao, Y., & Shou, L. (2018). Concentration and Potential Health Risk of Heavy Metals in Seafoods Collected from Sanmen Bay and Its Adjacent Areas, China. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 356–364. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X18302728>
- Lu, G.-Y., Ke, C.-H., Zhu, A., & Wang, W.-X. (2017). Oyster-based National Mapping of Trace Metals Pollution in the Chinese Coastal Waters. *Environmental Pollution*, 224, 658–669. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116326604>
- Mulyaningsih, T. R., & Suprapti, S. (2016). Penaksiran Kontaminasi Logam Berat dan Kualitas Sedimen Sungai Cimadur, Banten. *Ganendra Majalah Iptek Nuklir*, 18(1), 11–21. <https://jurnal.batan.go.id/index.php/ganendra/article/view/2842>
- Muryani, E., Prasetya, J. D., & Agustiyar, F. (2021). Analisis dan Sebaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sungai Tajur dan Sungai Datar di Desa Pancurendang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Satu Bumi*. <http://103.236.192.98/index.php/satubumi/article/viewFile/6232/4036>
- Mustafa, A., Asaf, R., & Radiart, I. N. (2021). Konsentrasi dan Status Mutu Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Kawasan Pesisir Kabupaten Kepulauan Sangihe. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 185–200. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/35290>
- Nadia, N., Rudiyantri, S., & Haeruddin. (2017). Sebaran Spasial Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen di Perairan Muara Cisadane. *Journal of Maquares*, 6(4), 455–462. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/view/21336/19854>
- Okereafor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okereafor, N., Sebola, T., &

- Mavumengwana, V. (2020). Toxic Metal Implications on Agricultural Soils, Plants, Animals, Aquatic life and Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17072204>
- Peraturan Pemerintah. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Prastyo, Y., Batu, D. T. L., & Sulistiono, S. (2017). Heavy Metal Contain Cu and Cd on the Mullet in the Estuary of Donan River, Cilacap, Central Java. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 18–27. <https://jurnalpenyuluhan.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/16393>
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Purwanto, A. I., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bawal (*Colossoma macropomum*) di Sungai Winongo, Yogyakarta. *Sciscitatio*, 1(2), 70–78. <https://sciscitatio.ukdw.ac.id/index.php/sciscitatio/article/download/31/24>
- Rachmansyah, R., Tonnek, S., Makmur, M., Kamaruddin, K., & Atmomarsono, M. (2017). Distribusi Logam Berat Merkuri (Hg) Di Kawasan Pesisir Teluk Rataotok, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(5), 95–107. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi/article/view/4141>
- Rezaei, M., Kafaei, R., Mahmoodi, M., Sanati, A. M., Vakilabadi, D. R., Arfaeinia, H., Dobaradaran, S., Sorial, G. A., Ramavandi, B., & Boffito, D. C. (2021). Heavy Metals Concentration in Mangrove Tissues and Associated Sediments and Seawater from the North Coast of Persian Gulf, Iran: Ecological And Health Risk Assessment. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100456>
- Roosmini, D., Septiono, M. A., Putri, N. E., Shabrina, H. M., Salami, I. R. S., & Ariesyady, H. D. (2018). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science River water pollution condition in upper part of Brantas River and Bengawan Solo River. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*, 106, 12059. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012059>
- Rosanti, L., & Harahap, A. (2022). Keberadaan Plankton sebagai Indikator Pencemaran. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 5(1), 182–188. <https://journal.ipm2kp.e.or.id/index.php/BIOEDUSAINS/article/view/3529>
- 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://journal.ubb.ac.id/jtms/article/view/948>
- Setiawan, H. (2015). Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 12–24. <https://journal.ugm.ac.id/jikfkt/article/view/6134>
- Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Persepsi Masyarakat terhadap Dampak Limbah Tahu di Sekitar Sungai. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(2), 59–68. <https://mail.ojs3.unmuh.a.ac.id/index.php/tameh/article/view/153>
- Sherly Williams, E., Lekshmi Priya, V., & Razeena Karim, L. (2022). Bioaccumulation of heavy metals in edible tissue of crab (*Scylla serrata*) from an estuarine Ramsar site in

- Kerala, South India. *Watershed Ecology and the Environment*, 4, 59–65. <https://doi.org/10.1016/J.WSEE.2022.06.001>
- Sidjabat, F. N., Alwi, V., Mahmudi, M., & Puspitasari, Y. (2020). Pengukuran Timbal pada Air Sungai dan Bioindikator Lokal di Sungai Brantas Kota Kediri, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 19(3), 161–173. <http://ejournal2.litbang.kemkes.go.id/index.php/jek/article/view/3459>
- Sinaga, R. M., Lestari, N. I., Lestari, N. I., Cahyani, A. G., & Ramadanti, A. (2023). Peran Sentral Potensi Geografis Terhadap Perkembangan Perekonomian Kerajaan Mataram Islam. *Historis: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan Sejarah*, 8(1), 1–9. <https://journal.ummat.ac.id/index.php/historis/article/view/9343>
- Soegiarto, A., Nurfiyanti, P. E., Saputri, R. N. R., Affandi, M., & Payus, C. M. (2022). Assessment of the Health Risks Related with Metal Accumulation in Blue Swimming Crab (*Portunus Pelagicus*) Caught in East Java Coastal Waters, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 177(4). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbu.2022.113573>
- Soegiarto, A., Putranto, T. W. C., Payus, C. M., Zarqasi, F. R., Syafitirulla, P. P., Muchlisin, M. I., Ramdhani, S., Nosafandra, A. S., & Wibisono, A. D. (2021). Metals in the tissues of the East Java Coast Indonesian green mussel (*Perna viridis* Linnaeus, 1758) and associated health risks. *Regional Studies in Marine Science*, 48, 102045. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102045>
- Soegiarto, A., Wahyuni, H. I., Yulianto, B., & Manaf, L. A. (2022). Health Risk Assessment of Metals in Mud Crab (*Scylla serrata*) from the East Java Estuaries of Indonesia. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 90(2). <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103810>
- Sugiantari, I. A. P., Sukmaningsih, A. A. S. A., & Wijana, I. M. S. (2022). Kajian Struktur Histologi Hati, Insang dan Lambung Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Batur, Bangli. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 7(1), 51–59. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/baf/article/view/13557>
- Sumantri, A., & Rahmani, R. Z. (2020). Analisis Pencemaran Kromium (VI) Berdasarkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Hulu Sungai Citarum di Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat 2018. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 144–151. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/32160>
- Susanti, R. A., Mustikaningtyas, D., & Sasi, F. A. (2014). Analisis Kadar Logam Berat pada Sungai di Jawa Tengah. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(1). <https://journal.unnes.ac.id/nju/saintekno/article/view/5424>
- Titah, H. S., Pratikno, H., & Harnani, B. R. D. (2021). Uptake of Copper and Chromium by *Avicennia Marina* and *Avicennia Alba* at Wonorejo Estuary, East-coastal Area of Surabaya, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 47. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485521003352>
- Tulzuhrah, F., Rafi'i, A., & Eryati, R. (2022). Kandungan Logam Berat pada Badan Air dan Sedimen di Sungai Belayan Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Tropical Aquatic Sciences*, 1(1), 31–38. <http://ejournals2.unmul.ac.id/index.php/mes/article/download/470/173>
- Uddin, M. M., Zakeel, M. C. M., Zavahir, J. S., Marikar, F. M. M. T., & Jahan, I. (2021). Heavy Metal Accumulation in Rice and Aquatic Plants Used as Human Food: A General Review. *Toxics 2021*, Vol. 9, Page 360, 9(12), 360. <https://doi.org/10.3390/TOXICS9120360>
- Wardhani, E., Roosmini, D., & Notodarmojo, S. (2017). Status of

- Heavy Metal in Sediment of Saguling Lake, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 60(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/60/1/012035/meta>
- Wardhani, E., & Sulistiowati, L. A. (2018). Kajian Daya Tampung Sungai Citarik Provinsi Jawa Barat. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 2(2). <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekayasahijau/article/view/2393>
- Wibowo, M. (2017). Kajian Kualitas Air dan Sedimen Dasar Sungai Kutai Lama-Kab. Kutai Kartanegara Sebagai Pertimbangan Awal Rencana Pengerukan. *Jurnal Prespitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(1), 24-29. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/14716>
- Widowati, H., Susanto, A., & Widya, W. D. (2018). *Fitoteknologi dan Efek Fitoremediasi*. Lampung: LPPM Metro Press.
- Wijayanti, T. (2017). Profil Pencemaran Logam Berat pada Perairan Daerah Aliran Sungai (DAS) Grindulu Pacitan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 19-25. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/view/15057>
- Wulan, D. R., Marganingrum, D., & Yoneda, M. (2020). Distribution, Source Identification, and Assessment of Heavy Metal Pollution in the Surface And Pore Waters of Cipeles River, West Java, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(39123-39134). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09823-9>
- Yusron, M., & Jaza, M. A. (2021). Analisis Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik serta Pencemaran Logam Berat pada Hulu Sungai Bengawan Solo. *Environmental Pollution Journal*, 1(1), 41-48.
- Zakiyah, U., Salsabila, A., & Santoso, K. T. (2022). Pemetaan Distribusi Pencemar Logam Berat pada Beberapa Spesies Mangrove di Pantai Ekowisata Blekok, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan*, 9(1). <http://prosiding-semnas.fpik.ub.ac.id/index.php/prosemfpik/article/view/45>
- Zhang, L., Liao, Q., Shao, S., Zhang, N., Shen, Q., & Liu, C. (2015). Heavy Metal Pollution, Fractionation, and Potential Ecological Risks in Sediments from Lake Chaohu (Eastern China) and the Surrounding Rivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2015, Vol. 12, Pages 14115-14131, 12(11), 14115-14131. <https://doi.org/10.3390/IJERPH12114115>
- Zhang, M., Sun, X., & Xu, J. (2020). Heavy Metal Pollution in the East China Sea: A Review. *Marine Pollution Bulletin*, 159. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20305919>
- Zhang, S., Fu, K., Gao, S., Liang, B., Lu, J., & Fu, G. (2023). Bioaccumulation of Heavy Metals in the Water, Sediment, and Organisms from The Sea Ranching Areas of Haizhou Bay in China. *Water* 2023, Vol. 15, Page 2218, 15(12), 2218. <https://doi.org/10.3390/W15122218>