

Evaluasi Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai Citarik

Siti Dwi Muthmainnah¹, Sugihhartati Dj Rachmawati², Wilda Nailly³, Rizka Maria⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

^{3,4}Pusat Riset Teknologi Lingkungan dan Teknologi Bersih - Badan Riset dan Inovasi Indonesia

*Koresponden email: siti.dwi@mhs.itenas.ac.id

Diterima: 26 Juli 2026

Disetujui: 06 Agustus 2026

Abstract

The Citarik River, a tributary of the Citarum River, receives pollutant inputs from industrial, agricultural, and residential activities. This study aimed to assess sediment quality based on the concentrations of copper (Cu), lead (Pb), and zinc (Zn) during the dry season. Sediment samples were collected from ten sampling stations along the river and analyzed for heavy metal concentrations, pH, and temperature. The results showed that Cu concentrations ranged from 29.07–66.31 mg/kg, Pb from 16.85–29.83 mg/kg, and Zn from 47.95–81.44 mg/kg. Sediment pH ranged from 4.5–5.5, indicating acidic conditions, while sediment temperature ranged from 23–32°C. Comparison with the Probable Sediment Quality Guidelines (PSQGs) indicated that Cu concentrations at all sampling stations exceeded the guideline value of 16 mg/kg, whereas Pb and Zn remained below their respective thresholds. The elevated Cu concentrations are likely associated with anthropogenic activities along the watershed, particularly industrial, residential, and agricultural land uses. These findings indicate that Cu is the dominant contaminant in the sediments of the Citarik River and may pose ecological risks to aquatic organisms.

Keywords: river sediment, heavy metals, Cu, Pb, Zn, citarik river, PSQGs

Abstrak

Sungai Citarik merupakan salah satu anak Sungai Citarum yang menerima masukan pencemar dari aktivitas industri, pertanian, dan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas sedimen Sungai Citarik berdasarkan kandungan logam berat tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada musim kemarau. Sampel sedimen diambil pada sepuluh titik pengamatan dan dianalisis terhadap konsentrasi logam berat, pH, dan suhu sedimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Cu berkisar antara 29,07–66,31 mg/kg, Pb 16,85–29,83 mg/kg, dan Zn 47,95–81,44 mg/kg. Nilai pH sedimen berada pada kisaran 4,5–5,5 yang menunjukkan kondisi cenderung asam, sedangkan suhu sedimen berkisar antara 23–32°C. Berdasarkan perbandingan dengan *Probable Sediment Quality Guidelines* (PSQGs), seluruh titik pengamatan memiliki konsentrasi Cu yang melebihi nilai ambang 16 mg/kg, sedangkan Pb dan Zn masih berada di bawah nilai batas masing-masing. Tingginya konsentrasi Cu diduga berkaitan dengan aktivitas antropogenik di sepanjang DAS Citarik, terutama industri, permukiman, dan pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu merupakan logam dominan yang terakumulasi pada sedimen Sungai Citarik dan berpotensi menimbulkan risiko ekologis bagi organisme akuatik.

Kata Kunci: sedimen sungai, logam berat, Cu, Pb, Zn, sungai citarik, PSQGs

1. Pendahuluan

Sungai merupakan bentang alam yang penting dalam sistem hidrologi dan sering kali memengaruhi kehidupan masyarakat luas yang bermukim di sekitarnya [1]. Sungai menjadi komponen penting dalam sistem lingkungan, karena berfungsi sebagai sumber air, habitat biota akuatik, penunjang aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat, dan lainnya [2]. Secara alami, morfologi saluran sungai terus mengalami perubahan seiring waktu [3]. Namun, perubahan tersebut saat ini semakin dipengaruhi oleh peningkatan aktivitas antropogenik seperti industri, domestik, dan pertanian yang memberikan tekanan terhadap kualitas lingkungan perairan [4]. Peningkatan antropogenik di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum telah menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perairan. Sungai Citarik merupakan salah satu sub-DAS penting yang berkontribusi terhadap kondisi hidrologi dan kualitas air Sungai Citarum.

Logam berat yang masuk ke lingkungan dapat berasal dari berbagai aktivitas antropogenik seperti industri tekstil, pelapisan logam, manufaktur, pertanian, serta limbah domestik di sepanjang Sungai Citarik menyebabkan masuknya berbagai kontaminan ke badan air, diantaranya logam kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), nikel (Ni), seng (Zn) dan lain-lain yang digunakan untuk proses pewarnaan dan percetakan [5].

Sungai Citarik dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber air irigasi untuk mengairi sawah, terutama pada musim kemarau. Penggunaan air sungai untuk mengairi sawah dapat menjadi jalur paparan potensial bagi manusia [6]. Menurut penelitian [7] menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada titik pengambilan sampel setelah melewati kawasan industri di Sungai Citarik telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Pada Sungai Citarik, urutan konsentrasi logam berat dari tertinggi adalah Zn dan terendah Cd. Tingginya konsentrasi Zn diduga berasal dari penggunaan senyawa organo-logam berbasis seng pada proses *finishing* industri tekstil, seperti bahan anti air, tahan api, anti jamur, dan anti bau. Menurut penelitian [8], juga menunjukkan bahwa beberapa parameter logam berat di Sungai Citarik telah melampaui baku mutu, di antaranya konsentrasi Cr sebesar 0,0708 mg/L, Cu sebesar 0,0551 mg/L, dan timbal (Pb) sebesar 0,0275 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Sungai Citarik mengalami tekanan pencemaran logam berat akibat aktivitas industri dan domestik di sekitarnya.

Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan seperti oleh Penelitian [9], logam berat seperti Cd, Cu, Zn, dan Pb memiliki potensi biomagnifikasi yang tinggi dalam rantai makanan akuatik sehingga dapat meningkatkan risiko kesehatan manusia melalui konsumsi organisme maupun tanaman pangan yang terkontaminasi. Selain pencemaran logam berat, kualitas air di wilayah DAS Citarum juga dipengaruhi oleh keberadaan kontaminan persisten lainnya. Penelitian oleh [10], menunjukkan bahwa senyawa *Persistent Organic Pollutants* (POPs) seperti endosulfan terdeteksi di seluruh lokasi pengambilan sampel pada wilayah DAS Citarum Hulu dengan konsentrasi berkisar antara 0,001–0,005 mg/L, sedangkan aldrin terdeteksi pada tiga dari sebelas lokasi pengambilan sampel dengan konsentrasi 0,005–0,022 mg/L. Penelitian [11], juga menunjukkan hasil serupa terkait keberadaan senyawa POPs di perairan DAS Citarum Hulu. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Sungai Citarik dan wilayah DAS Citarum menghadapi tekanan pencemaran yang kompleks sehingga diperlukan evaluasi kualitas air secara komprehensif.

Selain berada di kolom air, sebagian besar logam berat yang masuk ke sungai akan teradsorpsi pada partikel tersuspensi dan terakumulasi di sedimen. Sedimen berfungsi sebagai tempat penyimpanan utama logam berat sekaligus dapat menjadi sumber pencemaran sekunder apabila terjadi perubahan kondisi lingkungan, seperti perubahan pH, potensial redoks, maupun gangguan fisik yang menyebabkan logam kembali terlepas ke kolom air. Oleh karena itu, evaluasi kualitas sedimen memberikan informasi yang lebih representatif mengenai tingkat pencemaran jangka panjang dibandingkan hanya mengukur konsentrasi logam pada air. Dalam penelitian ini, kualitas sedimen dievaluasi menggunakan *Provincial Sediment Quality Guidelines* (PSQGs) Ontario untuk menilai potensi dampak biologis akibat akumulasi logam berat.

Meskipun berbagai penelitian mengenai pencemaran logam berat di DAS Citarum telah banyak dilakukan, penelitian yang secara khusus mengevaluasi kualitas sedimen Sungai Citarik masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya membandingkan konsentrasi logam dengan baku mutu kualitas air atau sedimen tanpa mengkaji distribusi pencemaran pada setiap segmen sungai. Selain itu, informasi mengenai variasi spasial pencemaran logam berat pada bagian hulu, tengah, dan hilir Sungai Citarik berdasarkan kondisi lingkungan terkini masih belum banyak tersedia. Padahal, perbedaan karakteristik penggunaan lahan dan sumber pencemar pada setiap segmen sungai berpotensi menghasilkan tingkat akumulasi logam berat yang berbeda.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas sedimen Sungai Citarik berdasarkan konsentrasi logam berat dengan membandingkannya terhadap *Provincial Sediment Quality Guidelines* (PSQGs) Ontario serta mengevaluasi distribusi pencemaran pada segmen hulu, tengah, dan hilir sungai. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penyajian evaluasi kondisi kualitas sedimen Sungai Citarik menggunakan data terkini yang dipadukan dengan analisis distribusi spasial pencemaran berdasarkan karakteristik wilayah sungai. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam penyusunan strategi pengendalian pencemaran logam berat, mendukung program pemulihan DAS Citarum, serta menjadi referensi bagi pengelolaan kualitas lingkungan perairan di masa mendatang.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada musim Kemarau (Maret – April 2025). Pengambilan sampel sedimen dilakukan di Sungai Citarik, yang merupakan salah satu anak Sungai Citarum, terletak di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Sungai Citarik mengalir melalui kawasan yang didominasi oleh aktivitas industri, permukiman, dan pertanian, sehingga berpotensi menerima masukan pencemar dari berbagai sumber antropogenik. Koordinat setiap titik sampling ditentukan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Lokasi titik-titik sampling dengan penamaan Rancaekek (R) disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Sampling

No.	Titik Sampling	Alamat	Koordinat (Garmin-GPSmap 60CSx)	
			South (S)	East (E)
1.	Hulu Sungai Citarik (R1)	Jalan Tenjolaya, Dampit, Cicalengka, Kab Bandung	06°57'56.3"	107°51'51.8."
2.	Saluran pembuangan dari areal persawahan (R2)	Jalan Tenjolaya, Dampit, Cicalengka, Kab Bandung	06°58'16.4"	107°51'19.8."
3.	Citarik tengah (R3)	Raya Barat Cicalengka	06°58'14.9"	107°49'36.8."
4.	Citarik tengah (R4)	Bojong koneng	06°59'33.9"	107°48'02.9."
5.	Citarik tengah (R5)	Citarik baru	07°00'53.3"	107°46'53.3."
6.	Sungai Leuwirandu dari Majalaya (R6)	Citarik baru	07°00'11.5"	107°46'53.3."
7.	Sungai dari Majalaya (R7)	Jembatan. Sasak III (Jl. Cibodas-Bojongsalam)	07°00'76.5"	107°76'18.7"
8.	Citarik hilir (R8)	Cibodas	07°00'73.3"	107°76'62.0"
9.	Citarik hilir (R9)	Cibodas	06°59'47.1"	107°44'51.5."

Sumber: Hasil Observasi, 2025

2.2. Pengumpulan Data Lapangan

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer, yang diperoleh melalui kegiatan survei lapangan dan pengambilan sampel sedimen sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada 10 titik pengamatan, yang mewakili kondisi hulu hingga hilir Sungai Citarik. Penentuan titik sampling, mempertimbangkan kondisi lokasi yang terindikasi menerima beban pencemaran dari aktivitas industri, domestik, dan pertanian.

Pengambilan sampel sedimen pada penelitian ini mengacu pada metode EPA LSASDPROC-200-R4: *Sediment Sampling* [12]. Sedimen diambil pada lapisan permukaan dasar sungai dengan menggunakan metode *grab sampling*, yang sesuai untuk merepresentasikan karakteristik sedimen bagian atas dasar sungai. Sampel dianalisis di laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Selain pengambilan sampel sedimen, dilakukan pula observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik sungai dan aktivitas yang berpotensi menjadi sumber pencemaran, seperti keberadaan kawasan industri, saluran pembuangan limbah, area pertanian, dan permukiman di sekitar lokasi penelitian. Data hasil observasi digunakan sebagai informasi pendukung dalam interpretasi hasil analisis pencemaran logam berat.

2.3 Analisis Sampel

Analisis sedimen difokuskan pada parameter logam berat yang meliputi Pb, Zn, dan Cu. Pemilihan parameter tersebut didasarkan pada hasil penelitian terdahulu, yang menunjukkan bahwa logam-logam tersebut merupakan kontaminan dominan yang ditemukan di Sungai Citarik, akibat pengaruh aktivitas antropogenik [5], [7].

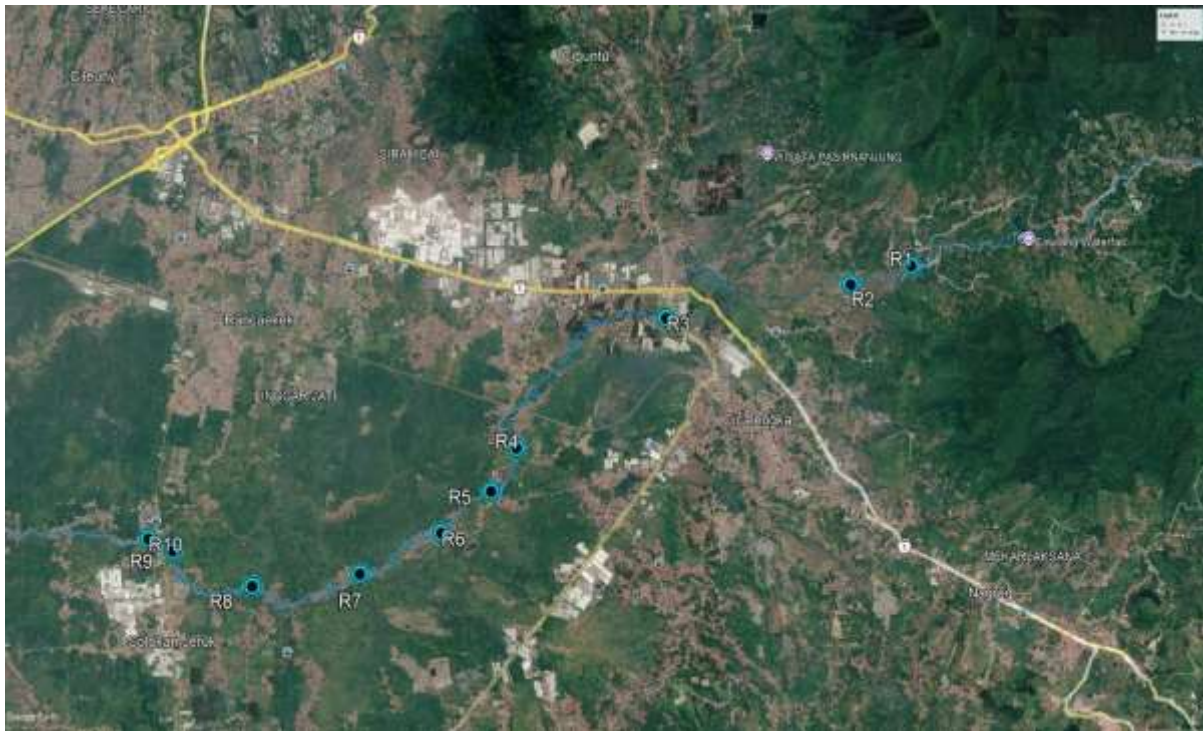
Sampel sedimen terlebih dahulu dikeringkan, dihaluskan, dan didestruksi, kemudian dianalisis untuk mengetahui kandungan logam berat Zn, Cu, dan Pb menggunakan metode yang mengacu pada SNI. 8910, 2021. Proses ini menggunakan asam kuat, seperti asam nitrat (HNO_3) dan/atau asam sulfat (H_2SO_4) yang dipanaskan, sehingga bahan organik terurai dan logam terlarut sempurna. Larutan hasil destruksi, kemudian dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan instrumen, seperti *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil pengujian kualitas sedimen dievaluasi menggunakan PSQGs Ontario [13], untuk menilai kesesuaian kualitas air terhadap standar lingkungan yang berlaku.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Sungai Citarik

Wilayah penelitian terletak di Sungai Citarik yang melintasi Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Kecamatan Rancaekek sendiri berada pada koordinat sekitar 6.973360° Lintang

Selatan dan 107.775467° Bujur Timur, dengan batas wilayah utara Kabupaten Sumedang, timur Kecamatan Cicalengka dan Cikancung, selatan Kecamatan Solokan Jeruk, serta barat Kecamatan Cileunyi.



Gambar 1. Distribusi Titik Pengambilan Sampel Sedimen

Sungai Citarik merupakan bagian dari sistem DAS Citarum hulu, dan berfungsi sebagai saluran drainase alami, sumber irigasi, sekaligus penerima limpasan dari kawasan pertanian, permukiman, dan industri di sekitarnya. Penggunaan lahan di sekitar Sungai Citarik didominasi oleh lahan pertanian, permukiman, dan aktivitas industri. Kondisi tersebut menyebabkan tekanan terhadap kualitas air sungai. Selain itu, penelitian di DAS Citarum Hulu menunjukkan bahwa sebaran polutan dari pupuk dan kegiatan pertanian dapat menjangkau wilayah yang luas, sedangkan pengaruh limbah industri berdampak signifikan terhadap kualitas air sungai. Lokasi sampling dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Sektor sekunder Kabupaten Bandung, didominasi oleh pergerakan 963 perusahaan industri manufaktur skala besar dan sedang yang beroperasi secara aktif. Sebagai salah satu poros industri tekstil terbesar di Jawa Barat, wilayah ini mengandalkan 612 perusahaan tekstil dan pakaian jadi yang menyerap banyak tenaga kerja di sepanjang koridor Majalaya, Baleendah, Pameungpeuk, hingga Rancaekek. Pergerakan ekonomi manufaktur ini juga didukung oleh produktivitas 104 perusahaan makanan dan minuman, serta 87 perusahaan yang bergerak di bidang kimia, dan barang galian non-logam. Selebihnya, sebanyak 160 perusahaan mengisi subsektor bervariasi mulai dari industri kayu, kertas, furnitur, hingga permesinan [14].

3.2 Analisis Kualitas Sedimen Sungai Citarik

Sedimen berperan penting sebagai media akumulasi logam berat, karena mampu mengadsorpsi ion logam dari kolom air, dan mempertahankannya dalam jangka waktu yang relatif lama. Partikel sedimen yang berukuran halus, umumnya memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar dibandingkan partikel berukuran besar, sehingga konsentrasi logam berat pada fraksi sedimen halus cenderung lebih tinggi. Kondisi ini menyebabkan sedimen sering digunakan sebagai indikator pencemaran kronis pada perairan sungai. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh PSQGs, dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Analisis Konsentrasi Logam dan Parameter Fisik Sedimen Sungai Citarik

Parameter	Lokasi Sampling										Baku mutu	
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	PSQGs	PP 22
Cu (mg/kg)	29,07	50,76	45,26	51,77	46,9	56,8	54,74	37,64	66,31	58,10	16	
Pb (mg/kg)	16,85	18,28	20,41	23,62	22,43	23,89	23,93	21,78	29,5	29,83	31	
Zn (mg/kg)	47,95	63,88	66,68	64,46	58,31	53,43	66,35	54,36	81,44	53,74	120	
pH	4,50	4,50	5,50	5,30	4,50	4,70	5,20	4,50	5,20	4,90		6-9
Suhu (C°)	24	24	23	26	29	28	25	32	31	24		±3°C alami

Berdasarkan data hasil analisis, konsentrasi logam Cu pada seluruh titik sampling berkisar antara 29,07–66,31 mg/kg; Pb 16,85–29,83 mg/kg; dan Zn 47,95 –81,44 mg/kg. Dibandingkan dengan baku mutu PSQGs, seluruh titik pengamatan menunjukkan konsentrasi Cu yang melebihi nilai ambang sebesar 16 mg/kg, sedangkan konsentrasi Pb dan Zn masih berada dibawah nilai ambang. Konsentrasi Cu tertinggi ditemukan pada titik R9 (66,31 mg/kg), diikuti oleh R10 (58,10 mg/kg), dan R6 (56,80 mg/kg). Sementara itu, konsentrasi Cu terendah ditemukan pada R1 (29,07 mg/kg). Berdasarkan pola konsentrasi tersebut, terlihat bahwa Cu memiliki tingkat akumulasi yang lebih tinggi dibandingkan Pb dan Zn. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengendapan Cu di sedimen berlangsung lebih intensif dibandingkan logam lainnya. Secara geokimia, Cu memiliki afinitas yang tinggi terhadap fraksi lempung, mineral oksida Fe-Mn, dan bahan organik sehingga lebih mudah terikat pada partikel sedimen daripada tetap berada dalam fase terlarut. Sebaliknya, Pb dan Zn pada lokasi penelitian masih berada pada konsentrasi di bawah nilai ambang PSQGs, yang mengindikasikan bahwa meskipun kedua logam tersebut telah masuk ke sistem perairan, akumulasinya di sedimen belum mencapai tingkat yang berpotensi menimbulkan dampak biologis. Perbedaan pola akumulasi ini menunjukkan bahwa karakteristik kimia masing-masing logam turut memengaruhi distribusinya di lingkungan, selain besarnya masukan dari sumber pencemar.

Penelitian oleh [15], menunjukkan ketercemaran sedimen dan Sungai Citarum hulu dengan nilai kandungan Zn yang berkisar 117-461 mg/L, dan rata-rata sebesar 283,93 mg/L, yang juga menunjukkan telah melebihi ambang batas ketercemaran sedimen. Penelitian oleh [16], menunjukkan bahwa nilai kandungan Pb berkisar 11,7-35 mg/kg logam tersebut, dominan dalam fraksi non-residu, menunjukkan bahwa itu berasal dari sumber antropogenik. Hasil menunjukkan bahwa Cu merupakan logam yang paling dominan terakumulasi pada sedimen di lokasi penelitian. Jika dilihat dari kondisi pengamatan aktual, tingginya Cu yang ditemukan pada seluruh titik sampling mengindikasikan bahwa masukan logam tidak hanya berasal dari satu sumber lokal, tetapi telah menyebar di sepanjang aliran sungai, dan membentuk pola akumulasi yang relatif konsisten. Pada penelitian [17], juga konsentrasi Cu dalam sedimen sebelum dan setelah masuknya limbah primer PT X, masing-masing adalah 36,291 mg/L dan 50,450 mg/L, terjadi peningkatan konsentrasi Cu pada segmen tengah hingga hilir menunjukkan adanya proses akumulasi sepanjang aliran sungai (*downstream accumulation*). Fenomena ini terjadi karena logam berat yang berasal dari berbagai sumber pencemar di bagian hulu tidak seluruhnya mengendap pada lokasi awal, tetapi terbawa oleh aliran sungai bersama partikel tersuspensi sebelum akhirnya terdeposisi pada daerah dengan kecepatan arus yang lebih rendah. Selain faktor hidrodinamika, bertambahnya kawasan industri, permukiman, serta aktivitas ekonomi di bagian tengah dan hilir Sungai Citarik juga menyebabkan beban pencemar semakin meningkat. Akibatnya, sedimen pada segmen tersebut menerima masukan logam yang lebih besar dibandingkan bagian hulu, sehingga membentuk pola akumulasi yang konsisten dari hulu menuju hilir.

Selain kandungan logam berat, karakteristik sedimen juga menunjukkan kondisi yang menarik. Nilai pH sedimen berkisar antara 4,5–5,5, yang menunjukkan bahwa sedimen Sungai Citarik cenderung bersifat asam dan berada di bawah kisaran ideal 6–9. Kondisi asam dapat meningkatkan mobilitas beberapa logam berat karena ikatan logam dengan partikel sedimen menjadi kurang stabil. Namun demikian, logam seperti Cu memiliki afinitas yang tinggi terhadap bahan organik dan fraksi sedimen halus, sehingga tetap dapat terakumulasi dalam jumlah besar pada sedimen, meskipun kondisi pH relatif rendah. Meskipun kondisi sedimen cenderung bersifat asam, tingginya kandungan Cu menunjukkan bahwa pengaruh pH bukan merupakan satu-satunya faktor yang mengendalikan akumulasi logam. Keberadaan bahan organik, mineral lempung, serta oksida besi dan mangan diduga memiliki peran yang lebih dominan dalam mengikat Cu melalui mekanisme adsorpsi maupun pembentukan kompleks [18]. Dengan demikian, tingginya konsentrasi Cu pada sedimen mencerminkan kombinasi antara besarnya masukan logam dari aktivitas antropogenik dan tingginya

kapasitas sedimen dalam mempertahankan logam tersebut, meskipun berada pada kondisi pH yang relatif rendah.

Suhu sedimen berkisar antara 23–32°C. Suhu tertinggi ditemukan pada titik R8 (32°C) dan R9 (31°C), sedangkan suhu terendah ditemukan pada R3 (23°C). Variasi suhu tersebut diduga dipengaruhi oleh tingkat keterbukaan lahan, intensitas penyinaran matahari, serta kondisi vegetasi riparian di sekitar sungai. Suhu yang lebih tinggi, dapat mempercepat aktivitas mikroorganisme dan proses dekomposisi bahan organik, yang selanjutnya memengaruhi dinamika logam berat dalam sedimen. Berdasarkan hasil yang telah dilakukan, ditemukan bahwa parameter fisik-kimia memiliki hubungan yang kuat, dan signifikan dengan konsentrasi logam berat Pb dan Zn dalam air Sungai [19]. Selain memengaruhi aktivitas mikroorganisme, suhu juga berperan dalam mengendalikan laju dekomposisi bahan organik dan proses pertukaran logam antara sedimen dan kolom air. Pada suhu yang lebih tinggi, proses mineralisasi bahan organik berlangsung lebih cepat sehingga dapat mengubah bentuk kimia logam berat dan meningkatkan peluang terjadinya pelepasan kembali logam ke perairan apabila kondisi lingkungan mendukung. Oleh karena itu, variasi suhu yang ditemukan di sepanjang Sungai Citarik berpotensi memengaruhi mobilitas logam berat, terutama pada lokasi yang memiliki kandungan bahan organik tinggi.

Secara spasial, pola sebaran logam menunjukkan bahwa akumulasi Cu cenderung lebih menonjol dibandingkan Pb dan Zn. Kondisi ini memperlihatkan bahwa sedimen Sungai Citarik berfungsi sebagai media penampung utama logam berat yang terbawa oleh aliran permukaan. Pada sungai yang menerima limpasan dari lahan pertanian, permukiman, dan kawasan industri, logam berat umumnya tidak tersebar secara merata, tetapi mengikuti arah aliran air dan terendapkan pada bagian-bagian tertentu yang memiliki energi arus lebih rendah. Dengan demikian, distribusi logam di sedimen, mencerminkan kombinasi antara sumber pencemar, karakter hidrodinamika sungai, dan kemampuan sedimen untuk mengikat partikel logam. Apabila dibandingkan dengan kondisi penggunaan lahan di sepanjang DAS Citarik, tingginya konsentrasi Cu kemungkinan merupakan hasil akumulasi dari berbagai sumber pencemar yang bekerja secara bersamaan (*multiple-source pollution*). Kawasan industri memberikan kontribusi utama melalui pembuangan limbah proses produksi, sedangkan kawasan permukiman menyumbang logam melalui air limbah domestik dan limpasan permukaan. Di sisi lain, lahan pertanian turut meningkatkan beban sedimen yang masuk ke sungai akibat erosi, sehingga partikel pembawa logam lebih mudah tertransportasi dan terendapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pencemaran logam berat di Sungai Citarik tidak berasal dari satu aktivitas tertentu, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai aktivitas penggunaan lahan yang berlangsung secara terus-menerus di sepanjang DAS.

Karakteristik logam Cu, merupakan logam esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil, tetapi pada konsentrasi tinggi, dapat bersifat toksik bagi organisme akuatik [20]. Cu juga memiliki afinitas yang cukup tinggi terhadap partikel halus dan bahan organik, sehingga mudah teradsorpsi dan terakumulasi di sedimen. Pb merupakan logam non-esensial yang sangat toksik, meskipun dalam hasil penelitian, konsentrasinya lebih rendah dibandingkan Cu. Sementara itu, Zn juga merupakan logam esensial, namun dalam kadar tinggi tetap dapat menimbulkan gangguan fisiologis pada biota. Sifat-sifat ini menjelaskan mengapa Cu menjadi parameter dominan dalam sedimen penelitian, karena selain bersumber dari aktivitas antropogenik, logam ini juga cenderung bertahan lebih lama pada media sedimen [21]. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen Sungai Citarik telah mengalami akumulasi logam berat, dengan Cu sebagai logam yang paling dominan dan seluruh titik pengamatan telah melampaui nilai ambang PSQGs. Pola distribusi spasial yang meningkat dari hulu menuju hilir mengindikasikan bahwa proses transport, sedimentasi, dan akumulasi logam berlangsung secara berkelanjutan sepanjang aliran sungai. Meskipun Pb dan Zn masih berada di bawah nilai ambang, keberadaannya menunjukkan adanya masukan pencemar yang tetap perlu diwaspadai karena logam berat bersifat persisten dan dapat terus terakumulasi apabila sumber pencemar tidak dikendalikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas sedimen Sungai Citarik lebih dipengaruhi oleh tekanan antropogenik dibandingkan faktor alami, sehingga pengendalian pencemaran perlu difokuskan pada pengurangan beban limbah industri, domestik, dan limpasan pertanian secara terpadu di seluruh DAS, bukan hanya pada lokasi dengan konsentrasi logam tertinggi.

Jika ditinjau dari sumber antropogeniknya, logam Cu, Pb, dan Zn umumnya berkaitan dengan berbagai jenis aktivitas industri. Cu banyak ditemukan pada limbah industri elektroplating, industri logam [22]. Pb umumnya berasal dari industri aki atau baterai, peleburan logam, cat, dan beberapa proses manufaktur [23]. Zn sering dikaitkan dengan industri galvanisasi, pelapisan logam, peleburan, serta penggunaan bahan tambahan pada industri tekstil dan kimia. Di sisi lain, aktivitas industri tekstil, kawasan permukiman, dan domestik juga dapat menyumbang logam-logam tersebut melalui air buangan dan limpasan permukaan. Oleh karena itu, tingginya Cu pada sedimen Sungai Citarik, dapat diinterpretasikan sebagai dampak masukan limbah dari aktivitas industri dan kawasan terbangun, yang berlangsung secara kontinu di sepanjang DAS. Selain itu, aktivitas pertanian di sekitar sungai turut memperkuat beban pencemar melalui limpasan yang membawa

partikel tanah, sisa pupuk, dan residu bahan kimia menuju badan sungai [11]. Walaupun pertanian bukan sumber utama Cu dibanding industri, kegiatan ini dapat memperluas penyebaran logam berat karena material tererosi akan terbawa aliran, dan kemudian terdeposisi sebagai sedimen. Dengan demikian, tata guna lahan di sekitar Sungai Citarik memiliki peranan penting dalam menentukan distribusi dan akumulasi logam berat pada sedimen, terutama karena kombinasi antara limpasan pertanian, limbah domestik, dan aktivitas industri menciptakan input logam yang berkelanjutan [24]

Keberadaan Cu dalam konsentrasi tinggi pada sedimen, juga meningkatkan risiko ekologis bagi organisme benthik yang hidup di dasar perairan [25]. Logam berat yang terakumulasi pada sedimen, dapat masuk ke tubuh biota melalui kontak langsung, ingestasi partikel sedimen, dan transfer melalui rantai makanan. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memengaruhi pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup organisme akuatik [19]. Oleh sebab itu, pencemaran sedimen oleh Cu tidak hanya mencerminkan penurunan kualitas habitat dasar sungai, tetapi juga menunjukkan potensi gangguan terhadap kestabilan ekosistem perairan secara keseluruhan. Meskipun Cu merupakan logam esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk mendukung berbagai proses biologis, peningkatan konsentrasinya di atas kebutuhan fisiologis dapat menyebabkan efek toksik terhadap berbagai organisme akuatik [26]. Organisme benthik, seperti cacing, moluska, dan larva serangga, merupakan kelompok yang paling rentan karena sebagian besar siklus hidupnya berlangsung di dalam atau di permukaan sedimen [27]. Akumulasi Cu secara terus-menerus tidak hanya meningkatkan paparan langsung terhadap organisme tersebut, tetapi juga memungkinkan terjadinya bioakumulasi dan biomagnifikasi pada tingkat trofik yang lebih tinggi melalui rantai makanan [9].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sedimen Sungai Citarik pada musim kemarau, konsentrasi logam berat Cu, Pb, dan Zn masing-masing berkisar antara 29,07–66,31 mg/kg, 16,85–29,83 mg/kg, dan 47,95–81,44 mg/kg. Hasil evaluasi terhadap nilai PSQGs menunjukkan bahwa seluruh titik pengamatan memiliki konsentrasi Cu yang melebihi nilai ambang sebesar 16 mg/kg, sedangkan Pb dan Zn masih berada di bawah nilai batas yang ditetapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa Cu merupakan logam yang paling dominan terakumulasi pada sedimen Sungai Citarik, dan menjadi indikator utama pencemaran logam berat di lokasi penelitian. Akumulasi logam yang lebih tinggi pada segmen tengah hingga hilir sungai, diduga dipengaruhi oleh aktivitas industri, permukiman, dan pertanian yang berkembang di sepanjang DAS Citarik. Selain itu, kondisi sedimen yang cenderung asam (pH 4,5–5,5), berpotensi memengaruhi mobilitas logam dalam lingkungan perairan. Tingginya konsentrasi Cu pada seluruh titik pengamatan mengindikasikan adanya tekanan pencemaran yang berlangsung secara terus-menerus, dan berpotensi menimbulkan risiko ekologis terhadap organisme benthik, serta kualitas ekosistem Sungai Citarik secara keseluruhan.

5. Referensi

- [1] S. Han, S. Rice, G. Tan, K. Wang, dan S. Zheng, "Geomorphic evolution of the Qingshuigou channel of the Yellow River Delta in response to changing water and sediment regimes and human interventions," vol. 4884, no. 2011, 2020.
- [2] M. Andre dan Y. Pane, "Analisis Logam Berat Dalam Sedimen Pada Hilir Berdasarkan Geoaccumulation Index (IGE) Daerah Aliran Sungai Deli," *J. al ulum LPPM Univ. AL WASHLIAH MEDAN*, vol. 11, no. 2, hal. 100–106, 2023.
- [3] H. Wang dkk., "Impacts of the dam-orientated water-sediment regulation scheme on the lower reaches and delta of the Yellow River (Huanghe): A review," *Glob. Planet. Change*, 2017.
- [4] H. Ali, E. Khan, dan I. Ilahi, "Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation," *J. Chem.*, vol. 2019, no. Cd, 2019.
- [5] M. A. Septiono dan D. Roosmini, "Heavy Metal Distribution In Water , Sediment , And Fish At Upper Citarum River And Its Potential Exposure," hal. 978–979, 2015.
- [6] G. Chauhan dan P. U. K. Chauhan, "Human health risk assessment of heavy metals via dietary intake of vegetables grown in wastewater," vol. 4, no. 9, hal. 1–9, 2014.
- [7] R. Fadhillah, K. Oginawati, dan N. A. Y. Romantis, "The Pollution Profile of Citarik, Cimande, and Cikijing Rivers in Rancaekek District, West Java, Indonesia," *Indones. J. Urban Environ. Technol.*, vol. 2, no. 1, hal. 14–26, 2018.
- [8] N. G. Putri, "Profile of Heavy Metals Dispersion on Water, Fish and Sediments in Cikijing River and Cimande River in Rancaekek District. Undergraduate Thesis. Environmental Engineering Department, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia," 2015.
- [9] N. B. Saidon, R. Szabó, P. Budai, dan J. Lehel, "Trophic transfer and biomagnification potential of environmental contaminants (heavy metals) in aquatic ecosystems," *Environ. Pollut.*, vol. 340, no.

- April 2023, 2024.
- [10] B. T. P. Budiman, Y. Dhahiyat, dan Rustikawati, "Bioakumulasi logam berat Pb (Timbal) dan Cd (Kadmium) pada daging ikan yang tertangkap di Sungai Citarum Hulu,," *J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 3, no. 4, hal. 261–270, 2012.
 - [11] I. E. S. Harsanti, "Senyawa POPs Aldrin dan Endosulfan pada Air Sungai DAS Citarum Hulu , Jawa Barat," 2017.
 - [12] EPA, "U.S. Environmental Protection Agency Laboratory Services and Applied Science Division Athens, Georgia Operating, Sediment Sampling LSASDPROC-200-R4," hal. 1–17, 2024.
 - [13] R. Fletcher dan P. Welsh, "Provincial Sediment Quality Guidelines (PSQGs).pdf," hal. 64, 2008.
 - [14] BPS, "Kabupaten Bandung Dalam Angka," 2024, hal. 394.
 - [15] S. Sudarningsih, H. Aliyah, S. J. Fajar, dan S. Bijaksana, "Magnetic characterization and heavy metals pollutions of sediments in Citarum River , Indonesia Magnetic characterization and heavy metals pollutions of sediments in Citarum River , Indonesia," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. Vol. 1204, no. No. 1, hal. 012082, 2019.
 - [16] M. O. P. Yenny, A. Hartono, S. Anwar, dan Y. Kang, "Assessment of heavy metals pollution in sediment of Citarum River, Indonesia.pdf," *Assess. heavy Met. Pollut. sediment Citarum River, Indones.*, vol. 10(4), hal. 584-593., 2020.
 - [17] D. Roosmini, P. Andarani, dan A. Nastiti, "Heavy Metals (Cu and Cr) Pollution from Textile Industry In Surface Water and Sediment (Case Study : Cikijing River , West Java , Indonesia)," *Water Environ.*, no. 39, 2010.
 - [18] X. L. Sun *dkk.*, "The Role of Surface Functional Groups of Iron Oxide, Organic Matter, and Clay Mineral Complexes in Sediments on the Adsorption of Copper Ions," *Sustain.*, vol. 15, no. 8, 2023.
 - [19] M. Marselina dan M. Wijaya, "Heavy metals in water and sediment of Cikijing River, Rancaekek District, West Java: Contamination distribution and ecological risk assessment," *PLoS One*, vol. 19, no. 4 April, hal. 1–27, 2024.
 - [20] D. E. Yunita, "Analisis Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Air Tambak Dan Daging Ikan Bandeng Dengan Umur Yang Berbeda Di Wilayah Tambak Sekitar Muara Sungai Bengawan Solokecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik." 2015.
 - [21] Mardizal, Jonni, and Fahmi Rizal. *Manajemen kualitas air*. Eureka Madia Utama, 2024.
 - [22] J. Febrita, "Analisis Beban Pencemar Logam Berat Industri terhadap Kualitas Sungai Citarum Hulu," vol. 07, no. 01, hal. 77–88, 2022.
 - [23] M. Aprianto dan A. Afdal, "Identifikasi Pencemaran Logam Berat dan Hubungannya dengan Suseptibilitas Magnetik pada Sedimen Sungai Batang Agam Segmen Kota Bukittinggi," *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 3, hal. 488–492, 2023.
 - [24] S. dkk Wahyuni, "Kerentanan Potensi Banjir Di Daerah Aliran Sungai Citarik Bagian Hulu, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat," *Bull. Sci. Contrib.*, vol. 20, hal. 109–120, 2022.
 - [25] N. A. Y. Romantis, "Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat (Cd, Cr, Cu, Mn, Pb Dan Zn) Pada Air Dan Sedimen Di Sungai Citarik, Sub Das Hulu Citarum," 2025.
 - [26] H. Biglari *dkk.*, "Comprehensive Health and Environmental Risk Assessment of Zanzan Lead-Zinc Hydrometallurgy Tailings," *Results Eng.*, vol. 26, no. April, hal. 105160, 2025.
 - [27] R. Permana dan A. Andhikawati, "Metallotionein Pada Tanaman Akuatik Dan Peranannya Dalam Akumulasi Logam Berat: Review," *J. Akuatek*, vol. 3, no. 1, hal. 1–8, 2022.