Sains & Matematika
p-ISSN: 2302-7290
e-ISSN: 2548-1835
Sains dan Matematika, Vol 11, No. 2, Oktober 2026: 83-92

Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) di Sungai Kandangan, Surabaya

Analysis of Heavy Metal Lead (Pb) Levels in Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) and Water Spinach (Ipomoea aquatica) in the Kandangan River, Surabaya

Jessica Nazella Arifinna, Fida Rachmadiarti*, Fahera Lisfi Aidha
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Jln. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60231

ABSTRAK

Pencemaran logam berat timbal (Pb) di sungai perkotaan, termasuk Sungai Kandangan Surabaya yang menjadi saluran limbah domestik dan industri, mengancam ekosistem perairan dan kesehatan manusia karena sifatnya persisten dan bioakumulatif. Tumbuhan akuatik hiperakumulator seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) berpotensi digunakan sebagai bioindikator sekaligus agen fitoremediasi pencemaran Pb. Penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas fisika-kimia air, kadar Pb pada kedua tumbuhan tersebut, serta hubungannya dengan parameter kualitas air di tiga stasiun menggunakan metode observasional kuantitatif. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung parameter fisika-kimia (suhu, kekeruhan, TDS, pH, DO) serta analisis kadar Pb pada air dan jaringan tumbuhan menggunakan *atomic absorption spectrophotometry (AAS)*, kemudian dianalisis secara deskriptif, dengan uji korelasi Spearman, dan *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil menunjukkan kualitas air tergolong tercemar ringan hingga sedang, ditandai dengan penurunan DO serta peningkatan kekeruhan dan TDS. Kadar Pb pada eceng gondok (0,30–0,41 mg/kg) masih di bawah baku mutu SNI 7387:2009, sedangkan kangkung air (0,63–0,96 mg/kg) telah melebihi ambang batas baku mutu. Akumulasi Pb berkorelasi negatif dengan DO dan pH, serta positif dengan kekeruhan dan TDS. Disimpulkan bahwa kangkung air berisiko tidak aman dikonsumsi, sementara eceng gondok lebih sesuai sebagai agen pengendali pencemaran, dan kondisi fisika-kimia perairan berperan penting dalam menentukan pola akumulasi Pb.

Kata Kunci: bioakumulasi; *Eichhornia crassipes*; *Ipomoea aquatica*; kualitas air; timbal (Pb).

ABSTRACT

Heavy metal lead (Pb) contamination in urban rivers, including the Kandangan River in Surabaya, which serves as a domestic and industrial wastewater channel, threatens aquatic ecosystems and human health due to its persistent and bioaccumulative nature. Hyperaccumulator aquatic plants such as water hyacinth (Eichhornia crassipes) and water spinach (Ipomoea aquatica) have the potential to be used as bioindikators and phytoremediation agents for Pb contamination. This study aimed to analyze the physicochemical water quality, Pb concentrations in both plant species, and their relationship with water quality parameters at three stations using a quantitative observational method. Data were collected through direct measurement of physicochemical parameters (temperature, turbidity, TDS, pH, DO) and analysis of Pb content in water and plant tissue using atomic absorption spectrophotometry (AAS), then analyzed descriptively, using the Spearman correlation test, and Principal Component Analysis (PCA). Results showed that water quality was classified as mildly to moderately polluted, indicated by decreasing DO and increasing turbidity and TDS. Pb levels in water hyacinth (0.30–0.41 mg/kg) remained below the SNI 7387:2009 quality standard, while water spinach (0.63–0.96 mg/kg) exceeded the threshold. Pb accumulation correlated negatively with DO and pH, and positively with turbidity and TDS. It is concluded that water spinach poses a risk of being unsafe for consumption, whereas water hyacinth is more suitable as a pollution control agent, and physicochemical water conditions play an important role in determining the pattern of Pb accumulation.

Key Words: *bioaccumulation; Eichhornia crassipes; Ipomoea aquatica; water quality; lead (Pb).*

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi perhatian global karena sifatnya yang sulit terdegradasi dan dapat bertahan dalam jangka waktu lama di ekosistem. Logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) dikenal bersifat toksik, persisten, dan sulit terurai di alam. Kontaminasi logam adalah isu lingkungan yang kian meningkat dan memperbesar risiko bagi kesehatan manusia serta ekosistem karena sifat persisten dan bioakumulasinya (Pratiwi, 2020; Pujananto, 2020; Laoye *et al.*, 2025; Ondrasek *et al.*, 2025). Menurut laporan *World Health Organization* (WHO), paparan timbal berlebih

*Alamat korespondensi:
fidarachmadiarti@unesa.ac.id

dapat mengakibatkan gangguan kesehatan serius, seperti kerusakan sistem saraf, gangguan perkembangan anak, serta risiko penyakit kardiovaskular pada orang dewasa. Oleh karena sifatnya yang bioakumulatif, logam berat dapat berpindah dan terakumulasi dalam rantai makanan sehingga menimbulkan ancaman tidak hanya bagi lingkungan, tetapi juga bagi kesehatan manusia secara global. Dengan demikian, penelitian terkait strategi mitigasi pencemaran logam berat menjadi isu penting dalam konteks berkelanjutan dan sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) Tujuan 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak) dan Tujuan 14 (Ekosistem Lautan) (Nurfadlillah and Fitrihidajati, 2022).

Secara khusus di Indonesia, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pencemaran logam berat di sungai-sungai besar terus meningkat seiring pertumbuhan industri, aktivitas domestik, dan pembuangan limbah yang tidak terkendali. Nurfadlillah and Fitrihidajati (2022) melaporkan bahwa kadar logam berat timbal pada tumbuhan akuatik di Sungai Brantas Mojokerto sudah melebihi ambang batas aman, sehingga tanaman tersebut dapat dijadikan bioindikator pencemaran timbal. Kondisi serupa juga ditemukan di beberapa wilayah lain di Jawa Timur, termasuk Surabaya yang dikenal memiliki aktivitas industri padat. Air sungai merupakan salah satu sumber daya air bagi kehidupan manusia. Salah satu daerah yang memanfaatkan air sungai untuk sumber air adalah Surabaya. Sungai Surabaya dianggap sebagai sumber air utama yang dimanfaatkan oleh warga. Air sungai Surabaya merupakan bahan baku air minum dan salah satu sumber pasokan air bagi PDAM Surabaya. Selain itu, sungai tidak hanya dimanfaatkan sebagai sumber air bagi kehidupan masyarakat dan industri, tetapi juga dijadikan tempat pembuangan limbah industri (Asrori, 2021). Sungai Kandangan di Surabaya yang berfungsi sebagai saluran pembuangan limbah domestik dan industri sangat rentan tercemar logam berat. Dengan demikian, wilayah ini sangat berpotensi menghasilkan polutan yang masuk ke aliran sungai dan terangkut ke hilir (Nurfadlillah and Fitrihidajati, 2022). Hal ini menjadikan Sungai Kandangan Surabaya relevan untuk dikaji lebih dalam terkait potensi pencemaran timbal dan strategi mitigasinya.

Pemilihan lokasi penelitian di Sungai Kandangan Surabaya didasari pada fakta bahwa wilayah ini merupakan salah satu daerah dengan tekanan lingkungan tinggi akibat kombinasi limbah rumah tangga, aktivitas industri, serta transportasi yang sangat padat (Kushayati and Fibriana, 2023). Kondisi tersebut menjadikan Sungai Kandangan sebagai fakta nyata pencemaran perairan perkotaan yang mendesak untuk dianalisis. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran timbal di ekosistem perkotaan.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan, teridentifikasi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) di lokasi penelitian. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dikenal sebagai tumbuhan hiperakumulator yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap logam berat termasuk Pb (Siswoyo, Novriyanto and Kasam, 2023; Agustina *et al.*, 2024). Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) juga merupakan tumbuhan hiperakumulator yang mampu menyerap semua jenis unsur logam yang berada dalam perairan dan juga bersifat biofilter, yaitu memiliki kemampuan dalam mengikat suatu zat organik maupun anorganik (Widyawati and Kuntjoro, 2021). Keunggulan biologis dari eceng gondok dan kangkung air ini menjadikan penelitian lebih komprehensif dengan tujuan mempertimbangkan potensi tumbuhan sebagai bioindikator akumulasi logam berat Pb dari Sungai Kandangan Surabaya.

Salah satu karakteristik timbal adalah tidak dapat terdegradasi secara alami sehingga kadarnya dalam ekosistem perairan akan terus meningkat dan membahayakan organisme akuatik, termasuk tumbuhan akuatik yang terapung melalui akarnya dan terakumulasi di dalam jaringan akar, batang, dan daunnya. Dengan demikian, jika tumbuhan akuatik tersebut dikonsumsi, hal ini akan membahayakan hewan atau manusia. Tumbuhan akuatik terapung memiliki kemampuan dalam mengakumulasikan logam berat dan dapat digunakan sebagai alat ukur pencemaran air (Nurfadlillah and Fitrihidajati, 2022).

State of the art dalam penelitian ini mengintegrasikan bioakumulasi Pb secara *in situ* pada dua spesies tumbuhan akuatik yang ditemukan secara alami di satu ekosistem sungai perkotaan. Penelitian terbaru menekankan

efektivitas eceng gondok dalam menyerap logam berat melalui teknik *biotreatment* (Agustina *et al*., 2024), *constructed wetland* (Siswoyo, Novriyanto and Kasam, 2023), serta teknologi karbon aktif (Nuria, Anwar and Purwaningsih, 2020). Namun, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan pendekatan komprehensif antarspesies tumbuhan akuatik, khususnya yang memasukkan kangkung air untuk menilai apakah tumbuhan tersebut masih aman dikonsumsi manusia. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada analisis multispesies di satu ekosistem perairan di perkotaan.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya mengetahui keberadaan dan tingkat akumulasi logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan akuatik yang hidup di Sungai Kandangan Surabaya, terutama pada eceng gondok dan kangkung air. Keberadaan Pb di lingkungan perairan perlu mendapat perhatian karena logam ini bersifat persisten dan dapat terakumulasi dalam organisme, sehingga keberadaannya pada tumbuhan akuatik dapat menggambarkan kondisi pencemaran perairan sekaligus menunjukkan potensi risiko apabila tumbuhan tersebut dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar aliran sungai. Informasi mengenai kadar Pb pada air sungai dan tumbuhan serta kondisi parameter kualitas air diperlukan sebagai dasar untuk menilai kondisi ekosistem perairan dan mendukung upaya pengendalian pencemaran di wilayah perkotaan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kualitas fisika-kimia air di Sungai Kandangan Surabaya, (2) menganalisis kadar Pb pada tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) di Sungai Kandangan Surabaya, dan (3) menganalisis hubungan antara kadar logam berat timbal pada tumbuhan dan parameter kualitas air di Sungai Kandangan Surabaya.

Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi mendukung pencapaian SDGs, khususnya Tujuan 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak) dan Tujuan 14 (Ekosistem Lautan). Dengan pendekatan berbasis ekologi, penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi nyata menghadapi tantangan pencemaran logam berat di daerah perkotaan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel air sungai dan tumbuhan dilaksanakan di Sungai Kandangan Surabaya, Jawa Timur, yang merupakan salah satu saluran utama pembuangan limbah domestik dan industri. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi pencemaran logam berat yang tinggi. Penelitian ini berlangsung pada Agustus–Desember 2025. Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pengamatan langsung di Sungai Kandangan Surabaya.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain sampel tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), air Sungai Kandangan Surabaya, akuades, tisu, dan standar Pb (H_2O_2, akuades, HNO_3 pekat, $MnSO_4$, KOH-KI, HCl, larutan amilum 1% dan $Na_2S_2O_3$). Alat yang dibutuhkan antara lain timbangan analitik, DO meter, TDS meter, termometer air, pH meter, turbidimeter, mortar dan alu, kertas saring, corong, erlenmeyer, labu ukur, pipet ukur, *hot plate*, oven, dan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

Prosedur Penelitian

Sampel air diambil sebanyak 600 mL pada setiap stasiun, kemudian dimasukkan ke dalam botol untuk diuji kualitas fisika dan kimianya (suhu, kekeruhan, TDS, pH, dan DO). Sampel tumbuhan air yang diperoleh dimasukkan ke dalam plastik berlabel, lalu diidentifikasi berdasarkan struktur morfologi dengan membandingkannya pada referensi buku maupun jurnal.

Sampel air untuk analisis logam berat diambil sebanyak 100 mL dari kedalaman 30 cm di bawah permukaan air, dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat dan dihomogenkan. Selanjutnya, larutan dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga tersisa 20 mL. Hasil destruksi ditambahkan larutan pengencer (1.000 mL akuades dan 3,5 mL HNO3 1 M) hingga mencapai volume 100 mL, kemudian dianalisis kandungan Pb-nya menggunakan AAS.

Sampel tumbuhan air diambil dari bagian akar dan batang sebanyak 10 g, lalu dikeringkan dalam oven selama 48 jam pada suhu 80 °C. Setelah kering, sampel dihaluskan menggunakan mortar

Sains dan Matematika, Vol 11, No. 2, Oktober 2026: 83-92

dan alu. Sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 10 mL HNO_3 65%, kemudian dipanaskan selama 2–3 jam hingga larutan menjadi kering. Setelah kering, sampel didinginkan, lalu ditambahkan 10 mL HNO_3 1 M dan disaring menggunakan kertas saring, dan filtrat yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu ukur serta ditutup aluminium foil. Tahap akhir adalah pengukuran konsentrasi logam berat pada filtrat menggunakan AAS.

Teknik Pengumpulan Data

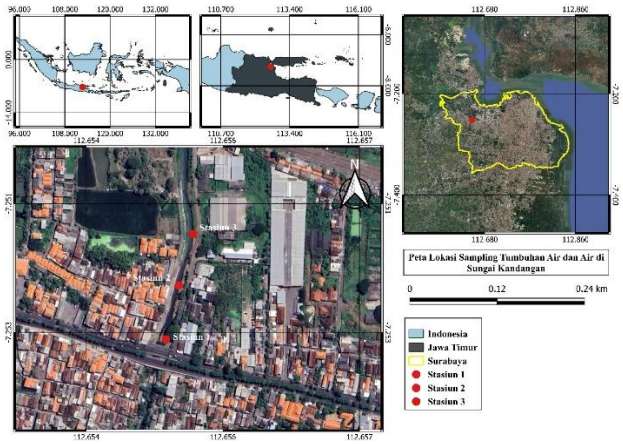
Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dengan pendekatan kuantitatif. Analisis kadar logam dilakukan melalui pengambilan sampel air dan tumbuhan akuatik secara langsung di lokasi penelitian, kemudian dilanjutkan dengan analisis laboratorium di Laboratorium Ekologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Parameter penelitian yang digunakan yaitu kadar logam berat Pb pada tumbuhan akuatik dan air sungai, serta faktor fisika dan kimia perairan yang meliputi suhu, kekeruhan, TDS, pH, dan DO. Identifikasi spesies tumbuhan akuatik dilakukan dengan PlantNet. Kadar timbal (Pb) pada tumbuhan akuatik dibandingkan dengan baku mutu Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009), sedangkan kadar timbal dalam air dibandingkan dengan baku mutu air kelas II pada PP RI No. 22 Tahun 2021.

Analisis Data

Data hasil pengukuran parameter kualitas air (suhu, kekeruhan, TDS, pH, dan DO), kadar logam berat Pb pada air sungai, serta kadar logam berat Pb pada tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dianalisis secara kuantitatif. Analisis deskriptif dilakukan untuk memperoleh nilai rerata dan standar deviasi pada setiap stasiun pengamatan. Selanjutnya, hubungan antara kadar Pb pada tumbuhan air dan parameter fisika-kimia perairan dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman, mengingat jumlah data relatif terbatas dan tidak seluruh variabel berdistribusi normal. Tingkat keeratan hubungan ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) dan signifikansinya ditetapkan pada taraf kepercayaan 95% ($p<0,05$).

Untuk memperkuat interpretasi hubungan multivariat antara parameter kualitas air dan akumulasi Pb pada tumbuhan air, dilakukan *principal component analysis* (PCA). PCA digunakan untuk mengidentifikasi parameter lingkungan yang paling berkontribusi terhadap variasi akumulasi Pb serta pola pengelompokan stasiun pengamatan berdasarkan karakteristik kualitas airnya. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik, sedangkan PCA disajikan dalam bentuk biplot.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di Sungai Kandangan Surabaya (GIS, 2025)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air di Sungai Kandangan Surabaya

Hasil pengukuran faktor fisika-kimia pada tiga stasiun di Sungai Kandangan Surabaya disajikan pada **Tabel 1.** Kondisi perairan di Sungai Kandangan Surabaya menunjukkan kategori tercemar ringan hingga sedang berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021, yang ditandai oleh penurunan nilai DO dari stasiun 1 ke stasiun 3 (baku mutu minimum 4 mg/L). Penurunan DO pada stasiun 3 mencerminkan meningkatnya beban organik dan aktivitas dekomposisi bahan organik, yang umum terjadi pada sungai perkotaan dengan tekanan limbah domestik yang tinggi (Nurfadlillah and Fitrihidajati, 2022). Perubahan parameter fisika-kimia perairan, khususnya DO dan TDS, berperan penting dalam meningkatkan mobilitas dan bioavailabilitas logam berat di ekosistem perairan (Ramadhan, 2021).

Suhu air pada ketiga stasiun menunjukkan nilai yang relatif seragam, yaitu berkisar antara 30,67–31,33 °C. Kondisi suhu yang homogen ini mencerminkan karakteristik perairan tropis perkotaan yang dipengaruhi oleh radiasi matahari dan minimnya peneduhan vegetasi riparian. Suhu perairan yang relatif tinggi diketahui dapat

memengaruhi laju reaksi kimia serta meningkatkan mobilitas logam berat di perairan (Ali, Khan and Ilahi, 2019). Nilai kekeruhan menunjukkan variasi antarstasiun dengan rerata tertinggi pada stasiun 3 (36,77 ± 8,30 NTU), yang mengindikasikan tingginya kandungan partikel tersuspensi. Peningkatan kekeruhan pada perairan sungai perkotaan umumnya berkaitan dengan limpasan permukaan, aktivitas domestik, serta suspensi sedimen. Partikel tersuspensi berperan sebagai media pengikat logam berat, sehingga berpotensi meningkatkan akumulasi logam pada komponen biotik perairan (Haryati *et al*., 2026).

Konsentrasi TDS pada seluruh stasiun berada pada kisaran 387–391 mg/L dan menunjukkan perbedaan yang relatif kecil. Nilai TDS yang cukup tinggi mencerminkan tingginya kandungan zat terlarut anorganik di perairan Sungai Kandangan Surabaya. Kondisi ini dapat meningkatkan ketersediaan logam berat dalam bentuk terlarut yang lebih mudah diserap oleh organisme akuatik (Agustin and Rijal, 2024). Nilai pH perairan yang cenderung netral (7,45–7,50) menunjukkan bahwa kondisi asam-basa perairan relatif stabil, namun tetap berpotensi memengaruhi spesiasi logam berat, khususnya Pb dalam perairan (Shah, 2021).

Hasil analisis kadar logam pada tumbuhan dan air habitat tumbuhan di Sungai Kandangan Surabaya

a. Tumbuhan akuatik

Kadar logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan air di tiga stasiun Sungai Kandangan Surabaya disajikan pada Tabel 2. Kadar Pb pada tumbuhan air di Sungai Kandangan Surabaya menunjukkan variasi antarjenis tumbuhan dan stasiun pengamatan. Berdasarkan SNI 7387:2009, batas maksimum cemaran Pb pada sayuran adalah 0,5 mg/kg. Eceng gondok pada seluruh stasiun pengamatan masih menunjukkan kadar Pb yang berada di bawah ambang batas tersebut. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) memiliki rerata kadar Pb 0,30–0,41 mg/kg, dengan nilai tertinggi pada stasiun 2 (0,41 mg/kg) dan terendah pada stasiun 3 (0,30 mg/kg). Sebaliknya, kangkung air (*Ipomoea aquatica*) menunjukkan kemampuan akumulasi Pb 0,63–0,96 mg/kg. Nilai tertinggi pada kangkung air ditemukan di stasiun 2 sebesar 0,96 mg/kg, yang telah melebihi ambang batas baku mutu.

Peningkatan aktivitas industri, urbanisasi, dan pertambahan penduduk menyebabkan logam berat di lingkungan semakin banyak ditemukan. Paparan logam berat tersebut dapat memengaruhi proses biologis organisme, di mana logam berat dapat mengubah jalur biotik dan metabolik serta masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air, dan inhalasi yang terkontaminasi. Dengan terus meningkatnya pertumbuhan penduduk dan industrialisasi, kontaminasi logam menimbulkan risiko yang semakin besar bagi kesehatan manusia dan ekosistem (Ondrasek *et al.*, 2025). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Ipomoea aquatica* memiliki kemampuan akumulasi Pb yang lebih tinggi dibandingkan *Eichhornia crassipes*, bahkan melebihi baku mutu SNI 7387:2009 pada seluruh stasiun pengamatan. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun eceng gondok dikenal sebagai tumbuhan hiperakumulator, justru kangkung air yang menunjukkan potensi bioakumulasi yang lebih besar. Perbedaan struktur perakaran, laju transport ion, dan metabolisme logam antarspesies tumbuhan air sangat memengaruhi kapasitas akumulasi Pb (Widyawati and Kuntjoro, 2021; Hidrawati, Syam and Ayu, 2023). Kadar Pb pada *Eichhornia crassipes* relatif lebih rendah dan masih di bawah baku mutu yang ditetapkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *Eichhornia crassipes* cenderung berperan sebagai fitostabilisator dengan mengakumulasi logam berat terutama pada jaringan akar (Rasool *et al.*, 2023). Dengan demikian, perbedaan spesies tumbuhan air berpengaruh terhadap tingkat akumulasi Pb di lingkungan perairan.

b. Kadar logam pada air di Sungai Kandangan Surabaya

Tabel 2 menunjukkan bahwa tumbuhan air mengandung logam berat Pb. Hal ini disebabkan air Sungai Kandangan pada ketiga stasiun juga mengandung Pb dengan kadar yang cenderung sama antarstasiun (Tabel 3). Rerata kadar Pb pada stasiun 1 dan stasiun 2 masing-masing sebesar 0,02 mg/L. Nilai ini masih di bawah ambang batas baku mutu air kelas II menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 0,03 mg/L, sehingga secara umum kualitas air di Sungai Kandangan Surabaya tergolong tercemar ringan. Adapun stasiun 3 menunjukkan nilai sedikit lebih tinggi, yaitu 0,03 mg/L, yang sama dengan ambang batas baku mutu. Meskipun demikian,

akumulasi Pb yang cukup tinggi pada jaringan tumbuhan air, khususnya kangkung air, menunjukkan bahwa meskipun konsentrasi Pb dalam air relatif rendah, logam berat tersebut tetap dapat terakumulasi secara signifikan melalui proses bioakumulasi. Hal ini menegaskan peran tumbuhan akuatik sebagai bioindikator pencemaran logam berat di perairan Sungai Kandangan Surabaya.

Konsentrasi Pb terlarut di Sungai Kandangan Surabaya masih berada di bawah ambang batas baku mutu, namun tetap terjadi akumulasi Pb yang signifikan pada jaringan tumbuhan air. Kondisi ini menegaskan bahwa konsentrasi logam berat dalam air tidak selalu mencerminkan tingkat pencemaran ekologis yang sebenarnya, karena logam bersifat mudah terakumulasi dalam organisme hidup. Bioakumulasi logam berat pada tumbuhan dan organisme akuatik sering kali terjadi meskipun konsentrasi logam di perairan relatif rendah, akibat proses akumulasi jangka panjang dan interaksi dengan sedimen serta partikel tersuspensi (Haupea *et al.*, 2022). Konsentrasi logam dalam jaringan tumbuhan dapat ribuan dan puluhan ribu kali lebih tinggi daripada kandungannya dalam air. Pada saat yang sama, kemampuan tumbuhan untuk mengakumulasi logam sangat bervariasi dan bergantung pada sejumlah faktor seperti kondisi lingkungan, jenis tumbuhan, dan kelompok ekologi tumbuhan (Petrov *et al.*, 2023). Perbedaan yang cukup kontras antara kadar Pb di air dan pada jaringan tumbuhan menunjukkan adanya proses akumulasi biologis yang berlangsung secara kontinu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Pb yang relatif rendah di perairan tetap dapat terakumulasi pada tumbuhan akuatik melalui paparan jangka panjang (Uddin *et al.*, 2021).

Tabel 1. Rata-rata dan standar deviasi parameter fisika-kimia air (n = 3) di Sungai Kandangan Surabaya

Parameter	Sampel			Baku Mutu
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
Suhu (°C)	31,33 ± 0,58	31,33 ± 0,58	30,67 ± 0,58	Deviasi 3
Kekeruhan (NTU)	23,90 ± 8,25	31,73 ± 5,08	36,77 ± 8,30	-
TDS (mg/L)	387,33 ± 20,00	390,67 ± 7,23	391,00 ± 6,92	1.000
pH	7,50 ± 0,01	7,45 ± 0,01	7,46 ± 0,01	6-9
DO (mg/L)	6,07 ± 1,80	4,30 ± 1,85	3,47 ± 0,70	4

Keterangan: baku mutu air kelas II berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021.

Tabel 2. Kadar logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan akuatik di Sungai Kandangan Surabaya

Jenis Tumbuhan Air	Rerata Kadar Logam Berat Timbal (mg/kg)			Baku Mutu (mg/kg)
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
Eichhornia crassipes	0,40 ± 0	0,41 ± 0	0,30 ± 0	0,5
Ipomoea aquatica	0,81 ± 0	0,96 ± 0	0,63 ± 0	

Sumber: data diolah dari hasil uji BLKMP.

Tabel 3. Kadar logam berat timbal (Pb) pada air di Sungai Kandangan Surabaya

Air Habitat	Rerata Kadar Logam Berat Timbal (mg/L)			Baku Mutu (mg/L)
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
Air Sungai Kandangan Surabaya	0,02 ± 0	0,02 ± 0	0,03 ± 0	0,03

Sumber: data diolah dari hasil uji BLKMP.

Tabel 4. Korelasi kadar logam berat timbal pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan parameter fisika-kimia air di Sungai Kandangan Surabaya

Parameter	Analisis Korelasi Spearman		
	Korelasi	Nilai p	Tingkat Hubungan
Suhu (°C)	0,000	1,000	Lemah
Kekeruhan (NTU)	+0,500	0,667	Sedang

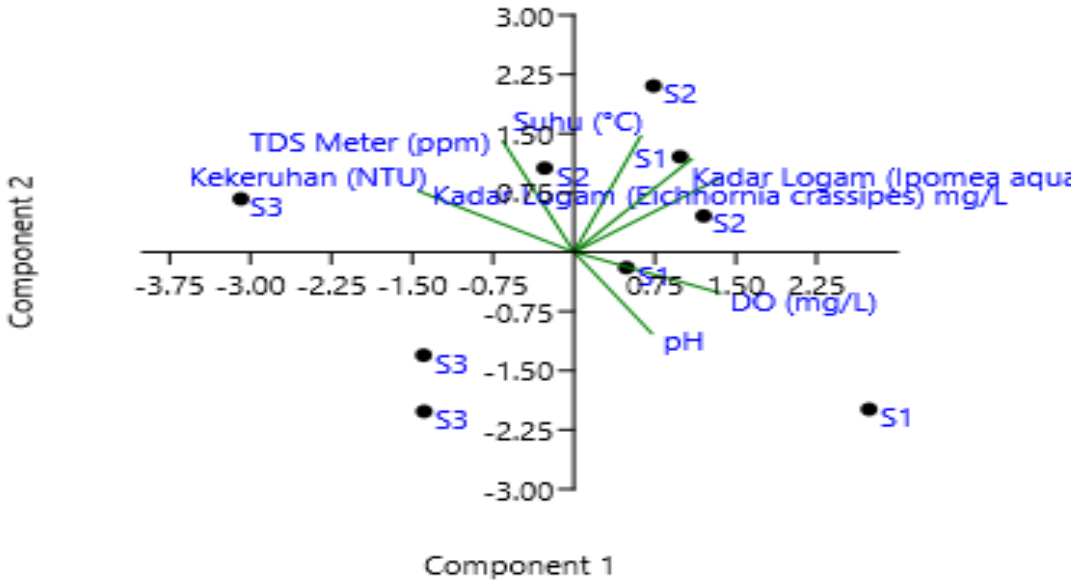
TDS (mg/L)	+0,500	0,667	Sangat kuat
pH	-0,866	0,333	Sangat kuat
DO (mg/L)	-1,000	0,000	Sangat kuat

Sumber: hasil analisis uji korelasi Spearman.

Tabel 5. Korelasi kadar logam berat timbal pada kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dengan parameter fisika-kimia air di Sungai Kandangan Surabaya

Parameter	Analisis Korelasi Spearman		
	Korelasi	Nilai p	Tingkat Hubungan
Suhu (°C)	0,000	1,000	Lemah
Kekeruhan (NTU)	+0,500	0,667	Sedang
TDS (mg/L)	+0,500	0,667	Sangat kuat
pH	-0,866	0,333	Sangat kuat
DO (mg/L)	-1,000	0,000	Sangat kuat

Sumber: hasil analisis uji korelasi Spearman.



Gambar 2. *Biplot principal component analysis* (PCA) kadar Pb pada tumbuhan akuatik dan parameter kualitas air

Analisis hubungan antara kadar logam Pb pada tumbuhan dan parameter kualitas air di Sungai Kandangan Surabaya

Hasil analisis korelasi antara kadar Pb pada tumbuhan akuatik dan parameter kualitas air disajikan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**, sedangkan hasil PCA disajikan pada **Gambar 2**. Biplot PCA menggambarkan keterkaitan antara tumbuhan air *Eichhornia crassipes* dan *Ipomoea aquatica*, serta ketiga stasiun pengamatan berdasarkan dua komponen utama. Komponen 1 menjelaskan sumbu dengan kontribusi variasi terbesar yaitu vektor DO (mg/L), pH, dan kadar logam berat timbal pada *Eichhornia crassipes* dan *Ipomoea aquatica* yang mengarah ke sisi positif. Hal ini menunjukkan adanya korelasi positif antara kadar DO, pH, dan kemampuan akumulasi logam pada tumbuhan air, sehingga parameter tersebut menjadi faktor utama pembeda antarstasiun, khususnya pada stasiun 1 dan sebagian stasiun 2 yang terdistribusi di kuadran kanan grafik.

Sebaliknya, pada sisi negatif komponen 1 terlihat dominasi parameter fisik kekeruhan (NTU) dan TDS (mg/L) yang memiliki arah vektor hampir sejajar, mengindikasikan hubungan positif yang kuat di antara kedua parameter fisik perairan tersebut. Stasiun 3 yang mengarah pada sisi kiri

Sains dan Matematika, Vol 11, No. 2, Oktober 2026: 83-92

grafik menunjukkan bahwa stasiun ini lebih dipengaruhi oleh kondisi perairan dengan tingkat kekeruhan dan TDS relatif tinggi, serta memiliki keterkaitan yang lebih lemah dengan DO dan pH. Sementara itu, komponen 2 terutama dipengaruhi oleh suhu yang mengarah ke nilai positif, sehingga variasi vertikal pada biplot menggambarkan perbedaan kondisi termal antarstasiun. Hal ini menunjukkan stasiun 2 memiliki keterkaitan yang lebih erat dengan peningkatan suhu perairan.

Hubungan antara kadar Pb pada tumbuhan dengan parameter kualitas air memperlihatkan bahwa Pb berkorelasi negatif kuat dengan DO dan pH, serta berkorelasi positif dengan kekeruhan dan TDS. Korelasi negatif dengan DO mengindikasikan bahwa kondisi perairan yang miskin oksigen cenderung meningkatkan ketersediaan hayati Pb melalui perubahan kondisi redoks, sedangkan korelasi positif dengan kekeruhan dan TDS menunjukkan peran partikel tersuspensi sebagai pengikat logam berat (Dong *et al.*, 2019).

Secara keseluruhan, hasil PCA ini menunjukkan bahwa vektor kadar Pb pada tumbuhan akuatik berhubungan dengan parameter TDS dan berlawanan arah dengan DO dan pH. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan zat terlarut dan penurunan kondisi oksigen terlarut merupakan faktor dominan yang memengaruhi variasi akumulasi Pb di Sungai Kandangan Surabaya. Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi parameter fisika-kimia perairan berperan penting dalam memengaruhi distribusi kualitas lingkungan dan pola akumulasi logam berat pada tumbuhan akuatik, sehingga pendekatan multivariat seperti PCA dinilai efektif dalam mengidentifikasi hubungan kompleks antarparameter kualitas air dan logam berat di perairan sungai perkotaan (Ayub, 2025).

Eichhornia crassipes dan *Ipomoea aquatica* berfungsi sebagai bioindikator pencemaran Pb di Sungai Kandangan Surabaya, namun dengan kapasitas akumulasi yang berbeda. *Eichhornia crassipes* lebih aman digunakan sebagai agen fitoremediasi karena kadar Pb masih berada di bawah ambang batas, sedangkan *Ipomoea aquatica* menunjukkan risiko ekologis dan kesehatan yang lebih tinggi apabila dikonsumsi oleh manusia atau hewan. Hal ini menunjukkan potensi pemanfaatan tumbuhan akuatik untuk mitigasi pencemaran logam berat sekaligus perlunya pengendalian pemanfaatan tanaman konsumsi dari perairan tercemar (Ondrasek *et al.*, 2025).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika-kimia, kualitas air Sungai Kandangan Surabaya tergolong tercemar ringan hingga sedang karena nilai DO pada stasiun 3 berada di bawah baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh nilai DO yang cenderung menurun dari stasiun 1 hingga stasiun 3 serta tingginya nilai kekeruhan dan TDS. Meskipun kadar Pb dalam air masih berada pada batas baku mutu yang ditetapkan, keberadaan logam berat tersebut menunjukkan adanya potensi pencemaran yang perlu mendapatkan perhatian lebih dalam pengelolaan lingkungan perairan.

Kandungan logam berat timbal (Pb) pada *Eichhornia crassipes* masih berada di bawah baku mutu SNI 7387:2009, yaitu 0,5 mg/kg, sedangkan kandungan Pb pada *Ipomoea aquatica* telah melebihi baku mutu tersebut. Perbandingan antarspesies menunjukkan adanya perbedaan tingkat akumulasi Pb, di mana *Ipomoea aquatica* memiliki konsentrasi Pb yang lebih tinggi dibandingkan *Eichhornia crassipes*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kangkung air yang tumbuh di Sungai Kandangan Surabaya berpotensi tidak aman dikonsumsi, sementara eceng gondok relatif lebih sesuai dimanfaatkan sebagai tanaman pengendali pencemaran.

Akumulasi Pb pada tumbuhan akuatik dipengaruhi oleh kondisi kualitas air; kandungan Pb cenderung meningkat pada kondisi perairan dengan nilai kekeruhan dan TDS yang tinggi, serta nilai DO dan pH yang lebih rendah. Hasil tersebut menunjukkan parameter fisika-kimia perairan berperan penting dalam menentukan tingkat bioakumulasi Pb pada tumbuhan akuatik. Dengan demikian, semakin tinggi kadar Pb dalam air dan semakin rendah kualitas perairan, maka semakin tinggi pula akumulasi Pb pada tumbuhan akuatik. Oleh karena itu, penggunaan tumbuhan akuatik sebagai bioindikator dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam pemantauan kualitas lingkungan dan pengendalian pencemaran logam berat di perairan perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Ekologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya atas penyediaan fasilitas laboratorium selama penelitian ini berlangsung. Apresiasi juga disampaikan kepada Laboratorium Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan (BLKMP) atas bantuan teknis dalam analisis logam berat Pb. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing penulis selama pengambilan data di Sungai Kandangan Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, F. and Rijal, S.S. (2024) "Analisis Kandungan Total Dissolved Solid dan Pengaruhnya Terhadap Kelimpahan dan Dominansi Plankton di Sungai Brantas," *Environmental Pollution Journal*, 1(1), pp. 24–33.

Agustina, S.M., Ashari, M., Lesmana, R.Y. and Putro, D.S. (2024) "Teknik Biotreatment Logam Berat Timbal (Pb) Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)," *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), pp. 8476–8480. Available at: https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/121.

Ali, H., Khan, E. and Ilahi, I. (2019) "Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation," *Journal of Chemistry*, 2019(1), p. 6730305. Available at: https://doi.org/10.1155/2019/6730305.

Asrori, M.K. (2021) "Pemetaan Kualitas Air Sungai Di Surabaya," *Jurnal Envirotek*, 13(2), pp. 41–47. Available at: https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.127.

Ayub, L. (2025) *Analisis Kualitas Air Sungai Code Menggunakan Metode Analisis Multivariate: Component Analysis and Cluster Analysis*.

Dong, J., Xia, X., Liu, Z., Zhang, X. and Chen, Q. (2019) "Variations in concentrations and bioavailability of heavy metals in rivers during sediment suspension-deposition event induced by dams: insights from sediment regulation of the Xiaolangdi Reservoir in the Yellow River," *Journal of Soils and Sediments*, 19(1), pp. 403–414. Available at: https://doi.org/10.1007/s11368-018-2016-1.

Haryati, A., Ashari, D.N., Prihatiningsih, I. and Januar, H.I. (2026) "Analisis Pencemaran Logam Berat dan Risiko Ekologis di Sedimen Estuaria Sungai Comal," *Buletin Oseanografi Marina*, 15(1), pp. 56–69. Available at: https://doi.org/10.14710/buloma.v15i1.78550.

Haupea, A., Mariwy, A., Dulanlebit, Y.H. and Male, Y.T. (2022) "Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Pelabuhan Hitu," *MJoCE*, 12(2), pp. 84–95.

Hidrawati, H., Syam, N. and Ayu, N. (2023) "Fitoremediasi Timbal (Pb) pada Air Tercemar menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Apu-Apu (*Pistia stratiotes)*," *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 7(2), pp. 205–214. Available at: https://doi.org/10.33096/agrotek.v7i2.358.

Kushayati, N. and Fibriana, L.P. (2023) "Impact of Flood and Psychological Adaptation on Flood Survivor in Mojokerto Regency, Indonesia," *Proceeding of International Conference of Kerta Cendekia*, 2(1), pp. 157–163. Available at: https://doi.org/10.36720/ickc.v2i1.517.

Laoye, B., Olagbemide, P., Ogunnusi, T. and Akpor, O. (2025) "Heavy metal contamination: Sources, health impacts, and sustainable mitigation strategies with insights from Nigerian case studies," *F1000Research*, 14(134), pp. 1–40. Available at: https://doi.org/10.12688/f1000research.160148.4.

Nurfadlillah, A.S. and Fitrihidajati, H. (2022) "Biodiversitas dan Kadar Logam Berat Pb Tumbuhan Aquatik Terapung di Sungai Brantas Mojokerto Sebagai Bioindikator Pencemaran Timbal," *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(1), pp. 63–70. Available at: https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n1.p63-70.

Nuria, F.I., Anwar, M. and Purwaningsih, D.Y. (2020) "Pembuatan Karbon Aktif dari Eceng Gondok," *Jurnal Tecnoscienza*, 5(1), pp. 37–48. Available at: https://ejournal.ukk.ac.id/index.php/TECNOSCIENZA/article/view/364.

Ondrasek, G., Shepherd, J., Rathod, S., Dharavath, R., Rashid, M.I., Brtnicky, M., Shahid, M.S., Horvatinec, J. and Rengel, Z. (2025) "Metal contamination - a global environmental issue: sources, implications & advances in mitigation," *RSC Advances*, 15(5), pp. 3904–3927. Available at: https://doi.org/10.1039/d4ra04639k.

Petrov, D.S., Korotaeva, A.E., Pashkevich, M.A. and Chukaeva, M.A. (2023) "Assessment of heavy metal accumulation potential of aquatic plants for bioindication and bioremediation of aquatic environment," *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), p. 15. Available at: https://doi.org/10.1007/s10661-022-10750-0.

Pratiwi, D.Y. (2020) "Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia," *Akuatek*, 1(1), pp. 59–65.

Pujananto, E.K. (2020) *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Hati dan Insang Ikan sebagai Biomarker di Sungai Way Belau Bandar Lampung*, *Skripsi*.

Ramadhan, M.R. (2021) *Hubungan Kadar Logam Berat (Cu, Cr, Pb, Ni, Cd, Al, Fe dan Mn) Dalam Padatan Tersuspensi dan Sedimen di Sungai Winongo*. Available at: https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/36621.

Rasool, S., Ahmad, I., Jamal, A., Saeed, M.F., Zakir, A., Abbas, G., Seleiman, M.F. and Caballero-Calvo, A. (2023) "Evaluation of Phytoremediation Potential of an Aquatic Macrophyte (*Eichhornia*

crassipes) in Wastewater Treatment," *Sustainability (Switzerland)*, 15(15), p. 11533. Available at: https://doi.org/10.3390/su151511533.

Shah, S.B. (2021) *Heavy Metals in Scleractinian Corals*, *Heavy Metals in the Marine Environment- An overview*. Available at: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-73613-2.

Siswoyo, E., Novriyanto and Kasam (2023) "Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb) Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) oleh Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Sistem Constructed Wetland," *Ajie*, 7(3), pp. 76–81. Available at: https://doi.org/10.20885/ajie.vol7.iss3.art1.

Uddin, M.M., Zakeel, M.C.M., Zavahir, J.S., Marikar, F.M.M.T. and Jahan, I. (2021) "Heavy metal accumulation in rice and aquatic plants used as human food: A general review," *Toxics*, 9(12), p. 360. Available at: https://doi.org/10.3390/toxics9120360.

Widyawati, M.E. and Kuntjoro, S. (2021) "Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Air di Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo," *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), pp. 77–85. Available at: https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index.