



Heavy metals (Hg, Cd, Cu, and Pb) in sediment and water of Lake Belibis, West Kalimantan

Kandungan logam berat (Hg, Cd, Cu, dan Pb) pada sedimen dan air Danau Belibis, Kalimantan Barat

Yunita Magrima Anzani^{1,*}, Achmad Mulyadi Sirodjul Munir¹, Fitra Wira Hadinata¹, Grin Tommy Panggabean¹

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia

Received 12 January 2026

Accepted 22 January 2026

Published 26 August 2026

ABSTRACT

Heavy metal contamination is an important environmental issue, particularly in developing countries where mining activities are widespread and environmental management is often limited. This study evaluated the level of heavy metal contamination in Lake Belibis, a post-mining pit lake formed by illegal artisanal gold mining activities in West Kalimantan, Indonesia, which is currently used as a natural tourism area. Water and sediment samples were collected from three purposively selected stations representing different surrounding land uses from May to August 2024. Concentrations of mercury (Hg), cadmium (Cd), copper (Cu), and lead (Pb) were analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). In addition, supporting physico-chemical parameters were measured in situ. The results show that heavy metal concentrations in both water and sediment were generally below applicable environmental quality standards, indicating a relatively low level of contamination under current conditions. The physico-chemical characteristics of the lake reflect stable support the retention of heavy metals in particulate matter and sediments. Overall, the findings suggest that the environmental risk associated with heavy metals in Lake Belibis is currently low, but continuous monitoring is necessary to support environmental risk evaluation and sustainable management of the pit lake.

Keywords: heavy metals, mercury, pit lake, sediment, water quality

1. Pendahuluan

Masalah kontaminasi logam berat menjadi salah satu isu penting saat ini. Sumber kontaminasi logam berat dapat berasal dari aktivitas antropogenik seperti industri, pertanian, pemukiman, dan terutama pertambangan. Permasalahan ini cenderung lebih serius di banyak negara berkembang yang sebagian besar disebabkan oleh faktor-faktor tersebut dan diperburuk oleh keterbatasan pemahaman mengenai dampak toksiknya terhadap kesehatan manusia (Angon *et al.* 2024). Logam berat merupakan unsur kimia yang memiliki massa jenis tinggi dan umumnya bersifat toksik, meskipun beberapa di antaranya diperlukan dalam jumlah kecil

untuk fungsi biologis tertentu (Rahman *et al.* 2016). Logam berat yang biasanya mencemari perairan dan berbahaya bagi manusia meliputi merkuri (Hg), cadmium (Cd). Tembaga (Cu), dan timbal (Pb) (Pratiwi 2020).

Salah satu logam berat yang paling berbahaya adalah merkuri (Hg), yang banyak digunakan dalam kegiatan penambangan emas skala kecil, termasuk Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI). Proses amalgamasi emas dengan merkuri menghasilkan limbah yang dapat mencemari tanah dan perairan. Menurut US Government Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), merkuri menempati peringkat ketiga sebagai zat paling beracun di dunia. Di lingkungan perairan,

*Corresponding author
E-mail address: yunita.magrima@faperta.untan.ac.id



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

merkuri dapat mengalami transformasi menjadi bentuk metil merkuri (CH_3Hg^+) yang sangat toksik, mudah terakumulasi dalam jaringan organisme, dan mengalami biomagnifikasi sepanjang rantai trofik (ATSDR 2024; Verma *et al.* 2018).

Selain merkuri, logam berat lain seperti kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) juga menjadi perhatian penting dalam ekosistem perairan. Sebagai logam berat non-esensial, kadmium memiliki sifat *toxic* yang membahayakan makhluk hidup. Akumulasi kadmium dalam tubuh melalui rantai makanan dapat menimbulkan efek langsung terhadap organisme akuatik, termasuk gangguan pada fungsi ginjal, paru-paru, dan sistem peredaran darah (Setiawan *et al.* 2025). Tembaga, meskipun merupakan unsur esensial bagi berbagai proses biologis, dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan efek toksik pada biota perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Kirana *et al.* 2022). Sedangkan, timbal merupakan kontaminan yang banyak berasal dari aktivitas antropogenik, yang dapat menyebabkan gangguan neurologis dan perkembangan pada manusia (Saptaningrum *et al.* 2024; Syawal *et al.* 2016).

Penutupan tambang yang menyisakan danau pascatambang (*pit lakes*) menjadi masalah karena tidak semua pemerintahan suatu negara atau daerah menerima hal tersebut. Upaya Indonesia berkaitan dengan hal ini, yaitu dengan mengatur upaya reklamasi pascatambang dalam Undang-Undang No. 3 Tahun 2020. Salah satu bentuk upaya pengelolaan lingkungan hidup yang dilakukan yaitu dengan pemanfaatan lubang bekas tambang menjadi danau. Namun, danau pascatambang ini dapat menimbulkan resiko bagi daerah tangkapan air (*catchment area*) jika memiliki kualitas air yang buruk (Lund dan Blanchette 2021). *Pit lakes* sering kali menunjukkan karakteristik kimia yang ekstrem, seperti pH rendah (asam), konsentrasi sulfat tinggi, dan kandungan logam terlarut yang signifikan. Hal ini menjadikan *pit lakes* sebagai lingkungan yang rentan terhadap akumulasi logam berat (Tuheteru *et al.* 2021).

Danau Belibis, yang terletak di Kalimantan Barat, merupakan salah satu danau

pascatambang hasil aktivitas PETI, yang kini dimanfaatkan sebagai objek wisata alam (Anzani dan Rahayu 2024). Daya tarik danau ini meliputi pasir putih bekas tambang, panorama hutan sekitar, serta berbagai aktivitas rekreasi seperti berperahu, berenang, dan wisata kuliner. Namun, pemanfaatan danau sebagai destinasi wisata perlu diimbangi dengan upaya pemantauan kualitas lingkungan, khususnya terhadap potensi kontaminasi logam berat yang dapat membahayakan ekosistem dan kesehatan masyarakat. Hingga saat ini, informasi mengenai tingkat kontaminasi logam berat, khususnya Hg, Cd, Cu, dan Pb pada sedimen dan air Danau Belibis masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kontaminasi logam berat di Danau Belibis sebagai dasar untuk evaluasi risiko lingkungan dan pengelolaan berkelanjutan kawasan tersebut.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei sampai dengan Agustus 2024 di Danau Belibis, Kecamatan Tayan, Kabupaten Sanggau Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 1). Analisis kandungan logam berat pada sampel air dan sedimen dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Pontianak.

Penentuan stasiun pengamatan menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu terdapat tiga stasiun yang ditentukan berdasarkan tata guna lahan di sekitar perairan. St-1 merupakan area pusat aktivitas wisata, St-2 merupakan area wisata (terdapat gazebo) yang dekat dengan kawasan hutan gaharu, dan St-3 merupakan area yang dekat tepi gundukan pasir putih sisa tambang.

2.2. Pengambilan sampel

Sampel sedimen dan air diambil pada ketiga stasiun, dengan menggunakan *grab sampler* dan *Vandorn water sampler*. Pengambilan sampel air dilakukan pada permukaan air, kemudian dipindahkan ke botol sampel berukuran 1 liter. Sedangkan pengambilan sampel sedimen dimasukkan ke

wadah berukuran 500 mL. Analisis logam berat dilakukan dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Prosedur pengujian mengacu Standar Nasional Indonesia (SNI 6989.84:2019 dan SNI 01-2896-1998). Selain itu juga diukur parameter pendukung yaitu karakter fisika dan kimia perairan secara *in situ*. Parameter yang diukur ialah suhu air, *Dissolved Oxygen* (DO), kedalaman, kecerahan, dan pH.

2.3. Analisis data

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat kemudian dibandingkan dengan beberapa standar mutu. Berikut standar mutu yang digunakan yaitu:

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 mengenai penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup terkait pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kategori kelas II peruntukan prasarana/sarana rekreasi air.
2. Standar mutu kualitas air untuk sedimen berdasarkan *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC) & *Agriculture and Resource Management Council of Australian and New Zealand* (ARMACANZ).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Merkuri (Hg)

Konsentrasi merkuri pada sedimen dan air danau di seluruh stasiun pengambilan sampel secara konsisten berada di bawah batas deteksi (Tabel 1). Hasil analisis menunjukkan nilai kandungan merkuri pada sedimen di ketiga stasiun yaitu < 0.020 mg/kg dan pada air yaitu < 0.0002 mg/L. Nilai kandungan ini berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh ANZECC/ARMACANZ (2000) untuk

sedimen (0.15–1 mg/kg) maupun PP No. 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2 untuk air (0.0002 mg/L). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa risiko toksisitas merkuri terhadap ekosistem akuatik di danau ini relatif rendah pada kondisi saat ini.

Pola yang seragam di seluruh stasiun mengindikasikan tidak adanya variabilitas spasial, sehingga dapat diartikan bahwa masukan merkuri bersifat sangat minimal atau telah mengalami proses penahanan (imobilisasi) yang efektif dalam sistem danau. Kondisi ini umum dijumpai pada danau pascatambang emas yang telah memasuki fase pasca-operasional cukup lama, di mana input merkuri baru sudah tidak terjadi dan proses alami mulai mendominasi dinamika logam berat (Cheney *et al.* 2023). Proses imobilisasi merkuri kemungkinan dipengaruhi oleh interaksi geokimia, seperti adsorpsi merkuri pada sedimen (Tuheteru *et al.* 2018).

Selain faktor geokimia, status tidak aktifnya kegiatan penambangan emas di lokasi penelitian menjelaskan rendahnya kandungan merkuri yang terukur. Seiring waktu, proses pengendapan berulang dan penguburan sedimen lama dapat semakin mengisolasi merkuri (Secretariat of the Minamata Convention on Mercury 2025). Informasi mengenai waktu pasti berhentinya kegiatan PETI di kawasan Danau Belibis, belum diketahui secara jelas, namun demikian, danau ini mulai dimanfaatkan untuk kegiatan wisata sejak tahun 2010.

Hasil analisis yang dinyatakan dalam bentuk nilai kurang dari ($<$) menunjukkan bahwa konsentrasi merkuri dalam sampel berada di bawah batas deteksi metode analitik yang digunakan. Hal ini menegaskan bahwa kandungan merkuri, jika ada, berada pada tingkat yang sangat rendah dan tidak dapat terkuantifikasi secara instrumental.

Table 1. Mercury (Hg) contamination in Lake Belibis's sediment and water.

Tabel 1. Kandungan merkuri (Hg) pada sedimen dan air di Danau Belibis.

	Lokasi pengamatan/ <i>observation locations</i>			Baku mutu/ <i>quality standards</i>
	St-1 ^c	St-2 ^c	St-3 ^c	
Sedimen/ <i>sediment</i> (mg/kg)	< 0.020	< 0.020	< 0.020	0.15 – 1 ^a
Air / <i>water</i> (mg/L)	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	0.0002 ^b

^aANZECC/ARMACANZ (2000)

^cSt-1, St-2, St-3: Stasiun Pengamatan di Danau Belibis

^bPP No 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2

3.2. Kadmium (Cd)

Konsentrasi kadmium (Cd) pada sedimen dan air Danau Belibis di seluruh stasiun pengamatan juga menunjukkan nilai yang beragam (Tabel 2). Kandungan Cd pada sedimen di St-1, St-2, dan St-3 seluruhnya tercatat < 0.020 mg/kg, nilainya berada di bawah kisaran baku mutu sedimen yang direkomendasikan (1.5–10 mg/kg). Pada media air, konsentrasi kadmium di seluruh stasiun pengamatan tercatat < 0.093 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kandungan Cd terlarut berada di bawah batas deteksi metode analitik yang digunakan, namun batas deteksi ini masih lebih tinggi dibandingkan baku mutu kualitas air Kelas II sebesar 0.01 mg/L. Oleh karena itu, hasil pengukuran belum dapat digunakan untuk menyimpulkan secara pasti bahwa konsentrasi Cd di kolom air telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan, dengan mempertimbangkan keterbatasan sensitivitas alat.

Keberadaan Cd terlarut pada tingkat yang belum dapat dikuantifikasi secara akurat, menunjukkan perlu melihat juga adanya kemungkinan sumber masukan kadmium yang berskala kecil dan bersifat kontinu. Sumber potensial Cd terlarut tersebut dapat berasal dari aktivitas pemanfaatan danau saat ini, khususnya keberadaan infrastruktur dan fasilitas penunjang wisata di sekitar perairan danau. Bahan bangunan seperti jembatan,

gazebo, serta sarana rekreasi air yang menggunakan cat dan material logam berpotensi melepaskan Cd melalui proses pelapukan, korosi, ataupun limpasan permukaan (Alisa *et al.* 2020).

Masukan Cd dari sumber-sumber ini cenderung masuk dalam jumlah relatif kecil, sehingga belum terakumulasi secara signifikan pada sedimen. Selain itu, karakteristik kadmium cenderung berada dalam kondisi terlarut ketika pH di bawah 6.5 dan DO tinggi (Farias *et al.* 2024). Kondisi ini menjelaskan mengapa kandungan logam berat pada sedimen di danau ini tetap rendah dan berada di bawah baku mutu, meskipun potensi keberadaannya dalam air memerlukan pemantauan lanjutan.

3.3. Tembaga (Cu)

Konsentrasi tembaga (Cu) pada sedimen dan air Danau Belibis menunjukkan perbedaan pola yang jelas. Secara geokimia, Cu diketahui memiliki kecenderungan yang tinggi untuk berikatan dengan partikel sedimen, khususnya fraksi halus (Yolanda *et al.* 2019). Sifat ini menyebabkan Cu lebih mudah terakumulasi di sedimen. Substrat Danau Belibis yang didominasi pasir halus berwarna terang mencerminkan karakteristik material sisa aktivitas penambangan emas, yang umumnya tersusun dari material hasil pencucian dengan ukuran butir relatif halus.

Table 2. Cadmium (Cd) contamination in Lake Belibis's sediment and water

Tabel 2. Kandungan kadmium (Cd) pada sedimen dan air di Danau Belibis.

	Lokasi pengamatan/observation locations			Baku mutu/quality standards
	St-1 ^c	St-2 ^c	St-3 ^c	
Sedimen/sediment (mg/kg)	< 0.020	< 0.020	< 0.020	1.5 – 10 ^a
Air /water (mg/L)	< 0.093	< 0.093	< 0.093	0.01 ^b

^aANZECC/ARMACANZ (2000) ^cSt-1, St-2, St-3: Stasiun Pengamatan di Danau Belibis

^bPP No 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2

Table 3. Copper (Cu) contamination in Lake Belibis's sediment and water.

Tabel 3. Kandungan tembaga (Cu) pada sedimen dan air di Danau Belibis.

	Lokasi pengamatan/observation locations			Baku mutu/quality standards
	St-1 ^c	St-2 ^c	St-3 ^c	
Sedimen/sediment (mg/kg)	0.084	0.191	0.048	65 – 270 ^a
Air /water (mg/L)	< 0.012	< 0.012	< 0.012	0.02 ^b

^aANZECC/ARMACANZ (2000) ^cSt-1, St-2, St-3: Stasiun Pengamatan di Danau Belibis

^bPP No 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2

Berdasarkan Tabel 3, kandungan Cu pada sedimen Danau Belibis bervariasi antar stasiun pengamatan, dengan nilai berkisar antara 0.048–0.191 mg/kg. Variasi ini menunjukkan adanya heterogenitas spasial yang kemungkinan dipengaruhi oleh area di sekitar stasiun pengamatan, St-1 dan St-2 merupakan area yang digunakan untuk wisata, sedangkan St-3 tidak ada aktivitas wisata di sana, wisatawan hanya dapat menikmati pemandangan dan berfoto pada area pasir putih sisa aktivitas tambang. Stasiun-stasiun dengan konsentrasi Cu sedimen relatif lebih tinggi mengindikasikan adanya proses akumulasi lokal, baik akibat kapasitas adsorpsi sedimen yang lebih besar maupun masukan Cu yang dapat bersumber dari kegiatan antropogenik (Yu *et al.* 2024). Sebaliknya, konsentrasi yang lebih rendah, dapat menggambarkan minimnya sumber Cu di lokasi tersebut. Meskipun demikian, seluruh nilai Cu sedimen masih jauh berada di bawah kisaran baku mutu sedimen yang direkomendasikan oleh ANZECC/ARMACANZ, sehingga secara umum tidak menunjukkan potensi risiko ekologis. Perlu dicatat bahwa nilai ambang dalam pedoman tersebut disusun berdasarkan hasil uji toksisitas yang merepresentasikan peluang terjadinya efek biologis sekitar 10–50%, dan berdasarkan pengujian terhadap jumlah spesies yang terbatas.

Pada kolom air, konsentrasi Cu di seluruh stasiun tercatat berada di bawah batas deteksi (<0,012 mg/L) dan juga lebih rendah dari baku mutu kualitas air berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 Kelas II. Kondisi ini menegaskan rendahnya mobilitas Cu dalam fase terlarut dan lebih tinggi proses pengendapan ke sedimen. Perbedaan antara pola konsentrasi Cu di sedimen dan air menunjukkan bahwa Cu di Danau Belibis cenderung mengalami

stabilisasi geokimia di kompartemen sedimen.

3.4. Timbal (Pb)

Konsentrasi timbal (Pb) pada sedimen dan air Danau Belibis menunjukkan pola yang sangat seragam dan rendah pada seluruh stasiun pengamatan. Secara geokimia, Pb sama seperti Cu dikenal sebagai logam berat yang bersifat relatif *immobile* di lingkungan perairan, dengan kecenderungan berikatan dengan oksida besi-mangan dan bahan organik (Ma *et al.* 2025). Namun, keberadaan logam berat ini dalam sedimen juga sangat dipengaruhi oleh besarnya masukan antropogenik (Saptory *et al.* 2025).

Berdasarkan Tabel 4, kandungan Pb pada sedimen di seluruh stasiun (<0.040 mg/kg) serta pada kolom air (<0.019 mg/L) terdeteksi seragam dan berada di bawah batas deteksi alat analisis. Pola yang konsisten antar stasiun ini menunjukkan tidak adanya gradien spasial, yang mengindikasikan bahwa masukan Pb ke Danau Belibis sangat minimal. Selain itu, seluruh nilai Pb sedimen berada jauh di bawah baku mutu sedimen yang direkomendasikan oleh ANZECC/ARMACANZ, sedangkan konsentrasi Pb di air juga berada di bawah baku mutu kualitas air menurut PP No 22 Tahun 2021 Kelas II.

Tidak terdeteksinya Pb baik pada sedimen maupun air secara bersamaan mengindikasikan lemahnya proses akumulasi serta terbatasnya perpindahan fase logam berat ini di dalam sistem danau. Kondisi ini menggambarkan ketiadaan sumber Pb yang signifikan dari aktivitas sekitar. Dengan demikian, distribusi Pb di Danau Belibis dapat dikategorikan tidak menunjukkan indikasi pencemaran logam berat, baik pada kompartemen sedimen maupun kolom air.

Table 4. Lead (Pb) contamination in Lake Belibis's sediment and water.

Tabel 4. Kandungan timbal (Pb) pada sedimen dan air di Danau Belibis.

	Lokasi pengamatan/ <i>observation locations</i>			Baku mutu/ <i>quality standards</i>
	St-1 ^c	St-2 ^c	St-3 ^c	
Sedimen/ <i>sediment</i> (mg/kg)	< 0.040	< 0.040	< 0.040	50-220 ^a
Air / <i>water</i> (mg/L)	< 0.019	< 0.019	< 0.019	0.03 ^b

^aANZECC/ARMACANZ (2000)

^cSt-1, St-2, St-3: Stasiun Pengamatan di Danau Belibis

^bPP No 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2

3.5. Karakteristik fisika kimia perairan (suhu, pH, DO, kecerahan, kedalaman)

Karakteristik fisika dan kimia perairan Danau Belibis (Tabel 5) menunjukkan variasi spasial yang relatif seragam antar stasiun. Kedalaman dan kecerahan perairan mengalami penurunan bertahap dari St-1 ke St-3, menggambarkan perairan yang semakin dangkal dan lebih keruh pada bagian tertentu danau. Kedalaman perairan yang relatif dangkal menunjukkan kondisi hidrodinamika berenergi rendah, sehingga proses resuspensi sedimen cenderung terbatas (Yu *et al.* 2024). Keadaan tersebut sejalan dengan temuan konsentrasi Hg, Cd, dan Pb yang seragam serta berada di bawah batas deteksi, baik pada sedimen maupun kolom air, yang mengindikasikan minimnya masukan eksternal serta rendahnya proses pelepasan kembali logam dari sedimen ke perairan.

Suhu perairan pada seluruh stasiun berkisar antara 29.5 - 31°C dan masih berada dalam kisaran deviasi yang diperkenankan. Suhu yang relatif homogen ini menunjukkan tidak adanya perbedaan termal yang signifikan antar stasiun, sehingga faktor suhu tidak menjadi pengontrol utama variasi spasial logam berat di Danau Belibis. Nilai pH perairan menunjukkan kondisi agak asam pada seluruh stasiun, dengan kecenderungan menurun dari St-1 ke St-3. Kondisi pH yang berada di bawah netral ini mempengaruhi toksisitas dan perilaku logam berat (Syawal *et al.* 2016). Pada lingkungan perairan yang agak asam, beberapa logam berat cenderung

mengalami peningkatan interaksi dengan partikel sedimen melalui proses adsorpsi atau ikatan kompleks (Robi *et al.* 2021). Hal ini konsisten dengan hasil pengukuran Hg dan Pb yang tidak terdeteksi pada fase terlarut maupun sedimen, serta dengan pola Cu yang menunjukkan variasi hanya pada sedimen, sementara konsentrasinya di air tetap tertekan di bawah batas deteksi. Sebaliknya, untuk Cd yang relatif lebih mudah berada dalam fase terlarut pada pH rendah, kondisi ini menjelaskan mengapa Cd berpotensi hadir di kolom air meskipun belum terkuantifikasi secara akurat akibat keterbatasan sensitivitas alat.

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) di seluruh stasiun relatif tinggi dan melampaui baku mutu, mencerminkan kondisi perairan yang toksik. Tingginya DO tersebut antara lain dipengaruhi oleh kedalaman danau yang relatif dangkal, serta tingkat kecerahan yang tinggi, sehingga memungkinkan penetrasi cahaya yang baik dan mendukung proses fotosintesis sebagai salah satu sumber utama oksigen terlarut. Lingkungan toksik ini mendukung proses transformasi logam berat, seperti meningkatkan retensi logam dalam bentuk terikat pada partikel atau sedimen serta membatasi pelepasannya ke kolom air (Zou *et al.* 2024). Tingginya DO ini selaras dengan rendahnya konsentrasi Cu terlarut dan tidak terdeteksinya Pb dan Hg dalam air, yang menunjukkan bahwa logam-logam tersebut lebih terstabilkan pada kompartemen sedimen.

Table 5. Physical and chemical characteristics of Lake Belibis.

Tabel 5. Karakteristik fisika dan kimia perairan Danau Belibis.

Parameter	Satuan/unit	Lokasi pengamatan/observation locations			Baku mutu/quality standards ^a
		St-1 ^b	St-2 ^b	St-3 ^b	
Kedalaman/depth	cm	157-178	113-125	60-87	-
Kecerahan/transparency	cm	71-74	65-70	30-32	-
Suhu/temperature	°C	29.5-30	30.2-30.6	30.2-31	Dev 3
pH	-	5.9-6.0	5.6-5.7	5.2-5.5	6-9
DO	mg/L	7.5-7.8	7.0-7.4	6.0-6.8	≥ 4

^aPP No 22 Tahun 2021 Kategori Kelas 2

^bSt-1, St-2, St-3: Stasiun Pengamatan di Danau Belibis

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi logam berat (Hg, Cd, Cu, Pb) di Danau Belibis umumnya berada di bawah baku mutu pada air dan sedimen, mencerminkan risiko lingkungan yang relatif rendah. Karakteristik fisika-kimia perairan yang relatif stabil mendukung proses penahanan logam berat melalui pengikatan pada partikel dan sedimen, sehingga membatasi mobilitasnya ke kolom air. Meski demikian, terdeteksinya logam terlarut pada kadar rendah mengindikasikan adanya potensi masukan antropogenik. Oleh karena itu, pemantauan berkala tetap diperlukan sebagai dasar evaluasi risiko lingkungan dan pengelolaan Danau Belibis secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2024. *Toxicological Profile for Mercury*. US Department of Health and Human Services. 827p
- Alisa CAG, Albirqi MS, Faizal I. 2020. Kandungan timbal dan kadmium pada air dan sedimen di perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 5(1):21-26
- Angon PB, Islam MS, Das A, Anjum N, Poudel A, Suchi SA. 2024. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon*. 10(7):1–15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28357>
- Anzani YM, Rahayu S. 2024. Variasi spasial dan temporal parameter fisika dan kimia perairan danau pascatambang, Danau Belibis, Kalimantan Barat. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*. 20(1): 62–72. <https://doi.org/10.30598/tritonvol20issue1page62-72>
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMACANZ). 2000. *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality*. Australian Water Association and NZ Water & Wastes Association. 314p
- Cheney CL, Eccles KM, Kimpe LE, Lehnher I, Blais JM. 2023. Mercury deposition to lake sediments near historic gold mines. *Environmental Pollution*. <https://ssrn.com/abstract=4491390>
- Farias JP, Okeke BC, Demarco CF, Carlos FS, da Silva RF, da Silva MA, Quadro MS, Pieniz S, Andreazza R. 2024. Cadmium contamination in aquatic environments: Detoxification mechanisms and phytoremediation approach. *Sustainability*. 16(22):1–24.
- Kirana GC, Khairuddin, Yamin M. 202.. Analysis of heavy metal content of copper (Cu) in cork fish from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3): 1033–1039. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3957>
- Lund MA, Blanchette ML. 2021. Can Saline Pit Lakes Offer Biodiversity Values at Closure? *IMWA 2021 .Mine Water Management for Future Generations*, 300–306.
- Ma H, Wang Y, Chen C, Zhang Y. 2025. Particulate and dissolved metals in the Pearl River Estuary, China Part 2: Partitioning characteristics and influencing factors. *Water*. 17(10):1–17. <https://doi.org/10.3390/w17101436>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 (PP No. 22 Tahun 2021) tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pratiwi DY. 2020. Dampak pencemaran logam berat (timbal, tembaga, merkuri, kadmium, krom) terhadap organisme perairan dan kesehatan manusia. *Jurnal Akuatek*. 1(1): 59–65.
- Rahman A, Masmitra KD, Nurliani A. 2016. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) Budidaya Keramba Di Sekitar Waduk Riam

- Kanan Kecamatan Aranio. *Biodidaktika*: 11(2):66–76.
- Robi, Aritonang AB, Sofiana MSJ. 2021. Kandungan logam berat Pb, Cd dan Hg pada air dan sedimen di perairan Samudera Indah Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. 4(1):20–28. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/lk>
- Saptaningrum E, Kurniawati E, Sineke J, Mutholib A, Widayanti OA, Dewi L, Al Syarief SW, Rustianingsih, Kawatu YT, Br Tarigan L, Mahtuti EY, Rokot A, Rina W, Hasbi N, Azis NN. 2024. *Pencemaran Lingkungan*. Cilacap: Media Pustaka Indo.165p
- Saptory R, Kusumawati D, Adam MA, Supii AI, Lumbessy SY, Lestari HA, Saputra RA, Fi Ramadhani S, Asmanik, Hadiawati L, Sumarwan J. 2025. Bioaccumulation of lead (Pb) and microplastic contamination in the estuary of Kombal Bay, North Lombok, Indonesia using *Padina* sp. as a Bioindicator. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 29(6):449–461. www.ejabf.journals.ekb.eg
- Secretariat of the Minamata Convention on Mercury. 2025. *Mercury monitoring in and around artisanal and small-scale gold mining sites*. Geneva: UN Environment Program. 87p. www.minamataconvention.org
- Setiawan M, Joseph WBS, Pinontoan OR. 2025. Analisis kandungan kadmium (Cd) dan seng (Zn) pada air di Danau Tondano Desa Eris Kecamatan Eris. *Medic Nutricia: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 13(5):1-9 <https://doi.org/10.5455/mnj.v1i2.644>
- Syawal MS, Wardiatno Y, Hariyadi S. 2016. Pengaruh aktivitas antropogenik terhadap kualitas air, sedimen dan moluska di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Tropis*. 16(1):1–14.
- Tuheteru EJ, Gautama RS, Kusuma GJ, Kuntoro AA, Pranoto K, Palinggi Y. 2021. Water Balance of Pit Lake Development in the Equatorial Region Water Balance of Pit Lake Development in the Equatorial Region. *Water*. 13(3106):1–20.
- Tuheteru EJ, Gautama RS, Kusuma GJ, Pranoto K. 2018. Pit Lake Sebagai Alternatif Kegiatan Pascatambang. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*. 1(1):19–34.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 (UU No.3 Tahun 2020) tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batu Bara.
- Verma RK, Sankhla MS, Kumar R. 2018. Mercury Contamination in Water & Its Impact on Public Health. *International Journal of Forensic Science*. 1(2):72–78.
- Yolanda DS, Prartono T, Koropitan AF, Hartanto MT, Lestari, Lubis MRK. 2019. Partisi kimiawi Cu dan Fe pada sedimen permukaan di pesisir timur dan barat Sumatra Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 11(2):387–397. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i2.24057>
- Yu P, Cui H, Bai J, Chen G, Liu H, Liu Z, Xia J. 2024. Adsorption and desorption of Cu, Zn, Pb, and Cd on surface sediments from a shallow lake, North China. *Ecohydrology and Hydrobiology*. 24(4):820–827. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.01.002>
- Zou Y, Lou S, Zhang Z, Liu S, Zhou X, Zhou F, Radnaeva LD, Nikitina E, Fedorova IV. 2024. Predictions of heavy metal concentrations by physiochemical water quality parameters in coastal areas of Yangtze river estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 199 (115951):1-14. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115951>