

ANALISIS KADAR LOGAM BERAT Cd DAN Cu PADA AIR KOLAM DAN IKAN NILA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) DI KAWASAN TPA TERJUN

*Analysis of Heavy Metal Levels of Cd and Cu in Pond Water and Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Terjun Landfill Area*

Debora Anatasya¹, Sri Malem Indirawati^{1*}

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: srimalem@usu.id / 081397095501

Artikel Info: Diterima: 04 September 2026 Revisi: 15 Oktober 2026 Disetujui: 17 Oktober 2026 Terbit: 21 Oktober 2026	ABSTRAK
Kata Kunci: Cd; Cu; air; ikan; TPA; Keywords: Cd; Cu; water; fish; landfill;	Latar Belakang: TPA Terjun di Kecamatan Medan Marelan menggunakan sistem <i>open dumping</i> yang berpotensi menghasilkan air lindi mengandung logam berat kadmium (Cd) dan tembaga (Cu), sehingga dapat mencemari kolam budidaya ikan di sekitarnya. Tujuan: Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar Cd dan Cu pada air kolam dan ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) di kawasan TPA Terjun. Metode: Penelitian ini merupakan survei deskriptif dengan pendekatan observasional. Sampel air dan ikan nila diambil dari tiga kolam yang berjarak 14,54 m, 84,32 m, dan 180,26 m dari TPA. Sampel air diambil pada tiga titik di setiap kolam dan satu ekor ikan nila dari masing-masing kolam. Kadar Cd dan Cu dianalisis menggunakan metode <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS). Hasil: Kadar Cd dan Cu pada seluruh sampel air melebihi baku mutu, dengan Cd sebesar 0,0317–0,1903 mg/L dan Cu sebesar 0,0382–0,1379 mg/L. Pada insang ikan nila, kadar Cd sebesar 0,2964–0,3715 mg/kg dan Cu sebesar 0,2107–0,2816 mg/kg. Kesimpulan: Seluruh sampel air kolam memiliki kadar Cd dan Cu yang melebihi baku mutu. Kadar Cd pada insang ikan nila di dua kolam dengan jarak 14,54 m dan 84,32 m melebihi baku mutu, sedangkan kadar Cu seluruh sampel masih memenuhi baku mutu. Secara umum, kadar Cd dan Cu cenderung lebih tinggi pada kolam yang lebih dekat dengan TPA.

ABSTRACT

Background: The Terjun Landfill in Medan Marelan Subdistrict still uses an open-dumping system, which has the potential to generate leachate containing heavy metals, such as Cadmium (Cd) and Copper (Cu). This leachate has the potential to contaminate tilapia fish ponds around the landfill.

Purpose: This study aims to analyze the levels of heavy metals Cd and Cu in pond water and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the TPA Terjun area, Medan Marelan District.

Method: This type of research is a descriptive survey with an observational approach conducted in the TPA Terjun area.

The research population includes 11 ponds along with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in their vicinity. Water and tilapia samples were taken from three ponds located 14.54 meters, 84.32 meters, and 180.26 meters from the Terjun landfill, with three water sampling points in each pond and one tilapia from each pond. The analysis of Cd and Cu levels was conducted using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. **Results:** The levels of Cd and Cu in all water samples exceeded the quality standards, with Cd concentrations ranging from 0.0317–0.1903 mg/L and Cu from 0.0382–0.1379 mg/L. In the gills of Nile tilapia, Cd levels ranged from 0.2964–0.3715 mg/kg, while Cu levels ranged from 0.2107–0.2816 mg/kg. **Conclusion:** The levels of Cd and Cu in all pond water samples exceeded the quality standards. In the gills of Nile tilapia, the Cd levels in two ponds located 14.54 meters and 84.32 meters from the landfill exceeded the quality standards, while the Cu levels in all samples still met the quality standards. In general, the levels of Cd and Cu tend to be higher in ponds located closer to the TPA.

©2026 by author.

Published by Faculty of Public Health, Hasanuddin University.

This is an open access article under CC-BY-SA license

(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat pada lingkungan perairan masih menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang menjadi isu global karena sifatnya yang persisten, sulit terdegradasi, dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan.¹ Logam berat yang masuk ke badan air berpotensi mencemari sumber daya perairan dan terakumulasi pada organisme akuatik yang dikonsumsi manusia.² Paparan logam berat dalam jangka panjang diketahui dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, seperti kerusakan ginjal, gangguan sistem saraf, dan gangguan hati.³ Salah satu sumber pencemaran logam berat di lingkungan adalah keberadaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Aktivitas penimbunan sampah menghasilkan air lindi (*leachate*) yang mengandung berbagai zat pencemar, termasuk logam berat, bahan organik, dan mikroorganisme patogen.⁴ Air lindi yang tidak dikelola dengan baik dapat meresap ke dalam tanah maupun mengalir ke badan air di sekitarnya sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa air lindi TPA mengandung logam berat seperti

kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan kromium (Cr) yang berpotensi mencemari tanah maupun perairan.⁵

Kajian global yang menganalisis data dari 318 lokasi TPA di berbagai negara menunjukkan bahwa logam berat seperti Cu, Cd, Pb dan Mn merupakan salah satu kontaminan yang banyak ditemukan dalam air lindi dan berpotensi mencemari lingkungan perairan apabila tidak dikelola dengan baik.⁶ Penelitian di India juga menunjukkan bahwa air lindi TPA mengandung berbagai logam berat seperti Cd, Pb, Cu dan Mn yang berpotensi mencemari air permukaan maupun air tanah serta menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat. Temuan tersebut menunjukkan bahwa TPA merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat yang menjadi perhatian di berbagai negara, terutama pada lokasi yang masih memiliki sistem pengelolaan sampah yang kurang memadai.⁷

Pencemaran logam berat akibat aktivitas TPA di Indonesia masih ditemukan di berbagai daerah. Penelitian pada Eks-TPA Talang Gulo Kota Jambi menunjukkan adanya kontaminasi logam berat Cd dan Cu pada air sumur masyarakat sekitar.⁸ Penelitian lain di sekitar TPA Sukawinatan Kota Palembang menemukan kandungan Cd pada sumber air masyarakat yang berasal dari pengaruh air lindi TPA.⁷ Selain itu, keberadaan logam berat Cu juga ditemukan pada air lindi di beberapa lokasi TPA yang berpotensi menjadi sumber pencemaran lingkungan perairan.⁸

Kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) merupakan logam berat yang umum ditemukan pada air lindi hasil dekomposisi sampah rumah tangga maupun industri. Kadmium termasuk logam non-esensial yang bersifat toksik dan dapat menyebabkan kerusakan ginjal, gangguan saluran pencernaan, serta gangguan sistem biologis lainnya apabila terpapar dalam jangka Panjang.⁹ Sementara itu, tembaga merupakan logam esensial yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, namun pada kadar yang berlebih dapat menyebabkan gangguan sistem pencernaan, kerusakan hati, gangguan ginjal, hingga gangguan saraf.⁹

Logam berat yang telah mencemari perairan dapat masuk ke dalam tubuh organisme akuatik melalui proses bioakumulasi. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keberadaan logam berat Cd dan Cu dalam media perairan dapat terakumulasi pada jaringan ikan, khususnya organ insang dan jaringan tubuh lainnya.¹⁰ Pencemaran logam berat di sekitar TPA Terjun telah dilaporkan berdasarkan laporan Dinas Kebersihan Kota Medan tahun 2013, kandungan Cd pada air permukaan di sekitar TPA Terjun telah melebihi baku mutu air minum yang berlaku. Penelitian terbaru juga menemukan kandungan Cd sebesar 0,068 mg/L pada air tanah warga di kawasan TPA Terjun yang telah melampaui baku mutu air tanah berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.¹¹ Temuan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengelolaan sampah di kawasan TPA Terjun berpotensi menjadi sumber pencemaran logam berat pada lingkungan perairan di sekitarnya.

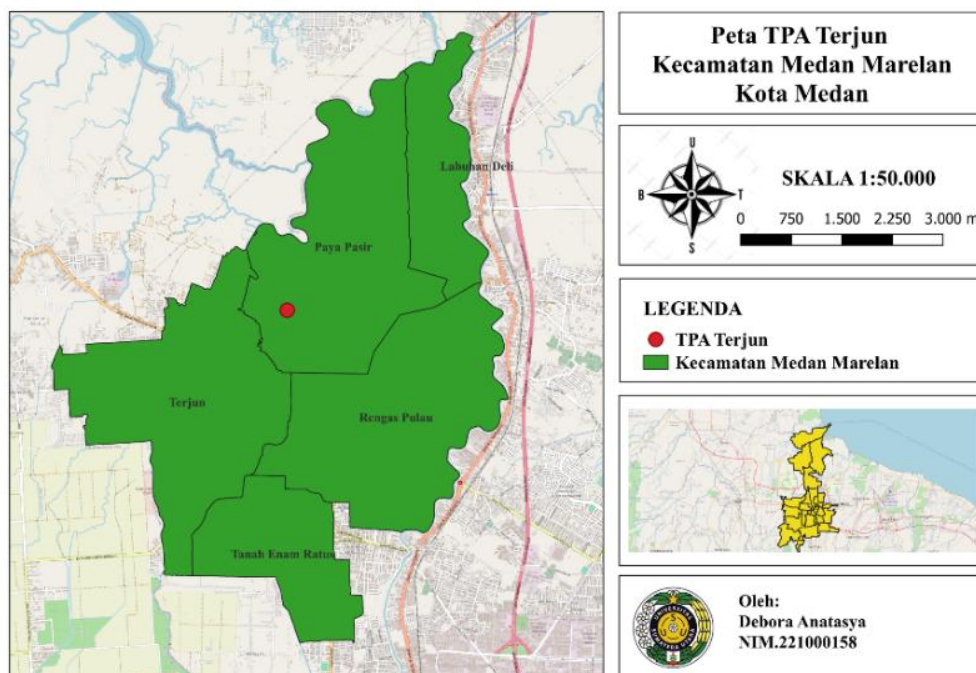
Kawasan sekitar TPA Terjun terdapat kolam budidaya ikan nila yang memanfaatkan sumber air yang berpotensi terpapar air lindi dan kontaminan lainnya dari aktivitas TPA. Keberadaan logam berat pada perairan budidaya dapat menyebabkan akumulasi logam pada tubuh ikan melalui proses bioakumulasi, sehingga berpotensi menimbulkan risiko bagi keamanan pangan dan kesehatan masyarakat. Namun, penelitian yang menganalisis kandungan logam berat Cd dan Cu secara bersamaan

pada air kolam budidaya dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di sekitar kawasan TPA Terjun masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar Cd dan Cu pada air kolam serta ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di sekitar TPA Terjun, Kecamatan Medan Marelan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian survei deskriptif dengan pendekatan observasional yang bertujuan menganalisis kadar logam berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) pada air kolam dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) (Gambar 1). Populasi penelitian ini adalah seluruh kolam budidaya ikan nila yang berada di sekitar TPA Terjun, yaitu sebanyak 11 petak kolam, beserta ikan nila yang dibudidayakan didalamnya. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan jarak kolam dari TPA Terjun untuk memperoleh gambaran kadar logam berat pada kolam dengan tingkat kedekatan yang berbeda terhadap lokasi TPA. Tiga kolam dipilih, yaitu kolam I yang berjarak 14,54 m dari TPA (kolam terdekat), kolam II yang berjarak 84,32 m (kolam dengan jarak menengah), dan kolam III yang berjarak 180,26 m (kolam terjauh di antara kolam yang dipilih).

Sampel air diambil dari masing-masing kolam sebanyak 200 mL dengan tiga kali pengulangan sehingga diperoleh sembilan sampel air. Sementara itu, sampel ikan nila diambil sebanyak satu ekor dari setiap kolam, dengan berat sekitar 0,5 kg per ekor, sehingga diperoleh tiga sampel ikan. Bagian ikan yang dianalisis adalah organ insang karena insang berperan dalam pertukaran gas dan memiliki kontak langsung dengan air, sehingga dapat menjadi salah satu lokasi akumulasi logam berat.



Gambar 1
Peta TPA Terjun

Pengujian kadar Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Masyarakat Medan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Varian AA240FS untuk sampel air kolam dan SSA Shimadzu AA-630 untuk sampel insang ikan nila. Analisis laboratorium meliputi tahapan preparasi sampel, destruksi, dan pengukuran menggunakan SSA. Preparasi sampel dilakukan berdasarkan jenis matriks yang dianalisis. Sampel air kolam dipersiapkan untuk pemeriksaan kadar logam berat, sedangkan sampel insang ikan nila menjalani proses destruksi untuk menguraikan matriks organik sehingga kandungan logam di dalam jaringan dapat dianalisis. Setelah proses preparasi, kadar Cd dan Cu ditentukan menggunakan SSA sesuai dengan prosedur pemeriksaan laboratorium. Sampel air diambil dari tiga kolam yang dipilih berdasarkan jaraknya dari TPA Terjun, yaitu kolam I yang berjarak 14,54 m, kolam II yang berjarak 84,32 m, dan kolam III yang berjarak 180,26 m.

Setiap kolam diambil tiga sampel air, sehingga jumlah keseluruhan sampel air yang dianalisis adalah sembilan sampel. Ketiga sampel air dari setiap kolam merupakan sampel yang berbeda dan bukan pengukuran berulang terhadap satu sampel yang sama. sampel ikan nila diambil sebanyak satu ekor dari setiap kolam, sehingga diperoleh tiga sampel ikan. Bagian ikan yang dianalisis adalah organ insang. Jumlah satu ekor ikan pada setiap kolam, hasil pengukuran kadar Cd dan Cu pada insang disajikan secara deskriptif dan menggambarkan kondisi sampel ikan yang diperiksa, sehingga tidak dimaksudkan untuk mewakili seluruh populasi ikan nila pada setiap kolam. Data primer diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium terhadap kadar Cd dan Cu pada sampel air kolam dan insang ikan nila, sedangkan data sekunder diperoleh dari profil wilayah penelitian dan studi literatur. Data dianalisis secara univariat dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 serta batas maksimum cemaran logam berat pada ikan berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 dan SK Dirjen POM Nomor 037/25/B/SK/VII/1989.

HASIL

Analisis Uji Laboratorium Kadmium (Cd) pada Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Pemeriksaan kadar kadmium (Cd) pada air kolam di sekitar TPA Terjun menunjukkan kadar Cd cenderung lebih tinggi pada kolam yang berjarak lebih dekat dengan kawasan TPA Terjun dan menurun pada kolam yang berjarak lebih jauh. Hasil pemeriksaan kadar Cd pada masing-masing titik pengambilan sampel disajikan pada Tabel 1.

Hasil Analisis Uji Laboratorium Tembaga (Cu) pada Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Pemeriksaan kadar tembaga (Cu) pada air kolam di sekitar TPA Terjun menunjukkan bahwa seluruh sampel air kolam terdeteksi mengandung Cu. Secara umum, kadar Cu cenderung lebih tinggi pada kolam yang berjarak lebih dekat dengan kawasan TPA Terjun dan lebih rendah pada kolam yang berjarak lebih jauh. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa seluruh sampel air kolam memiliki kadar Cu yang melebihi baku mutu air kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor

22 Tahun 2021. Hasil pemeriksaan kadar Cu pada masing-masing titik pengambilan sampel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1
Hasil Analisis Uji Laboratorium Tembaga (Cd) pada Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Sampel	Titik Koordinat	Luas (meter)	Kedalaman (meter)	Titik sampel	Cd (mg/L)	Rata-rata (mg/L)	Baku mutu: 0,01 mg/l (PP RI Nomor 22 Tahun 2021)
Kolam I	3°43'06.62" N 98°38'48.23"E	15 x 8	1	Titik I	0,1624	0,1644	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,1502		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,1806		Melebihi baku mutu
Kolam II	3°43'12.63" N 98°38'50.28"E	18 x 10	1	Titik I	0,1903	0,1407	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,1271		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,1048		Melebihi baku mutu
Kolam III	3°43'15.47"N 98°38'50.36"E	20 x 12	1	Titik I	0,0367	0,0577	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,1048		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,0317		Melebihi baku mutu

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 2
Hasil Analisis Uji Laboratorium Tembaga (Cu) pada Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Sampel	Titik Koordinat	Luas (meter)	Kedalaman (meter)	Titik sampel	Cu (mg/L)	Rata-rata (mg/L)	Baku mutu: 0,02 mg/l (PP RI Nomor 22 Tahun 2021)
Kolam I	3°43'06.62" N 98°38'48.23"E	15 x 8	1	Titik I	0,1354	0,1288	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,1327		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,1183		Melebihi baku mutu
Kolam II	3°43'12.63" N 98°38'50.28"E	18 x 10	1	Titik I	0,1324	0,1300	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,1379		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,1196		Melebihi baku mutu
Kolam III	3°43'15.47"N 98°38'50.36"E	20 x 12	1	Titik I	0,0487	0,0639	Melebihi baku mutu
				Titik II	0,0382		Melebihi baku mutu
				Titik III	0,1047		Melebihi baku mutu

Sumber: Data Primer, 2026

Karakteristik Sampel Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Karakteristik sampel ikan nila meliputi berat, panjang, dan umur ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang digunakan dalam penelitian. Secara umum, sampel ikan nila yang dianalisis memiliki karakteristik yang relatif seragam dengan berat berkisar sekitar 0,5 kg, panjang antara 13-14,7 cm, dan umur sekitar 5 bulan (Tabel 3). Keseragaman karakteristik sampel ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh perbedaan ukuran dan umur ikan terhadap kemampuan akumulasi logam berat.

Hasil Analisis Uji Laboratorium Kadmium (Cd) Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Hasil pemeriksaan kadar Kadmium (Cd) pada insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan bahwa seluruh sampel terdeteksi mengandung Cd. Kadar Cd tertinggi ditemukan pada ikan nila yang berasal dari kolam I (0,3715 mg/kg), sedangkan kadar Cd terendah ditemukan pada ikan nila yang berasal dari kolam III (0,2964 mg/kg) (Tabel 4). Secara umum, kadar Cd cenderung menurun seiring bertambahnya jarak kolam dari kawasan TPA Terjun. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022, kadar Cd pada sampel ikan dari kolam I dan kolam II telah melebihi batas maksimum cemaran logam berat yang diperbolehkan, sedangkan sampel dari kolam III masih berada di bawah batas tersebut.

Tabel 3
Karakteristik Sampel Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Sampel	Berat (kg)	Panjang (cm)	Umur (Bulan)
Kolam I	0,5 kg	13 cm	5 bulan
Kolam II	0,5 kg	14,2 cm	5 bulan
Kolam III	0,5 kg	14,7 cm	5 bulan

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 4
Hasil Analisis Uji Laboratorium Kadmium (Cd) pada Insang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Sampel	Titik koordinat	Jarak dari TPA (meter)	Luas (meter)	Kedalaman (meter)	Cd (mg/kg)	Baku mutu: 0,30 mg/l (BPOM Nomor 9 Tahun 2022)
Kolam I	3°43'06.62" N 98°38'48.23"E	14,54	15 x 8	1	0,3715	Melebihi baku mutu
Kolam II	3°43'12.63" N 98°38'50.28"E	84,32	18 x 10	1	0,3410	Melebihi baku mutu
Kolam III	3°43'15.47"N 98°38'50.36"E	180,26	20 x 12	1	0,2964	Sesuai baku mutu

Sumber: Data Primer, 2026

Hasil Analisis Uji Laboratorium Tembaga (Cu) Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).

Hasil pemeriksaan kadar Tembaga (Cu) pada insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan bahwa seluruh sampel terdeteksi mengandung Cu. Kadar Cu tertinggi ditemukan pada ikan nila yang berasal dari kolam I (0,2816 mg/kg), sedangkan kadar Cu terendah ditemukan pada ikan nila yang berasal dari kolam II (0,2107 mg/kg). Kadar Cu pada sampel ikan nila menunjukkan variasi antar lokasi pengambilan sampel, namun tidak memperlihatkan pola peningkatan atau penurunan yang konsisten berdasarkan jarak kolam terhadap TPA Terjun. Seluruh sampel ikan nila memiliki kadar Cu

yang masih berada di bawah batas maksimum cemaran logam berat yang diperbolehkan berdasarkan SK Dirjen POM Nomor 037/25/B/SK/VII/1989. Data hasil pemeriksaan kadar Cu pada insang ikan nila disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5
Analisis Uji Laboratorium Tembaga (Cu) pada Insang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Sampel	Titik koordinat	Jarak dari TPA (meter)	Luas (meter)	Kedalaman (meter)	Cu (mg/kg)	Baku Mutu: 20 mg/kg (SK Dirjen POM No.037/25/B/SK/VI I/1989)
Kolam I	3°43'06.62" N 98°38'48.23"E	14,54	15 x 8	1	0,2816	Sesuai baku mutu
Kolam II	3°43'12.63" N 98°38'50.28"E	84,32	18 x 10	1	0,2107	Sesuai baku mutu
Kolam III	3°43'15.47"N 98°38'50.36"E	180,26	20 x 12	1	0,2539	Sesuai baku mutu

Sumber: Data Primer, 2026

PEMBAHASAN

Analisis Kandungan Kadmium (Cd) pada Sampel Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa seluruh sampel air kolam memiliki kadar Kadmium (Cd) yang melebihi baku mutu air kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Perbedaan konsentrasi Cd yang ditemukan antar kolam menunjukkan adanya variasi tingkat paparan pencemar pada masing-masing lokasi penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pola spasial yang jelas, yaitu kadar kadmium (Cd) pada air kolam cenderung menurun seiring bertambahnya jarak kolam dari sumber pencemar utama, yaitu kawasan TPA Terjun. Kolam I yang berjarak paling dekat (14,54 meter) memiliki konsentrasi Cd relatif tinggi pada seluruh titik pengambilan sampel, kemudian masih ditemukan kadar tinggi pada kolam II (84,32 meter), dan menurun signifikan pada kolam III (180,26 meter) walaupun beberapa titik masih tetap melampaui baku mutu.

Perbedaan kadar Cd antar titik *sampling* dalam satu kolam juga menunjukkan bahwa distribusi logam berat di perairan tidak selalu merata. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh arah aliran air, lokasi masuknya limpasan pencemar, aktivitas sedimentasi, kondisi dasar kolam, serta perbedaan karakteristik fisik dan kimia air pada masing-masing titik pengambilan sampel. Distribusi logam berat dalam perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti pH, suhu, kandungan bahan organik, dan pergerakan massa air yang dapat menyebabkan konsentrasi pencemar berbeda pada lokasi yang berdekatan.¹² Tingginya kadar Cd pada air kolam berkaitan dengan keberadaan air lindi yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah di TPA Terjun. TPA Terjun diketahui masih menggunakan sistem *open dumping*, yaitu metode pembuangan sampah secara terbuka tanpa lapisan pelindung maupun sistem pengumpulan lindi yang memadai.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Wahyu yang menyatakan bahwa air di sekitar tempat pembuangan akhir sampah berpotensi mengalami peningkatan kadar logam berat akibat masuknya lindi yang mengandung residu bahan berbahaya seperti baterai, plastik, logam bekas, cat, dan limbah rumah tangga lainnya.¹³ Penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan juga melaporkan bahwa kadar kadmium pada perairan sekitar TPA cenderung lebih tinggi pada titik yang lebih dekat dengan sumber lindi dibandingkan lokasi yang lebih jauh.¹⁴ Selain itu, logam berat seperti Cd memiliki sifat persisten, tidak mudah terurai, dan dapat terakumulasi dalam sedimen maupun badan air dalam jangka panjang sehingga tetap berisiko meskipun konsentrasi pada beberapa titik terlihat menurun.¹⁵ Kolam di sekitar *landfill* menunjukkan kadar Cd air yang tinggi akibat pengaruh limbah padat dan lindi, terutama pada titik yang lebih dekat dengan sumber limbah. Penelitian lain menemukan bahwa kolam budidaya di sekitar *landfill* memiliki kadar Cd pada air sebesar 0,021-0,087 mg/L, seluruhnya melebihi baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* untuk perairan budidaya (0,003-0,01 mg/L).¹⁶

Analisis Kandungan Tembaga (Cu) pada Sampel Air Kolam Budidaya Ikan Nila

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa seluruh sampel air kolam memiliki kadar tembaga (Cu) yang melebihi baku mutu air kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, yaitu 0,02 mg/L. Selain itu, terdapat variasi konsentrasi Cu antar lokasi penelitian yang mengindikasikan adanya perbedaan tingkat paparan pencemar pada masing-masing kolam. Meskipun kadar Cu cenderung lebih rendah pada kolam yang berjarak lebih jauh dari TPA, seluruh kolam masih menunjukkan kondisi tercemar Cu. Keberadaan Cu pada air dapat berasal dari berbagai komponen sampah domestik seperti kabel listrik, logam campuran, pipa, baterai, pigmen cat, serta limbah elektronik yang mengalami pelarutan dan terbawa oleh air lindi. Meskipun kadar Cu tertinggi ditemukan pada kolam II dan sedikit lebih tinggi dibandingkan kolam I, secara umum terlihat bahwa konsentrasi Cu pada kolam yang berlokasi lebih dekat dengan kawasan TPA cenderung lebih tinggi dibandingkan kolam yang berjarak lebih jauh. Pola tersebut mengindikasikan adanya pengaruh aktivitas TPA terhadap distribusi Cu di lingkungan perairan. Semakin jauh jarak kolam dari sumber pencemar, semakin besar peluang terjadinya penurunan konsentrasi logam akibat proses sedimentasi, adsorpsi oleh partikel tanah, dan pengenceran oleh air hujan maupun air permukaan.

Air lindi pada *landfill* aktif dapat mengandung Cu dalam konsentrasi tinggi dan menjadi sumber utama pencemaran air permukaan maupun air tanah di sekitar lokasi pembuangan sampah. Perpindahan Cu dari TPA ke lingkungan sangat dipengaruhi oleh sistem pengelolaan lindi, permeabilitas tanah, curah hujan, dan jarak badan air dari sumber timbunan sampah. Kondisi ini relevan dengan TPA Terjun, karena kolam yang lebih dekat dengan TPA menunjukkan kadar Cu lebih tinggi dibandingkan kolam yang lebih jauh. Penelitian di TPA Piyungan Yogyakarta menunjukkan bahwa lindi TPA mengandung logam berat Cu yang dapat mencemari badan air sekitar dan meningkatkan kadar logam pada media budidaya perikanan di TPA tersebut.¹⁷ Penelitian di TPA Air Dingin melaporkan bahwa kadar Cu pada air sekitar TPA berada pada kisaran 0,05-0,19 mg/L, melebihi baku mutu Cu air permukaan 0,02 mg/L

berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021.¹⁸ Nilai tersebut menunjukkan bahwa lindi TPA berpotensi membawa Cu dari dekomposisi sampah domestik campuran seperti kabel, logam rumah tangga, dan limbah elektronik.

Analisis Kandungan Kadmium (Cd) pada Sampel Ikan Nila

Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa kandungan kadmium (Cd) pada insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di kawasan sekitar TPA Terjun ditemukan pada seluruh sampel dengan kadar yang berbeda berdasarkan jarak kolam dari sumber pencemar. Kadar Cd tertinggi terdapat pada ikan nila di kolam I (14,54 meter) sebesar 0,3715 mg/kg, kemudian menurun pada kolam II (84,32 meter) sebesar 0,3410 mg/kg, dan terendah pada kolam III (180,26 meter) sebesar 0,2964 mg/kg. Pola ini menunjukkan bahwa semakin dekat lokasi kolam dengan TPA Terjun, maka semakin tinggi kandungan kadmium yang terakumulasi dalam tubuh ikan nila. Hasil tersebut mengindikasikan adanya paparan sumber pencemar dengan tingkat akumulasi logam berat pada organisme akuatik. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022, kadar Cd pada ikan nila dari kolam I dan kolam II telah melebihi ambang batas aman sebesar 0,30 mg/kg, sedangkan kolam III masih berada sedikit di bawah baku mutu, namun nilainya sangat mendekati batas maksimum sehingga tetap perlu diwaspadai.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian di Telaga Tunjung, Bali yang melaporkan bahwa peningkatan kadar Cd pada perairan akibat aktivitas antropogenik diikuti oleh peningkatan kadar Cd pada ikan nila yang hidup di perairan tersebut.¹⁹ Hasil serupa juga ditemukan pada kawasan budidaya ikan di sekitar *landfill* Ambon dan area *open dumping*, di mana kadar Cd pada air melebihi baku mutu dan diikuti oleh kadar Cd pada ikan yang sebagian telah melampaui batas aman konsumsi.²⁰ Selain itu, penelitian oleh Aini dkk melaporkan bahwa kadar Cd pada air dan ikan nila di perairan budidaya tercemar juga berada di atas batas yang diperbolehkan. Meskipun konsentrasi Cd berbeda pada setiap lokasi penelitian, pola yang ditunjukkan relatif sama, yaitu tingginya kadar Cd pada media air diikuti oleh akumulasi Cd pada ikan nila, yang mengindikasikan adanya proses bioakumulasi akibat masukan pencemar dari aktivitas antropogenik secara terus-menerus.

Konsentrasi logam berat dalam tubuh ikan sering kali mencerminkan tingkat pencemaran lingkungan air, bahkan akumulasi dalam tubuh ikan dapat lebih tinggi dibandingkan media air akibat paparan kronis.²¹ Logam berat dalam jangka waktu tertentu tersebut akan terakumulasi dalam tubuh ikan melalui proses bioakumulasi. Air sebagai media hidup utama ikan berperan besar dalam proses masuknya logam berat ke dalam tubuh ikan. Kadmium yang berasal dari lindi TPA dapat masuk ke kolam melalui rembesan tanah, infiltrasi, limpasan permukaan, maupun aliran air hujan yang membawa kontaminan dari timbunan sampah. Ketika logam berat masuk ke badan air, kadmium dapat berada dalam bentuk terlarut maupun terikat pada partikel sedimen, sehingga dapat terserap oleh ikan melalui berbagai jalur biologis.

Analisis Kandungan Tembaga (Cu) pada Sampel Ikan Nila

Hasil penelitian yang diuji pada ikan nila menunjukkan bahwa meskipun kadar Cu air relatif tinggi, akumulasi Cu pada ikan nila masih rendah dibandingkan batas aman. Kondisi ini disebabkan sifat Cu sebagai logam esensial yang diatur melalui mekanisme homeostasis biologis. Ikan nila atau *Oreochromis niloticus* memiliki kemampuan fisiologis untuk mengatur kebutuhan Cu tubuh pada kisaran tertentu, dan kelebihan Cu akan lebih banyak terdistribusi pada hati, usus, atau insang dibandingkan langsung terakumulasi pada daging. Studi tersebut menunjukkan bahwa kadar Cu tubuh ikan meningkat seiring paparan, namun sistem metabolik dapat menahan akumulasi berlebih pada jaringan konsumsi selama paparan belum melampaui kapasitas toksik.

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak dan Pattipeiluhu yang melaporkan bahwa kadar Cu pada air dan ikan nila di perairan tercemar dapat melebihi baku mutu lingkungan maupun batas aman konsumsi akibat paparan pencemar yang berlangsung secara terus-menerus.^{22,23} Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kadar Cu pada media perairan berpotensi memicu bioakumulasi pada ikan. Pada penelitian ini, meskipun kadar Cu pada air kolam telah melebihi baku mutu, seluruh sampel ikan nila masih memiliki kadar Cu di bawah batas maksimum yang diperbolehkan. Namun demikian, keberadaan Cu pada seluruh sampel menunjukkan bahwa proses transfer logam berat dari lingkungan perairan ke organisme akuatik tetap terjadi.

Ikan nila dapat mengakumulasi kadmium melalui tiga jalur utama, yaitu melalui insang saat proses respirasi, melalui saluran pencernaan dari makanan atau plankton yang terkontaminasi, serta melalui kontak langsung dengan sedimen dasar kolam. Proses ini dikenal sebagai bioakumulasi, yaitu penumpukan zat pencemar dalam tubuh organisme akibat paparan terus-menerus dari lingkungan. Logam berat dalam perairan tidak hanya berada di kolam air tetapi juga terdistribusi dalam sedimen dan biota, sehingga ikan yang hidup di perairan tercemar akan terus menerima paparan meskipun kadar dalam air berfluktuasi. Hal ini menjelaskan mengapa ikan nila pada seluruh kolam tetap menunjukkan kandungan Cd meskipun kadar air pada kolam III lebih rendah dibandingkan dengan kolam yang lebih dekat.

Kadar kadmium (Cd) pada ikan nila dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan kadar tembaga (Cu). Perbedaan ini dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing logam. Kadmium merupakan logam non-esensial yang tidak memiliki fungsi biologis sehingga cenderung terakumulasi dalam jaringan ikan dan memiliki laju eliminasi yang rendah. Sebaliknya, tembaga merupakan logam esensial yang dibutuhkan dalam berbagai proses fisiologis sehingga tubuh ikan memiliki mekanisme homeostasis untuk mengatur penyerapan, penyimpanan, dan ekskresinya.²⁴ Akibatnya, akumulasi Cu dalam tubuh ikan cenderung lebih rendah dibandingkan Cd. Temuan ini menunjukkan bahwa Cd memiliki potensi bioakumulasi yang lebih tinggi pada ikan nila, sehingga berisiko memberikan dampak yang lebih besar terhadap kesehatan organisme maupun konsumen apabila paparan berlangsung dalam jangka panjang.

KESIMPULAN & SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa air kolam budidaya ikan nila di sekitar TPA Terjun telah tercemar logam berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu), yang ditandai dengan kadar kedua logam melebihi baku mutu air kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 pada seluruh sampel air. Kandungan Cd dan Cu cenderung lebih tinggi pada kolam yang berlokasi lebih dekat dengan TPA. Selain itu, Cd dan Cu terdeteksi pada seluruh sampel ikan nila (*Oreochromis niloticus*), yang mengindikasikan terjadinya transfer logam berat dari lingkungan perairan ke organisme akuatik. Kadar Cd pada sebagian sampel ikan telah melebihi batas maksimum cemaran logam berat berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022, sedangkan kadar Cu masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan dalam SK Dirjen POM Nomor 037/25/B/SK/VII/1989. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas TPA Terjun berpotensi memengaruhi kualitas perairan dan memicu bioakumulasi logam berat pada ikan nila yang dibudidayakan di sekitarnya. Pemerintah daerah perlu meningkatkan pengelolaan TPA Terjun, terutama melalui pengendalian air lindi dan penerapan sistem pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi risiko pencemaran logam berat. Pengelola kolam budidaya disarankan melakukan pemantauan kualitas air secara berkala dan mengurangi potensi masuknya air tercemar ke kolam. Selain itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk menganalisis kandungan logam berat pada organ ikan yang dikonsumsi masyarakat serta menilai risiko kesehatan akibat konsumsi ikan yang berasal dari kawasan sekitar TPA Terjun.

KONTRIBUSI PENULIS

DA bertanggung jawab atas pelaksanaan penelitian, mulai dari persiapan penelitian, penentuan lokasi, pengambilan sampel air kolam dan ikan nila, pelaksanaan pengujian laboratorium, pengumpulan dan pengolahan data, analisis hasil, hingga penyusunan manuskrip. SMI berperan memberikan arahan, analisis hasil selama proses penelitian, serta memberikan masukan dalam interpretasi hasil dan peninjauan manuskrip. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip. DA= Debora Anatasya; SMI= Sri Malem Indirawati.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI

Proses penyusunan dan penyuntingan manuskrip ini, penulis menggunakan ChatGPT (GPT-6, OpenAI) untuk membantu perbaikan tata bahasa, penyusunan kalimat akademik, dan penyempurnaan redaksi manuskrip. Penggunaan alat ini terbatas pada bantuan penulisan dan tidak menggantikan pelaksanaan penelitian, pemeriksaan laboratorium, maupun analisis data penelitian. Penulis telah

meninjau dan menyunting keluaran yang dihasilkan sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas keakuratan data, interpretasi hasil, dan seluruh isi manuskrip yang dipublikasikan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini dilaksanakan tanpa dukungan pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, swasta, maupun organisasi lainnya. Semua biaya ditanggung oleh penulis pertama.

KETERSEDIAAN DATA

Data yang mendukung temuan penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan yang wajar kepada penulis korespondensi.

REFERENSI

1. Wang J, Qiao Z. A Comprehensive Review of Landfill Leachate Treatment Technologies. *Frontiers Environmental Science*. 2024;12:1-8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1439128>
2. Widyaningsih SD, Abida IW, Pramithasari FA, Afifa FH. Kajian Kandungan Logam Berat Kadmium pada Air Sedimen dan Ikan Bawal (*Pampus argenteus*) di Tempat Pelelangan Ikan Branta Kabupaten Pamekasan. *JUVENIL: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 2022;3(4):100-119. <http://doi.org/10.21107/juvenil.v3i4.17564>
3. Wahyuni S, Endah R, Prasetyo A. Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air Sekitar TPA Supit Urang Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2022;20(3):201-210. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2020.23.1.5>
4. Dwi A. Penurunan Toksisitas Air Lindi dan Efek Patologis Insang pada Ikan Nila Merah Indramayu. 2022;4(2):13-15. <https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/konten/>
5. Tiwow VA, Rampe MJ. Analisis Kandungan Logam Berat Tanah TPA Antang Makassar Menggunakan Metode XRF. *J LP2M-Universitas Negeri Makassar*. 2022;1999-2006. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/40661/19464>
6. Qian Y, Hu P, Lang-Yona N, Xu M, Guo C, Gu J. Global Landfill Leachate Characteristics: Occurrences and Abundances of Environmental Contaminants and The Microbiome. *Journal of Hazardous Materials*. 2024;461(132446):42-54. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132446>
7. Yattoo AM, Hamid B, Ali TA, Shafat S, Bhat SA, Ramola S, dkk. Global Perspective of Municipal Solid Waste and Landfill Leachate: Generation, Composition, Eco-Toxicity, and Sustainable Management Strategies. *Environmental Science and Pollution Research*. 2024;31:23363–23392. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32669-4>
8. Gusri L, Yanova S, Gayatri I. Tingkat Pencemaran Logam Cd, Fe, Cr dan Cu Air Sumur Gali di Eks-TPA Talang Gulo Kota Jambi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2024;11(2):322-335. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.2.3>
9. Ramadhan AD, Maksuk M, Yulianto Y. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air Sumur Gali Masyarakat di Sekitar TPA Sukawinatan. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*. 2022;2(1):45-50. <https://doi.org/10.36086/jsl.v2i1.866>
10. Prastitianti D, Purwanti IF. Kajian Fitoremediasi Air Tanah Tercemar Lindi TPA dengan Kandungan Logam (Studi Kasus: Fitoremediasi Fe dan Besi di Lahan Bekas TPA Keputih). *Jurnal Purifikasi*. 2024;23(2):17-26. <https://doi.org/10.12962/purifikasi.v23i1.457>
11. Pulungan AF, Wahyuni S. Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Minum Isi Ulang (AMIU) di Kota Lhokseumawe, Aceh. *Averrous Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*. 2021;7(1):75-83. <https://doi.org/10.29103/averrous.v7i1.3666>
12. Pratiwi DY. Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom)

- Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Akuatek Journal*. 2020;1(1):59-65. <https://doi.org/10.24198/akuatek.v1i1.28135>
13. Habib SS, et al. Assessment and Bioaccumulation of Heavy Metals in water, Fish (Wild and Farmed) and Associated Human Health Risk. *Biological Trace Element Research*. 2024;202:725-735. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03703-2>
 14. Andini. Analisis Spasial Sebaran Logam Berat Pb dan Cd pada air sumur di sekitar TPA Terjun, Medan Marelan. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara; 2024. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/110722>
 15. Effendi. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta; 2004.
 16. Wahyu, T., Nugroho, A., & Lestari P. Leachate Impact on Heavy Metal Concentration in Surrounding Water Bodies Near Landfill Sites. *J Environ Manag Sustain*. 2021;9(2):67-76.
 17. Hasibuan H, Simarmata CR, Purba YMS, Sari YA, Khair H, Rahayu SA, dkk. Evaluation of The Leachate Treatment System from The Terjun Landfill Based on Toxicity Values Using Goldfish (*Cyprinus carpio L.*) and Water Fleas (*Daphnia sp.*) as Test Organisms. *Journal Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation Bioflux*. 2025;18(6):2787-2799. <https://bioflux.com.ro/docs/2025.2787-2799.pdf>
 18. Sari NP, Marlina E. Persistence and Distribution of Cadmium in Aquatic Ecosystems Near Solid Waste Disposal Sites. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2020;19(3):155-163. <https://doi.org/10.24252/jpf.v10 i1.25335>
 19. Jailuang S, Saipan P. Heavy Metal Contamination and Bioaccumulation in Tilapia Cultured Near Landfill Areas. *Aquac Reports*. 2023;28(1):78-87.
 20. Sari DP, Handayani DS, Nugroho A. Analisis Kandungan Logam Berat pada Lindi dan Badan Air Sekitar TPA Piyungan Yogyakarta. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*. 2023;7(2):115-126.
 21. Aini N, Rahmawati D, Hidayat A. Bioaccumulation of Cadmium in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Contaminated Aquaculture Waters in Indonesia. *J Kesehat Lingkung Indones*. 2021;20(3):145-154.
 22. Simanjuntak, Aryawan, Dewi. Bioaccumulation of Cadmium and Copper in Tilapia from Freshwater Aquaculture Ecosystems. *Indones J Environ Heal*. 2025;24(1):55-67. <https://doi.org/10.54174/yvffey36>
 23. Pattipeiluhu, S. M., Fendjalang SNM. Heavy Metal Contamination in Freshwater and Marine Tilapia Culture in The Waters of Poka, Ambon Bay, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 2024;28(6):1539-1553. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2024.397159>
 24. Akbar SA, Rahayu HK. Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan di Perairan Indonesia: Tinjauan Literatur. *Lantanida Journal*. 2023;11(1):51-65. <https://doi.org/10.22373/lj.v11i1.17834>