

ANALISIS KANDUNGAN KADMIUM (Cd) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN TELUK TOTOK, MINAHASA TENGGARA

Glorya Claritha Mongkau¹, Sri Seprianto Maddusa², Jane M.F. Tahulending³

^{1, 2, 3}Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Bahu, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

Email: glorya.mongkau121@student.unsrat.ac.id

Article History

Received: 17-04-2026

Revision: 01-06-2026

Accepted: 09-06-2026

Published: 14-06-2026

Abstract. Heavy metal contamination in coastal waters is an environmental issue that affects ecosystem balance and public health. Cadmium (Cd) is a non-essential heavy metal that is toxic, persistent, and has the potential to accumulate in aquatic sediments. This study aimed to analyze cadmium (Cd) concentrations in sediments from Totok Bay and compare the results with the applicable sediment quality standards. A quantitative descriptive design was employed using field surveys and laboratory analyses. Sediment samples were collected from 16 sampling points using a purposive sampling method at a depth of 10–15 cm. Cadmium concentrations were analyzed using the Inductively Coupled Plasma (ICP) method at the Makassar Public Health Laboratory. The results showed that cadmium concentrations in all 16 sediment samples were below the instrument detection limit (<0.00003 mg/kg). These values were far below the NOAA Sediment Quality Guidelines threshold of 36.6 mg/kg, indicating that all samples met environmental safety requirements. In conclusion, sediments in Totok Bay have not been contaminated with cadmium at levels that pose a risk to the ecosystem or public health. Nevertheless, periodic monitoring remains necessary due to ongoing mining activities in the surrounding area. This study was limited to the analysis of cadmium in sediment media only. Future studies are recommended to investigate other heavy metals and include water and aquatic biota as environmental media to support more comprehensive environmental monitoring.

Keywords: Cadmium, Heavy Metals, Sediment, Totok Bay, Water Pollution

Abstrak. Pencemaran logam berat di wilayah perairan pesisir merupakan isu lingkungan yang berdampak terhadap keseimbangan ekosistem dan kesehatan masyarakat. Kadmium (Cd) merupakan logam berat non-esensial yang bersifat toksik, persisten, dan berpotensi terakumulasi dalam sedimen perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Teluk Totok dan membandingkannya dengan baku mutu yang berlaku. Penelitian menggunakan desain deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei lapangan dan analisis laboratorium. Sampel sedimen diambil dari 16 titik menggunakan metode *purposive sampling* pada kedalaman 10-15 cm. Analisis kadar kadmium dilakukan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* (ICP) di Laboratorium Kesmas Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kadmium pada seluruh 16 titik sampel sedimen berada di bawah batas deteksi alat, yakni $<0,00003$ mg/kg. Nilai tersebut jauh di bawah ambang batas baku mutu NOAA *Sediment Quality Guidelines* sebesar 36,6 mg/kg, yang berarti seluruh sampel dinyatakan memenuhi syarat keamanan lingkungan. Kesimpulannya, sedimen di perairan Teluk Totok belum mengalami pencemaran kadmium pada level yang membahayakan ekosistem maupun kesehatan masyarakat. Meskipun demikian, pemantauan berkala tetap diperlukan mengingat aktivitas pertambangan yang berlangsung di sekitar kawasan tersebut. Penelitian ini terbatas pada analisis kadmium pada media sedimen. Penelitian selanjutnya disarankan menganalisis logam berat lain serta melibatkan air dan biota perairan untuk mendukung pemantauan lingkungan secara menyeluruh.

Kata Kunci: Kadmium, Logam Berat, Sedimen, Teluk Totok, Pencemaran Perairan

How to Cite: Mongkau, G. C., Maddusa, S. S., & Tahulending, J. M. F. (2026). Analisis Kandungan Kadmium (Cd) pada Sedimen di Perairan Teluk Totok, Minahasa Tenggara. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (3), 1990-1998. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i3.5388>

PENDAHULUAN

Perairan pesisir merupakan ekosistem yang rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan akibat aktivitas antropogenik. Salah satu permasalahan lingkungan yang menjadi perhatian global adalah pencemaran logam berat karena sifatnya yang persisten, tidak dapat terdegradasi secara biologis, serta mampu terakumulasi dalam organisme dan lingkungan perairan (Jomova et al., 2025; Febria et al., 2023). Logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan arsen (As) dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan serta menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam rantai makanan.

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat non-esensial yang memiliki tingkat toksisitas tinggi dan tidak memiliki fungsi fisiologis bagi tubuh manusia. Keberadaan kadmium di lingkungan perairan umumnya berasal dari aktivitas pertambangan, peleburan logam, penggunaan pupuk fosfat, pembakaran bahan bakar fosil, serta limbah industri (Adhani & Husaini, 2017; Maulina et al., 2024). Paparan kadmium dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius, antara lain kerusakan ginjal, gangguan fungsi hati, gangguan sistem tulang, serta peningkatan risiko penyakit kronis dan kanker (Ismarti et al., 2023; Usman et al., 2025). Di lingkungan perairan, sedimen berfungsi sebagai tempat akumulasi utama berbagai jenis logam berat.

Kemampuan sedimen mengikat partikel logam menjadikannya indikator penting dalam penilaian kualitas lingkungan perairan. Logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat mengalami remobilisasi akibat perubahan kondisi fisikokimia perairan, seperti perubahan pH, salinitas, suhu, dan potensial redoks, sehingga berpotensi kembali mencemari kolom air (Rumhayati, 2019; Milasari et al., 2023). Oleh karena itu, analisis kandungan logam berat pada sedimen diperlukan untuk memperoleh gambaran kondisi pencemaran lingkungan secara lebih komprehensif.

Teluk Totok yang terletak di Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Sulawesi Utara, merupakan kawasan pesisir yang berada di sekitar wilayah aktivitas pertambangan emas. Selain memiliki nilai ekologis yang penting, kawasan ini juga dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber mata pencaharian melalui kegiatan perikanan tangkap dan pemanfaatan sumber daya laut lainnya. Keberadaan aktivitas pertambangan di sekitar wilayah pesisir menimbulkan kekhawatiran terhadap kemungkinan masuknya logam berat ke lingkungan perairan melalui limpasan permukaan, erosi lahan, maupun pembuangan limbah hasil kegiatan pertambangan.

Data kesehatan dari Puskesmas Ratatotok pada periode 2023–2025 menunjukkan adanya berbagai keluhan kesehatan pada masyarakat, seperti dispepsia, gastritis, dan beberapa keluhan nonspesifik lainnya yang berpotensi dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Meskipun hubungan sebab-akibat antara keluhan kesehatan tersebut dan pencemaran logam berat belum dapat dipastikan, kondisi ini menunjukkan pentingnya upaya pemantauan kualitas lingkungan sebagai langkah pencegahan dan pengendalian risiko kesehatan masyarakat.

Hingga saat ini, informasi ilmiah mengenai kandungan kadmium pada sedimen di perairan Teluk Totok masih sangat terbatas. Keterbatasan data tersebut menyebabkan belum tersedianya informasi dasar (*baseline data*) yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi lingkungan perairan secara berkelanjutan, khususnya di kawasan yang berada di sekitar aktivitas pertambangan emas. Padahal, data dasar mengenai kandungan logam berat pada sedimen sangat penting untuk mendukung program pemantauan lingkungan dan pengambilan kebijakan berbasis bukti. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kandungan kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Teluk Totok serta membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu sedimen yang berlaku. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi informasi ilmiah awal mengenai kondisi kualitas lingkungan perairan Teluk Totok dan menjadi dasar bagi kegiatan pemantauan serta pengelolaan lingkungan pesisir di masa mendatang.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei lapangan dan analisis laboratorium. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis kondisi pencemaran kadmium di perairan Teluk Totok secara objektif berdasarkan data terukur. Penelitian dilaksanakan di Teluk Totok, Kecamatan Ratatotok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Desember 2025, sedangkan analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Masyarakat (Labkesmas) Makassar. Objek penelitian adalah sedimen dasar perairan di Teluk Totok. Penentuan titik pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kedekatan lokasi terhadap sumber pencemar potensial, meliputi muara sungai, kawasan pertambangan, serta aktivitas dermaga. Sebanyak 16 titik pengambilan sampel ditetapkan berdasarkan distribusi spasial yang representatif terhadap kondisi perairan Teluk Totok secara keseluruhan. Koordinat setiap titik sampel ditentukan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS) untuk memastikan ketepatan lokasi.

Sampel sedimen diambil pada kedalaman 10-15 cm dari dasar perairan menggunakan alat bantu paralon steril. Setelah pengambilan, sampel disimpan dalam botol steril yang telah diberi label dan dimasukkan ke dalam cool box untuk menjaga kualitas sampel selama transportasi. Prosedur pengambilan sampel mengikuti standar teknis yang berlaku agar integritas sampel tetap terjaga. Setelah tiba di laboratorium, sampel sedimen dikeringkan menggunakan oven pada suhu rendah, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan berat minimal 100 gram, dan selanjutnya dikemas dalam plastik *zipper lock* untuk dikirim ke Labkesmas Makassar.

Analisis kadar kadmium (Cd) dalam sampel sedimen dilakukan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Metode ICP dipilih karena memiliki sensitivitas tinggi, akurasi yang baik, dan mampu mendeteksi kadar logam berat dalam konsentrasi sangat rendah secara simultan. Batas deteksi alat (*limit of detection/LOD*) untuk kadmium pada metode ICP yang digunakan adalah 0,00003 mg/kg. Data hasil analisis laboratorium disajikan dalam bentuk tabel distribusi dan dianalisis secara deskriptif dengan cara membandingkan nilai kadar kadmium yang terukur dengan nilai ambang batas baku mutu yang berlaku. Standar baku mutu yang digunakan sebagai acuan adalah NOAA *Sediment Quality Guidelines* dengan nilai ambang batas kadmium pada sedimen sebesar 36,6 mg/kg. Penelitian ini telah mendapatkan izin penelitian dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado dan dilaksanakan dengan memperhatikan aspek etika penelitian.

Tabel 1. Titik dan koordinat pengambilan sampel sedimen di Teluk Totok

Titik Sampel	Koordinat GPS	Jenis Sampel
Titik 1	0°52'8,502"N 124°42'45,342"E	Sedimen
Titik 2	0°52'8,298"N 124°42'45,378"E	Sedimen
Titik 3	0°52'8,130"N 124°42'45,372"E	Sedimen
Titik 4	0°52'8,286"N 124°42'45,270"E	Sedimen
Titik 5	0°52'8,148"N 124°42'45,264"E	Sedimen
Titik 6	0°52'7,968"N 124°42'45,336"E	Sedimen
Titik 7	0°52'7,884"N 124°42'45,228"E	Sedimen
Titik 8	0°52'7,656"N 124°42'45,216"E	Sedimen
Titik 9	0°51'53,466"N 124°42'31,740"E	Sedimen
Titik 10	0°51'53,460"N 124°42'31,770"E	Sedimen
Titik 11	0°51'55,254"N 124°42'33,276"E	Sedimen
Titik 12	0°51'57,768"N 124°42'34,488"E	Sedimen
Titik 13	0°52'0,780"N 124°42'36,432"E	Sedimen
Titik 14	0°52'2,592"N 124°42'37,506"E	Sedimen
Titik 15	0°52'6,570"N 124°42'38,796"E	Sedimen
Titik 16	0°52'8,352"N 124°42'39,192"E	Sedimen

Sumber: Data primer penelitian, 2025

HASIL

Berdasarkan analisis laboratorium menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* (ICP), diperoleh hasil bahwa kadar kadmium (Cd) pada seluruh 16 titik sampel sedimen di Teluk Totok berada di bawah batas deteksi alat, yaitu $<0,00003$ mg/kg. Tidak ada satu pun titik sampel yang menunjukkan kadar kadmium yang dapat terdeteksi secara kuantitatif oleh instrumen. Secara lebih rinci, hasil pengukuran kadar kadmium pada masing-masing titik sampel sedimen disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kadar kadmium (Cd) pada sedimen di Teluk Totok tahun 2025

Titik Sampel	Kadar Cd (mg/kg)	Baku Mutu NOAA (mg/kg)	Keterangan
Titik 1	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 2	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 3	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 4	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 5	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 6	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 7	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 8	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 9	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 10	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 11	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 12	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 13	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 14	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 15	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat
Titik 16	$< 0,00003$ mg/kg	36,6 mg/kg	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisis Laboratorium Kesmas Makassar, 2025

Berdasarkan Tabel 2, seluruh sampel sedimen menunjukkan kadar kadmium di bawah ambang batas deteksi alat ($<0,00003$ mg/kg). Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu NOAA *Sediment Quality Guidelines* sebesar 36,6 mg/kg, maka seluruh titik sampel berada jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan. Perbedaan antara hasil pengukuran dengan nilai baku mutu mencapai lebih dari 1.000.000 kali lipat, yang mengindikasikan bahwa perairan Teluk Totok secara keseluruhan memenuhi persyaratan keamanan lingkungan dari sisi kandungan kadmium pada sedimen.

DISKUSI

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Teluk Totok berada di bawah batas deteksi alat ($<0,00003$ mg/kg), jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh NOAA *Sediment Quality Guidelines* sebesar 36,6 mg/kg. Temuan ini mengindikasikan bahwa pada saat penelitian dilakukan, belum terjadi akumulasi kadmium yang signifikan dan membahayakan pada sedimen perairan tersebut.

Rendahnya kadar kadmium pada sedimen Teluk Totok dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme ekologis dan fisikokimia. Pertama, karakteristik hidrodinamika Teluk Totok yang berhadapan langsung dengan laut terbuka memungkinkan terjadinya sirkulasi arus yang aktif, sehingga partikel logam berat yang masuk ke perairan cenderung terdilusi dan terdispersi sebelum sempat mengendap secara signifikan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Noviansyah, Batu, & Setyobudiandi (2021) bahwa kadar kadmium yang rendah pada sedimen dapat terjadi karena logam Cd mudah berpindah dari dasar perairan ke kolom air akibat pengaruh arus dan ketersediaan oksigen di bagian dasar perairan. Kedua, masukan beban pencemar dari aktivitas pertambangan di sekitar kawasan mungkin belum mencapai tingkat yang cukup untuk melampaui kapasitas pengenceran alami perairan teluk.

Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian serupa yang dilakukan di wilayah pesisir Indonesia. Penelitian Maulina, Pringgenies, & Haryanti (2024) di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang, melaporkan kadar kadmium pada sedimen sebesar $<0,050$ mg/kg yang juga masih berada dalam batas aman. Demikian pula, penelitian di perairan Pulau Sedanau, Kabupaten Natuna, mendapatkan kadar kadmium pada sedimen berkisar 1,4223-1,4551 mg/kg, yang meskipun terdeteksi secara kuantitatif, nilainya masih berada di bawah ambang batas baku mutu (Linda et al., 2023). Lebih lanjut, penelitian Martind & Wiratno (2025) di kawasan mangrove Wonorejo, Surabaya, menemukan kadar kadmium pada sedimen antara 0,224 hingga 0,403 ppm, yang juga masih di bawah ambang batas. Konsistensi hasil antar penelitian ini memperkuat argumen bahwa perairan Teluk Totok saat ini masih berada dalam kondisi aman dari sisi kandungan kadmium.

Sedimen memiliki peran ganda dalam ekosistem perairan, yakni sebagai penyerap (sink) sekaligus sebagai sumber pencemar potensial (Rumhayati, 2019). Logam berat yang terikat pada partikel sedimen umumnya sulit terlepas kembali ke kolom air dalam kondisi normal, namun perubahan parameter fisikokimia seperti pH, potensial redoks, salinitas, dan suhu dapat memicu remobilisasi logam tersebut (Milasari et al., 2023). Oleh karena itu, kondisi aman yang ditemukan saat ini tidak berarti bahwa perairan Teluk Totok bebas dari risiko pencemaran di masa mendatang.

Meskipun hasil penelitian ini menunjukkan kondisi yang aman, keberadaan aktivitas pertambangan emas di sekitar Teluk Totok tetap perlu mendapat perhatian serius. Penelitian Nur, Litaay, & Ambeng (2025) menegaskan bahwa logam berat Pb dan Cd yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan emas bersifat toksik bagi makhluk hidup dan dapat terakumulasi dalam biota perairan jika paparannya berlangsung secara berkelanjutan. Secara mekanistik, meskipun kadar kadmium saat ini masih sangat rendah, proses bioakumulasi dan

biomagnifikasi yang berlangsung dalam rantai makanan berpotensi meningkatkan konsentrasi efektif logam berat dalam tubuh organisme akuatik seiring berjalannya waktu (Pinontoan et al., 2025; Septya & Pauzi, 2024). Dari sisi kesehatan masyarakat, paparan kadmium dalam jangka panjang melalui konsumsi hasil laut yang terkontaminasi dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan yang serius. Girkallo, Joseph, & Maddusa (2022) menjelaskan bahwa kadmium dapat terakumulasi dalam hati dan ginjal, serta berpotensi menyebabkan gangguan paru-paru dan penyakit kronis pada tubulus ginjal meskipun pada konsentrasi rendah sekalipun. Sementara itu, Usman, Isa, & Mohamad (2025) melaporkan bahwa paparan kadmium dapat memicu kerusakan sistem saraf pusat, penurunan fungsi imun, gangguan reproduksi, serta kerusakan DNA yang berpotensi mengarah pada kejadian kanker.

Dalam konteks ini, fakta bahwa kadar kadmium saat ini masih di bawah batas deteksi tidak meniadakan urgensi pemantauan berkelanjutan. Pemantauan berkala diperlukan untuk mendeteksi sedini mungkin perubahan pola akumulasi logam berat yang mungkin terjadi seiring dengan intensifikasi aktivitas pertambangan. Pendekatan pemantauan yang proaktif, termasuk pengukuran pada berbagai media lingkungan (air, sedimen, biota), akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai status kualitas lingkungan perairan Teluk Totok dan potensi risikonya terhadap kesehatan masyarakat. Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengelolaan lingkungan pesisir di Teluk Totok. Rendahnya kandungan kadmium pada sedimen menunjukkan bahwa kondisi perairan masih berada dalam kategori aman berdasarkan baku mutu yang berlaku, sehingga dapat menjadi data dasar (baseline data) dalam program pemantauan kualitas lingkungan di masa mendatang. Selain itu, hasil ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah dan instansi terkait sebagai bahan pertimbangan dalam pengawasan aktivitas pertambangan serta penyusunan kebijakan pengelolaan wilayah pesisir berbasis pencegahan pencemaran. Dari aspek kesehatan masyarakat, temuan ini juga memberikan informasi awal mengenai rendahnya potensi paparan kadmium melalui lingkungan perairan pada saat penelitian dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kadar kadmium (Cd) pada seluruh 16 titik sampel sedimen di perairan Teluk Totok, Kabupaten Minahasa Tenggara, berada di bawah batas deteksi alat ($<0,00003$ mg/kg). Nilai tersebut jauh di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh NOAA *Sediment Quality Guidelines* sebesar 36,6 mg/kg. Dengan demikian, sedimen di perairan Teluk Totok pada saat penelitian

dilakukan belum mengalami pencemaran kadmium pada tingkat yang membahayakan kualitas lingkungan perairan maupun kesehatan masyarakat setempat. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, parameter yang dianalisis hanya terbatas pada logam berat kadmium (Cd), sehingga belum dapat menggambarkan kondisi pencemaran logam berat lainnya seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), dan arsen (As) yang juga berpotensi berasal dari aktivitas pertambangan. Kedua, penelitian hanya menggunakan media sedimen tanpa melibatkan analisis pada air maupun biota perairan, sehingga potensi bioakumulasi logam berat dalam rantai makanan belum dapat dievaluasi secara menyeluruh. Ketiga, pengambilan sampel dilakukan pada satu periode waktu sehingga belum mampu menggambarkan variasi temporal kandungan logam berat di perairan Teluk Totok.”

REKOMENDASI

Meskipun hasil penelitian menunjukkan kondisi aman, pemantauan kandungan logam berat pada sedimen dan biota perairan Teluk Totok perlu dilakukan secara berkala, terutama mengingat adanya aktivitas pertambangan emas di sekitar kawasan tersebut yang berpotensi meningkatkan beban pencemar di masa mendatang. Pemerintah daerah dan instansi terkait diharapkan dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai salah satu dasar pertimbangan dalam penyusunan kebijakan pengelolaan kualitas lingkungan perairan pesisir. Selain itu, Puskesmas setempat perlu meningkatkan edukasi kepada masyarakat mengenai risiko paparan logam berat melalui konsumsi hasil laut. Bagi peneliti berikutnya, disarankan untuk memperluas cakupan penelitian dengan menganalisis logam berat lainnya, melibatkan media air dan biota perairan, serta mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi distribusi dan mobilitas kadmium di perairan Teluk Totok secara lebih komprehensif.

REFERENSI

- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Alisa, C. A. G., & Faizal, I. (2020). Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Akuatika Indonesia*, 5(1), 21-26.
- Febria, F. A., Fitri, W. E., & Putra, A. (2023). *Bioremediasi Logam Berat: Metode Pemulihan Perairan Tercemar*. Suluah Kato Khatulistiwa.
- Girkallo, J., Joseph, W. B. S., & Maddusa, S. S. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Pasar Tradisional Kota Manado. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(2), 1-8.
- Hariyoto, F. D. (2021). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Seng (Zn) dan Merkuri (Hg) di Perairan Beserta Dampaknya bagi Produk Perikanan dan Kesehatan Manusia. *Buletin Matric*, 18(2), 39-46.

- Ismarti, I., Ramses, R., & Amelia, F. (2023). Akumulasi dan Distribusi Logam Berat di Pesisir Barat Pulau Batam. Batam: Universitas Riau Kepulauan.
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2025). Heavy Metals: Toxicity and Human Health Effects. *Archives of Toxicology*, 99(1), 153-209.
- Koons, A. L., & Rajasurya, V. (2023). Cadmium Toxicity. StatPearls [Online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Linda, R., Warsidah, W., & Kurniadi, B. (2023). Kandungan Kadmium (Cd) dalam Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Sedimen Asal Perairan Pulau Sedanau Kabupaten Natuna. *Jurnal Akuatiklestari*, 6(2), 195-199.
- Martind, D. Y., & Wiratno, E. N. (2025). Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan Akar Mangrove *Avicennia Marina* di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Water and Marine Pollution Journal: PoluSea*, 3(2), 32-44.
- Maulina, D. R. A., Pringgenies, D., & Haryanti, D. (2024). Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang. *Journal of Marine Research*, 13(1), 20-28.
- Milasari, S., Arviani, I. A., Pranata, A. H., & Hidayati, N. V. (2023). Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Sedimen di Sungai Pelus Kabupaten Banyumas. *MAIYAH*, 2(2), 85-98.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2022). Sediment Quality Guidelines Developed for the National Status and Trends Program. NOAA Technical Memorandum. Seattle, Washington.
- Noviansyah, E., Batu, D. T. F. L., & Setyobudiandi, I. (2021). Kandungan Logam Kadmium (Cd) pada Air Laut, Sedimen, dan Kerang Hijau di Perairan Tambak Lorok dan Perairan Morosari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 128-135.
- Nur, S., Litaay, M., & Ambeng. (2025). Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Biota Perairan di Kawasan Pertambangan Emas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(1), 45-53.
- Pinontoan, O. R., Mawo, F. H. M., Dwiseli, F., & Lopian, L. G. (2025). Pencemaran Khusus Logam Berat Lingkungan. Yayasan Bina Lentera Insan.
- Rahmadani, T. B. C., & Diniariwisan, D. (2023). Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) di Perairan dan Dampak terhadap Ikan. *Jurnal Ganec Swara*, 17(2).
- Rajkumar, V., Lee, V. R., & Gupta, V. (2023). Heavy Metal Toxicity. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Robi, R., Aritonang, A., & Sofiana, M. S. J. (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.
- Rumhayati, B. (2019). Sedimen Perairan: Kajian Kimiawi, Analisis, dan Peran. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Septya, R., & Pauzi, G. A. (2024). Bioakumulasi Logam Berat pada Organisme Perairan. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 112-120.
- Soegianto, A. (2023). Pencemaran Lingkungan: Sumber dan Dampaknya. Surabaya: Airlangga University Press.
- Usman, A., Isa, R., & Mohamad, H. (2025). Cadmium Exposure and Health Effects: A Comprehensive Review. *Environmental Health Perspectives*, 133(2), 25-38.
- Widyaningsih, S. D., Abida, I. W., Pramithasari, F. A., & Afifa, F. H. (2022). 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*, 3(4), 100-109.