

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT ARSENIK (As), TIMBAL (Pb), DAN KADMIUM (Cd) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN PELABUHAN PERIKANAN SAMUDERA BITUNG

Nazwa Adam, Ricky C. Sondakh, Paul A. T. Kawatu

Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Sam Ratulangi
Email Korespondensi: nazwaadam2004@gmail.com

Abstract

Port activities, the fishing industry, and maritime transportation in the Bitung Ocean Fishing Port area have the potential to cause heavy metal pollution in the waters. Heavy metals such as arsenic (As), lead (Pb), and cadmium (Cd) can accumulate in sediments and endanger ecosystems and human health. This study aimed to determine the levels and distribution of heavy metals As, Pb, and Cd in sediments at the Bitung Ocean Fishing Port based on ANZECC standards. The study used a quantitative descriptive method with a laboratory analysis approach. Surface sediment samples were taken at three locations using purposive sampling and analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed As levels ranging from 3.55–4.79 mg/kg, Cd 0.005–0.2 mg/kg, and Pb 1.69–3.14 mg/kg. All results were below the ANZECC quality standards, indicating that the sediment conditions in the waters of the Bitung Ocean Fishing Port are still considered safe and do not show significant heavy metal pollution.

Keywords: Arsenic, Lead, Cadmium, Sediment, Bitung Ocean Fishing Port

Abstrak

Aktivitas pelabuhan, industri perikanan, dan transportasi laut di kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung berpotensi menyebabkan pencemaran logam berat di perairan. Logam berat seperti Arsen (As), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dapat terakumulasi pada sedimen dan membahayakan ekosistem maupun kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar dan penyebaran logam berat As, Pb, dan Cd pada sedimen di Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung berdasarkan standar ANZECC. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis laboratorium. Sampel sedimen permukaan diambil pada tiga titik menggunakan metode purposive sampling dan dianalisis menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil penelitian menunjukkan kadar As berkisar 3,55–4,79 mg/kg, Cd 0,005–0,2 mg/kg, dan Pb 1,69–3,14 mg/kg. Seluruh hasil masih berada di bawah baku mutu ANZECC, sehingga kondisi sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung masih tergolong aman dan belum menunjukkan pencemaran logam berat yang signifikan.

Kata Kunci: Arsenik, Timbal, Kadmium, Logam Berat, Sedimen, PPS Bitung

PENDAHULUAN

Ekosistem merupakan suatu kesatuan yang terbentuk melalui interaksi antara komponen biotik dan abiotik dalam suatu lingkungan. Interaksi tersebut memungkinkan berlangsungnya berbagai proses ekologis yang mendukung keseimbangan dan keberlangsungan kehidupan. Namun, keseimbangan ekosistem dapat terganggu akibat berbagai faktor, salah satunya adalah pencemaran lingkungan. Pencemaran terjadi ketika

zat, energi, atau komponen lain masuk ke lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan dan mengganggu fungsi ekosistem. Pencemaran dapat terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia (Sahabuddin, 2015).

Perkembangan aktivitas industri, transportasi, perikanan, dan pemukiman di wilayah pesisir telah meningkatkan risiko pencemaran perairan, terutama oleh logam berat. Logam berat merupakan kelompok polutan yang mendapat perhatian khusus karena bersifat toksik, persisten, sulit terdegradasi, dan dapat terakumulasi dalam lingkungan maupun organisme hidup (Rusnam & Efrizal, 2020). Di lingkungan perairan, logam berat cenderung terikat pada partikel tersuspensi dan akhirnya mengendap pada sedimen sehingga sedimen sering digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran suatu perairan (Rumoe et al., 2022).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pelabuhan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi logam berat di lingkungan perairan. Penelitian Liana, Jabbar, dan Nurhudah (2024) di Pelabuhan Perikanan Muara Angke, Jakarta Utara menunjukkan bahwa kadar kadmium (Cd) pada seluruh titik pengamatan sebesar 0,0002 mg/L dan kadar timbal (Pb) sebesar 0,02 mg/L, yang masih berada di bawah baku mutu perairan. Meskipun demikian, kondisi perairan dikategorikan sebagai perairan yang mulai mengalami pencemaran sehingga diperlukan upaya perbaikan kualitas lingkungan secara berkelanjutan. Berbeda dengan kondisi tersebut, penelitian Yolanda, Komarudin, Mawardin, dan Andareswari (2022) di Pelabuhan Belawan, Sumatera Utara menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) pada sedimen berkisar antara 15,5–68,43 mg/kg dan kadmium (Cd) berkisar antara 0,9–2,1 mg/kg. Beberapa lokasi bahkan telah melampaui nilai ambang batas sedimen menurut Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC). Tingginya konsentrasi logam berat tersebut diduga berasal dari aktivitas pelabuhan seperti lalu lintas kapal, kegiatan bongkar muat, limpasan bahan bakar dan oli, serta limbah industri dan domestik di sekitar kawasan pelabuhan.

Temuan serupa dilaporkan oleh Maulina, Pringgenies, dan Haryanti (2024) yang meneliti kandungan logam berat pada sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar timbal (Pb) pada sedimen mencapai 23,87 mg/kg di Pantai Trimulyo dan 49,16 mg/kg di Pantai Tirang, sedangkan kadar kadmium (Cd) berada di bawah 0,050 mg/kg. Tingginya kadar timbal pada kedua lokasi tersebut dikaitkan dengan keberadaan kawasan industri yang menjadi sumber

utama pencemaran logam berat.

Pelabuhan merupakan kawasan strategis yang berfungsi sebagai tempat bersandar kapal, kegiatan bongkar muat, distribusi barang, serta aktivitas ekonomi lainnya yang berpotensi menghasilkan limbah pencemar (Mulyono, 2018). Salah satu pelabuhan perikanan terbesar di Indonesia Timur adalah Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bitung yang berlokasi di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. PPS Bitung merupakan pusat perikanan tuna nasional yang melayani berbagai aktivitas perikanan tangkap, pengolahan hasil perikanan, distribusi produk perikanan, serta kegiatan operasional kapal perikanan dalam skala besar (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2026). Tingginya aktivitas tersebut berpotensi meningkatkan beban pencemaran lingkungan, termasuk pencemaran logam berat pada perairan dan sedimen di sekitar kawasan pelabuhan. Selain aktivitas pelabuhan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sedimen memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat dalam konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan media air. Afifudin, Wulandari, dan Irawanto (2024) melaporkan bahwa beberapa sungai di Pulau Jawa menunjukkan kandungan logam berat yang relatif rendah pada air, namun konsentrasi logam berat pada sedimen jauh lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sedimen berfungsi sebagai tempat akumulasi berbagai polutan yang masuk ke badan perairan sehingga dapat menjadi sumber pencemaran sekunder bagi organisme akuatik.

Keberadaan logam berat arsen (As), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) di lingkungan perairan perlu mendapat perhatian serius karena dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Arsen diketahui bersifat toksik dan karsinogenik yang dapat meningkatkan risiko kanker kulit, paru-paru, hati, dan kandung kemih. Paparan timbal dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, penurunan fungsi kognitif, hipertensi, gangguan reproduksi, dan kerusakan ginjal. Sementara itu, kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh dan menyebabkan kerusakan ginjal, gangguan metabolisme tulang, serta berbagai gangguan kesehatan kronis lainnya (Rusnam & Efrizal, 2020). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kandungan logam berat arsen (As), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) pada sedimen di perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi pencemaran logam berat di kawasan pelabuhan, menjadi dasar bagi kegiatan pemantauan lingkungan secara berkala, serta

mendukung pengambilan kebijakan dalam upaya pengendalian pencemaran dan pengelolaan lingkungan pesisir yang berkelanjutan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan pendekatan deskriptif laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat arsenik (As), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) pada sedimen yang diperoleh dari perairan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bitung. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran konsentrasi logam berat terhadap batas maksimum cemaran logam berat yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Penelitian dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung, Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Pengambilan sedimen dilakukan pada bulan Januari 2026, sedangkan analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Pengujian (Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri) menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sedimen dasar perairan yang terdapat di wilayah Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. Sampel penelitian berupa sedimen permukaan (5–10 cm) yang diambil dari beberapa titik pengambilan sampel menggunakan grab sampling. Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling. Jumlah total sampel: 3 titik lokasi pengambilan sampel dan volume setiap sampel: di atas 100 g sedimen basah per titik.

Prosedur Penelitian

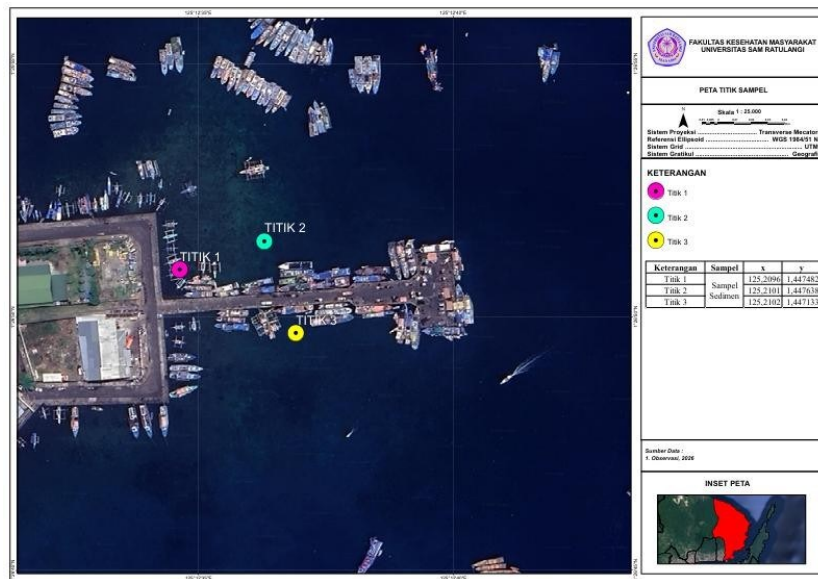
1. Menentukan titik pengambilan sampel berdasarkan peta lokasi dan koordinat GPS.
2. Mengambil sedimen permukaan (lapisan 0–10 cm) menggunakan Pipa PVC.
3. Setiap sampel dimasukkan ke wadah plastik dan di timbang menggunakan timbangan digital
4. Sampel diberi label, mencatat metadata (tanggal, waktu, titik koordinat, (GPS), kode Lokasi, dan berat sampel).
5. Sampel disimpan dalam cool box selama transportasi menuju laboratorium.
6. Dilakukan pengujian kandungan As, Pb, dan Cd.

HASIL

Gambaran Lokasi Penelitian

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bitung merupakan salah satu pelabuhan perikanan terbesar di Indonesia Timur yang berlokasi di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis, PPS Bitung terletak di pesisir timur Pulau Sulawesi dan berhadapan langsung dengan Laut Maluku, sehingga memiliki akses strategis ke Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) 715 yang dikenal memiliki potensi sumber daya ikan yang tinggi. PPS Bitung berfungsi sebagai pusat pendaratan, pengolahan, dan distribusi hasil perikanan, terutama ikan pelagis seperti tuna, cakalang, dan tongkol.

Aktivitas utama di kawasan pelabuhan meliputi sandar kapal perikanan, bongkar muat hasil tangkapan, penyimpanan ikan, distribusi hasil perikanan, pengisian bahan bakar kapal, serta perawatan dan perbaikan kapal. Intensitas aktivitas tersebut berpotensi memberikan tekanan terhadap kualitas lingkungan perairan melalui limbah cair, limbah padat, maupun residu bahan bakar yang berasal dari operasional pelabuhan.



Gambar 1. Titik pengambilan sampel sedimen



Gambar 2. Pengukuran dan pelabelan sampel sedimen

Karakteristik Sampel Penelitian

Karakteristik sampel pada penelitian ini berupa sedimen permukaan yang diambil dari tiga titik sampling di kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. Pengambilan sampel dilakukan selama satu hari menggunakan pipa PVC diameter 5 cm pada kedalaman 5–10 cm dari permukaan sedimen. Sampel yang diperoleh dimasukkan ke dalam wadah bersih dan tertutup untuk menghindari kontaminasi, kemudian diberi label sesuai titik pengambilan. Selanjutnya sampel disimpan dalam kondisi yang sesuai hingga dilakukan analisis kandungan logam berat Arsen (As), Timbal (Pb) dan Kadmiun (Cd).

Hasil pemeriksaan pada sampel sedimen yang di ambil dari perairan Pelabuhan Samudera Bitung di bagi menjadi 3 titik lokasi. Hasil penelitian dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 1. Pemeriksaan Kandungan As pada Sedimen di Perairan PPS Kota Bitung

Lokasi	Jumlah Sampel	Kadar As	Standar Baku Mutu	Hasil
Titik 1	150 g	3,58	20 (mg/kg)	MS
Titik 2	150 g	3,55	20 (mg/kg)	MS
Titik 3	150 g	4,79	20 (mg/kg)	MS

Pemeriksaan kadar As pada sedimen titik 1 yaitu 3,58 mg/kg, titik 2 yaitu 3,55 mg/kg, dan titik 3 yaitu 4,79 mg/kg dengan jumlah sampel yang di ambil masing-masing 150 g. Seluruh sampel sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung di

tetapkan masih memenuhi syarat sesuai dengan standar baku mutu ANZECC (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*) Tahun 2000 yaitu 20 mg/kg.

Tabel 2. Pemeriksaan Kandungan Cd pada Sedimen di Perairan PPS Kota Bitung

Lokasi	Jumlah Sampel	Kadar Cd	Standar Baku Mutu	Hasil
Titik 1	150 g	0,2	1,5 (mg/kg)	MS
Titik 2	150 g	0,005	1,5 (mg/kg)	MS
Titik 3	150 g	0,2	1,5 (mg/kg)	MS

Pemeriksaan kadar Cd pada sedimen titik 1 yaitu 0,2 mg/kg, titik 2 yaitu 0,005 mg/kg, dan titik 3 yaitu 0,2 mg/kg dengan jumlah sampel yang di ambil masing-masing 150 g. Seluruh sampel sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung di tetapkan masih memenuhi syarat sesuai dengan standar baku mutu ANZECC (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*) Tahun 2000 yaitu 1,5 mg/kg.

Tabel 3. Pemeriksaan Kandungan Pb pada Sedimen di Perairan PPS Kota Bitung

Lokasi	Jumlah Sampel	Kadar Pb	Standar Baku Mutu	Hasil
Titik 1	150 g	3,14	50 (mg/kg)	MS
Titik 2	150 g	1,93	50 (mg/kg)	MS
Titik 3	150 g	1,69	50 (mg/kg)	MS

Pemeriksaan kadar Pb pada sedimen titik 1 yaitu 3,14 mg/kg, titik 2 yaitu 1,93 mg/kg, dan titik 3 yaitu 1,69 mg/kg dengan jumlah sampel yang di ambil masing-masing 150 g. Seluruh sampel sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung di tetapkan masih memenuhi syarat sesuai dengan standar baku mutu ANZECC (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*) Tahun 2000 yaitu 50 mg/kg.

DISKUSI

Kandungan Logam Berat Arsen (As) pada Sedimen di Perairan PPS Bitung

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat arsen (As) pada sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bitung masing-masing sebesar 3,58 mg/kg pada titik 1, 3,55 mg/kg pada titik 2, dan 4,79 mg/kg pada titik 3. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada titik 3, sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada titik 2. Meskipun terdapat variasi antar titik pengambilan sampel, seluruh nilai yang

diperoleh masih berada di bawah baku mutu sedimen menurut ANZECC, yaitu 20 mg/kg. Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi sedimen di kawasan PPS Bitung masih tergolong aman dari pencemaran arsen dan belum berpotensi menimbulkan dampak ekologis yang signifikan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Triyono, Maddusa, dan Pinontoan (2025) yang melaporkan bahwa rata-rata kadar arsen pada sedimen di Teluk Manado sebesar 0,79 mg/kg dan masih berada di bawah nilai ambang batas Threshold Effect Level (TEL) sebesar 7,24 mg/kg. Penelitian Tampongangoy et al. (2021) di Desa Buku, Kabupaten Minahasa Tenggara juga menunjukkan bahwa kandungan arsen pada sedimen sebesar 1,12 mg/kg dan masih berada di bawah standar Environmental Protection Agency (EPA), yaitu kurang dari 10 mg/kg. Selain itu, Nurbarasamuma, Chaerul, Anshari, dan Deniyatno (2022) menemukan bahwa kadar arsen pada sedimen di Sungai Langkowala dan area persawahan Desa Watu-Watu, Sulawesi Tenggara berkisar antara $<0,0002$ – $<0,002$ mg/L dengan rata-rata 0,0007 mg/L, yang juga masih berada di bawah standar USEPA.

Keberadaan arsen pada sedimen di kawasan pelabuhan diduga berasal dari aktivitas antropogenik, seperti lalu lintas kapal, kegiatan bongkar muat, penggunaan bahan bakar, serta limbah domestik dan industri yang masuk ke perairan. Distribusi konsentrasi arsen yang lebih tinggi pada area aktivitas bongkar muat dibandingkan area tambat kapal mengindikasikan adanya kontribusi aktivitas pelabuhan terhadap masuknya unsur logam ke lingkungan perairan. Namun demikian, perbedaan konsentrasi antar titik masih relatif kecil sehingga belum menunjukkan adanya pencemaran berat.

Menurut Rusnam dan Efrizal (2020), logam berat memiliki kecenderungan mengendap dan terakumulasi di sedimen sehingga konsentrasinya sering kali lebih tinggi dibandingkan di kolom air. Sedimen juga dapat berperan sebagai sumber pencemar sekunder ketika terjadi resuspensi akibat arus, gelombang, atau aktivitas kapal. Oleh karena itu, meskipun kadar arsen yang ditemukan masih rendah, pemantauan secara berkala tetap diperlukan untuk mencegah terjadinya akumulasi logam berat dalam jangka panjang yang dapat berdampak pada organisme perairan dan rantai makanan.

Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan PPS Bitung

Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada sedimen di Perairan PPS Bitung masing-masing sebesar 3,14 mg/kg pada titik 1, 1,93 mg/kg pada titik 2, dan 1,69 mg/kg pada titik 3. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada titik 1 yang diduga memiliki aktivitas pelabuhan yang lebih intens dibandingkan lokasi lainnya. Meskipun demikian, seluruh nilai tersebut masih jauh di bawah baku mutu ANZECC sebesar 50 mg/kg, sehingga kondisi sedimen berdasarkan parameter timbal masih tergolong aman.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Hardianto, Hasim, dan Juliana (2022) yang menemukan kadar timbal pada sedimen Danau Limboto sebesar 0,1077 mg/L dan masih berada di bawah standar internasional IACD/CEDA. Penelitian Alfadillah, Hamdani, dan Dewi (2024) di Perairan Muara Kintap juga menunjukkan konsentrasi timbal berkisar antara 2,036–11,544 mg/kg yang belum melebihi batas severe effect level. Hasil serupa dilaporkan oleh Khotimah, Rochaddi, dan Wulandari (2022) di Muara Sungai Genuk, Semarang dengan konsentrasi timbal 4,644–8,571 mg/kg yang masih memenuhi baku mutu ANZECC.

Rendahnya kadar timbal pada sedimen PPS Bitung mengindikasikan bahwa masukan pencemar yang mengandung Pb masih relatif terkendali. Namun demikian, keberadaan logam ini tetap perlu diwaspadai karena timbal merupakan logam toksik yang dapat terakumulasi dalam sedimen dan selanjutnya masuk ke dalam tubuh organisme bentik, ikan, udang, maupun kerang melalui proses bioakumulasi. Aktivitas pelabuhan seperti penggunaan bahan bakar kapal, perawatan kapal, tumpahan minyak, dan kegiatan bongkar muat diduga menjadi sumber utama keberadaan timbal di lingkungan perairan.

Menurut Rumoei, Umar, dan Hadijah (2022), logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat menjadi sumber pencemar jangka panjang karena sifatnya yang sulit terdegradasi. Jika terjadi peningkatan konsentrasi secara terus-menerus, timbal dapat berpindah ke rantai makanan dan menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia yang mengonsumsi biota perairan yang tercemar. Oleh karena itu, meskipun kadar timbal yang ditemukan masih berada dalam kategori aman, upaya pengendalian pencemaran tetap perlu dilakukan untuk menjaga kualitas lingkungan perairan pelabuhan.

Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sedimen di Perairan PPS Bitung

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada sedimen di Perairan PPS Bitung masing-masing sebesar 0,02 mg/kg pada titik 1, 0,005 mg/kg pada titik 2, dan 0,02 mg/kg pada titik 3. Seluruh nilai tersebut masih jauh di bawah baku mutu ANZECC sebesar 1,5 mg/kg, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi sedimen berdasarkan parameter kadmium masih tergolong aman dan belum menunjukkan indikasi pencemaran. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Widyaningsih, Abida, Pramithasari, dan Afifa (2022) di Tempat Pelelangan Ikan Branta, Kabupaten Pamekasan yang menemukan kadar kadmium berkisar antara 0,0122–0,0199 mg/kg dan masih memenuhi standar Dutch Quality Standards for Metal in Sediment. Penelitian Nugraha Agung et al. (2022) di Perairan Matras juga menunjukkan kadar kadmium sebesar 0,02–0,06 mg/kg yang masih berada di bawah baku mutu Canadian Council of Ministers of the Environment. Hasil serupa ditemukan oleh Afu dan Luturmas (2022) di Perairan Tanjung Tiram dengan konsentrasi kadmium 0,376–0,6338 mg/L yang juga masih berada di bawah standar ANZECC.

Rendahnya konsentrasi kadmium pada sedimen PPS Bitung menunjukkan bahwa aktivitas pelabuhan dan perikanan di kawasan tersebut belum memberikan tekanan pencemaran yang signifikan terhadap lingkungan perairan. Namun demikian, keberadaan kadmium tetap perlu diperhatikan karena logam ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti bahan bakar dan pelumas kapal, proses pelapisan logam, limbah industri, serta aktivitas perawatan kapal. Kadmium merupakan logam berat yang bersifat sangat toksik dan memiliki kemampuan bioakumulasi yang tinggi. Menurut Rusnam dan Efrizal (2020), paparan kadmium dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, kerusakan tulang, gangguan sistem pernapasan, serta berbagai masalah kesehatan lainnya. Sifat kadmium yang sulit terurai menyebabkan logam ini dapat bertahan lama di lingkungan dan terus terakumulasi pada sedimen maupun organisme perairan. Oleh karena itu, meskipun kadar kadmium yang ditemukan dalam penelitian ini masih rendah, pemantauan kualitas sedimen secara berkala tetap diperlukan untuk mencegah peningkatan konsentrasi logam berat di masa mendatang dan menjaga keberlanjutan ekosistem perairan di kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan logam berat arsen (As), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) pada sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung menunjukkan variasi antar titik pengambilan sampel. Kadar arsen berkisar antara 3,55–4,79 mg/kg, kadmium 0,005–0,20 mg/kg, dan timbal 1,69–3,14 mg/kg. Seluruh konsentrasi logam berat yang terdeteksi masih berada di bawah baku mutu sedimen ANZECC, yaitu 20 mg/kg untuk As, 1,5 mg/kg untuk Cd, dan 50 mg/kg untuk Pb. Dengan demikian, kondisi sedimen di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung masih tergolong aman dan belum menunjukkan potensi dampak ekologis yang signifikan, meskipun pemantauan secara berkala tetap diperlukan mengingat tingginya aktivitas pelabuhan di kawasan tersebut.

REKOMENDASI

Meskipun kandungan logam berat arsen (As), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) pada sedimen masih berada di bawah baku mutu, pemantauan kualitas lingkungan perairan secara berkala tetap perlu dilakukan oleh instansi terkait dan pengelola Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. Pengelolaan limbah pelabuhan dan industri juga perlu ditingkatkan untuk mencegah akumulasi logam berat di lingkungan. Selain itu, masyarakat diharapkan turut menjaga kebersihan perairan dengan tidak membuang limbah ke laut. Penelitian lanjutan dengan cakupan lokasi, jumlah sampel, dan parameter yang lebih luas juga diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi pencemaran logam berat di kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada para dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan naskah. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung atas izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian, serta kepada Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Manado yang telah membantu proses analisis laboratorium.

REFERENSI

- Afidatul, M. (2019). Pengendalian Pencemaran Lingkungan. In T. Indra (Ed.), Media Nusa Creative (Cetakan I). [Http://Repository.Stikes-Kartrasa.Ac.Id/157/1/Buku Pengendalian Pencemaran Lingkungan Copy.Pdf](http://Repository.Stikes-Kartrasa.Ac.Id/157/1/Buku%20Pengendalian%20Pencemaran%20Lingkungan%20Copy.Pdf)
- Afifudin, A. F. M., Wulandari, A., & Irawanto, R. (2024). Pencemaran Logam Berat Di Air, Sedimen, Dan Organisme Pada Beberapa Sungai Di Pulau Jawa, Indonesia: Tinjauan Literatur. *Environmental Pollution Journal*, 4(1), 959–971. [Https://Doi.Org/10.58954/Epj.V4i1.183](https://doi.org/10.58954/Epj.V4i1.183)
- Afu, A. L. O., & Luturmas, A. (2022). Content Of Heavy Metals Lead (Pb) And Cadmium (Cd) In Sediments In Tanjung Oyster Waters , Selatan Konawe. *Journal Of Fish Health*, 2(1), 8–13. [Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.29303/Jfh.V2i1.1321](https://doi.org/10.29303/Jfh.V2i1.1321)
- Alfadillah, M., Hamdani, & Dewi Puspita, I. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat (Pb Dan Cu) Pada Sedimen Di Daerah Estuari Desa Muara Kintap Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Kelautan*, 7(2). [Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.20527/M.V7i2.11833](https://doi.org/10.20527/M.V7i2.11833)
- Alisa, C. A. G., Albirqi, M. S., & Faizal, I. (2020). Kandungan Timbal Dan Kadmium Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(1), 21–26. [Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.24198/Jaki.V5i1.26523](https://doi.org/10.24198/Jaki.V5i1.26523)
- Hardianto, Hasim, & Juliana. (2022). Kandungan Logam Berat Merkuri , Timbal Dan Cadmium Pada Air , Ikan , Dan Sedimen Di Danau Limboto. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(1), 1–10. [Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.46252/Jsai-Fpik-Unipa](https://doi.org/10.46252/Jsai-Fpik-Unipa)
- Haryanto, T. (2018). Pencemaran Lingkungan. Klaten: Penerbit Cempaka Putih. <https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/Konten/Bk78986/Pencemaran-Lingkungan>
- Irianti, T. T., Kuswandi, Nuranto, S., & Budiyaatni, A. (2017). Logam Berat Dan Kesehatan. In Grafika Indah. [Https://Www.Researchgate.Net/Publication/328979897_Logam_Berat_Dan_Kesehatan](https://www.researchgate.net/publication/328979897_Logam_Berat_Dan_Kesehatan)
- Khotimah, H., Rochaddi, B., & Wulandari, S. Y. (2022). Konsentrasi Logam Berat Pb Dan Cu Pada Sedimen Di Perairan Muara Sungai Genuk , Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 463–470. [Https://Doi.Org/10.14710/Jkt.V25i3.16716](https://doi.org/10.14710/Jkt.V25i3.16716)
- Liana, L., Jabbar, M. A., & Nurhudah, M. (2024). Analisis Kualitas Air Sebagai Indikator Pelabuhan Perikanan Berwawasan Lingkungan Di Ppn Muara Angke. *ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 8(3), 245–254. [Https://Doi.Org/10.29244/Core.8.3.245-254](https://doi.org/10.29244/Core.8.3.245-254)
- Maknun, D. (2017). *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem, Mewujudkan Kampus Hijau, Asri, Islami Dan Ilmiah* (A. Zaeni (Ed.); Juni 2017). Nurjati Press. [Http://Repository.Syekhnurjati.Ac.Id/Id/Eprint/3009](http://Repository.Syekhnurjati.Ac.Id/Id/Eprint/3009)
- Maulina, D., Pringgenies, D., & Haryanti, D. (2024). Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Dalam Sedimen Di Pantai Trimulyo Dan Pantai Tirang , Semarang. 13(1), 20–28. [Https://Doi.Org/10.14710/Jmr.V13i1.35038](https://doi.org/10.14710/Jmr.V13i1.35038)
- Mulyono, T. (2018). *Pelabuhan 1* (M. Asmawi (Ed.); Pertama). UNJ Press. [Https://Doi.Org/10.6084/M9.Figshare.25152869](https://doi.org/10.6084/M9.Figshare.25152869)
- Nugraha Agung, M., Pamungkas, A., Syari Ambalika, I., Sari Puspita, S., Umroh, Hudatwi, M., Utami, E., Akhrianti, I., & Priyambada, A. (2022). Penilaian

- Pencemaran Logam Berat Cd , Pb , Cu , Dan Zn Pada Sedimen Permukaan Perairan Matras, Sungailiat, Bangka. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1), 70–78. <https://doi.org/10.14710/Jkt.V25i1.12317>
- Nurbarasamuma, Chaerul, M., Deniyatno, & Erwin, A. (2022). Pencemaran Logam Berat Hg , As , Cd Di Sedimen Sungai Langkowala Akibat Aktivitas Penambangan Kabupaten Bombana Sulawesi Tenggara (Heavy Metal Pollution Hg , As , Cd In Sediments Of The Langkowala River Due To Mining Activities Bombana Regency Southeast. *Jurnal Lingkungan Almuslim*, 1(1), 01–07. <https://doi.org/10.51179/Jla.V1i1.941>
- Nurhidayati, N., Didik, L. A., & Zohdi, A. (2021). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Di Sekitar Pelabuhan Lembar Menggunakan Analisa Parameter Fisika Dan Kimia. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 139–148. <https://doi.org/10.20527/Flux.V18i2.9873>
- Owo. (2025, Agustus 20). *Harian Ekonomi Neraca*. Retrieved From Neraca Article: <https://www.neraca.co.id/article/223656/Pps-Bitung-Jadi-Eco-Fishing-Port-Untuk-Dukung-Pit?utm>
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Pedoman Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. (2021). In *Sekretariat Negara Republik Indonesia* (Vol. 1, Nomor 078487A, Hal. 1–483). <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Rachman, R., Baturante, H., Delly, J., Gunadi, H., & Manga', J. (2025). *Kimia Lingkungan* (M. Harimuswarah & Jumadil (Ed.); Cetakan Pe). Arsy Media. [https://repo.ukitoraja.ac.id/id/eprint/729/1/01.EBOOK %283%29.pdf](https://repo.ukitoraja.ac.id/id/eprint/729/1/01.EBOOK%283%29.pdf)
- Riana, N. E., Ischak, I. N., Futri, L., Ayudia, I. E., Khairani, A. I., Lubis, A. N., Prabandari, A., Miftahurrahmah, Sari, S. M., Mulyana, J., & Isdaryanti. (2023). *Toksikologi Dasar*. Yayasan Kita Menulis.
- Rumahlatu, D., Sangur, K., & Leiwakabessy, F. (2023). *Biomonitoring Logam Berat Kajian Biomolekuler, Fisiologi, Dan Ekologi Pada Biota Perairan*. Yogyakarta: Bintang Semesta Media Yogyakarta. <https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/Konten/Bk56469/Biomonitoring-Logam-Berat-Kajian-Biomolekuler-Fisiologi-Dan-Etologi-Pada-Biota-Perairan>
- Rumoey, D. S., Umar, N. A., & Hadijah. (2022). Pencemaran Logam Berat Pada Ekosistem Perairan. In M. Sri (Ed.), *Pusaka Almaida* (Cetakan 20). Pusaka Almaida.
- Rusnam, & Efrizal. (2020). Logam Berat, Penyebab Dan Penanggulangannya. In *Uwais Inspirasi Indonesia* (Cetakan Pe). Uwais Inspirasi Indonesia. <https://sinta.kemdiktisaintek.go.id/authors/profile/6011710/?view=books#>
- Scheva Putra, B., & Fadilah, K. (2023). Dampak Aktivitas Pelabuhan Surabaya Terhadap Lingkungan Dan Strategi Penanganannya. *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan (Jwikal)*, 2(1), 13–23. <https://doi.org/10.58169/Jwikal.V2i1.126>
- Taangkap, D. J. (2025, November 24). *Profil Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung*. Retrieved From Kkp.Go.Id: <https://kkp.go.id/unit-kerja/djpt/upt/pelabuhan-perikanan-samudera-bitung.html>

- Tampongangoy, L., Mantiri, D., Paransa, D., Rompas, R., Paulus, J., & Undap, S. (2021). Kandungan Logam Berat Arsen Pada Alga *Kappaphycus Alvarezii* Serta Sedimen Di Perairan Desa Buku Kecamatan Belang. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 9, 79–85. Tampongangoy, L., Mantiri, D., Paransa, D., Rompas.