



Tingkat Kontaminasi dan Potensi Risiko Ekologis Logam Berat Besi (Fe) dan Merkuri (Hg) pada Sedimen di Perairan Selangan Kota Bontang Kalimantan Timur

Wa Ode Siti Safiyah¹, Sarndika², Fitriyana^{3*}

¹⁻³Universitas Mulawarman, Indonesia

*Penulis Korespondensi: fitriyana@fpik.unmul.ac.id

Abstract. This study aims to evaluate the level of heavy metal pollution and the potential ecological and human health risks in the waters of Selangan, Bontang City. The research focuses on analyzing the concentrations of iron (Fe) and mercury (Hg) in sediment, considering that both elements are toxic, persistent, and capable of bioaccumulating within the food chain. The study was conducted over six months, from January to June 2023, at four sampling stations representing the environmental conditions of Selangan waters. The methodology included sediment sampling, sample preparation through drying and grinding, and laboratory analysis using Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) to determine Fe concentrations. The results were then compared with quality standards established by the Washington Annotated Code 173-204-320 and Indonesia's National Agency of Drug and Food Control (BPOM) Regulation No. 5 of 2018. The findings indicate the presence of heavy metal contamination across all sampling stations. Fe concentrations ranged from 2.35 mg to 6.308 mg, significantly exceeding the permissible limit of 0.3 mg/L. Meanwhile, Hg concentrations ranged from 0.015 mg to 0.028 mg, also surpassing the standard threshold of 0.001 mg/L. These results clearly demonstrate heavy metal pollution in the Selangan waters, posing potential threats to marine ecosystem health and coastal communities. Regular monitoring and mitigation measures are urgently recommended to prevent further environmental degradation.

Keywords: Iron; Mercury; Pollution; Substrate; Toxicity

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat pencemaran logam berat serta potensi risiko ekologis dan kesehatan manusia di Perairan Selangan, Kota Bontang. Fokus penelitian diarahkan pada analisis konsentrasi logam berat besi (Fe) dan merkuri (Hg) dalam sedimen, mengingat kedua unsur tersebut bersifat toksik, persisten, dan mampu terakumulasi dalam rantai makanan. Studi dilaksanakan selama enam bulan, dari Januari hingga Juni 2023, pada empat titik sampling yang mewakili kondisi perairan Selangan. Metode penelitian meliputi pengambilan sampel sedimen, proses preparasi melalui pengeringan dan penghalusan, serta analisis laboratorium menggunakan *Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) untuk menentukan kadar Fe. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar baku mutu Washington Annotated Code 173-204-320 dan Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018. Hasil penelitian menunjukkan adanya kontaminasi logam berat di seluruh stasiun. Konsentrasi Fe terdeteksi antara 2,35 mg hingga 6,308 mg, jauh melebihi ambang batas 0,3 mg/L. Sementara itu, konsentrasi Hg berkisar 0,015–0,028 mg, juga melampaui standar 0,001 mg/L. Temuan ini secara jelas mengindikasikan terjadinya pencemaran logam berat di wilayah Selangan yang berpotensi mengancam kesehatan ekosistem laut dan masyarakat pesisir. Pemantauan berkala dan upaya mitigasi perlu segera dilakukan untuk mengendalikan peningkatan pencemaran.

Kata kunci: Besi; Merkuri; Pencemaran; Substrat; Toksisitas

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan pusat utama keanekaragaman hayati laut dunia, khususnya di wilayah Segitiga Karang, yang terkenal dengan banyaknya spesies karang dan ikan (Salayan et al., 2024). Ekosistem laut negara ini sangat bervariasi meliputi terumbu karang, hutan bakau, dan padang lamun yang memainkan peran penting dalam mempertahankan keanekaragaman hayati dan menjaga keseimbangan ekologis (Salayan et al., 2024). Sebagai negara kepulauan terbesar di Bumi, lingkungan laut Indonesia memiliki karakteristik yang khas dan sangat

strategis. Dengan lebih dari dua pertiga wilayahnya terdiri dari lautan dan garis pantai yang luas yang membentang sekitar 81.000 kilometer, Indonesia sering dianggap sebagai "benua laut" yang vital (Sultan & Ramadhan, 2024). Wilayah laut Indonesia yang luas yang membentang hingga ke wilayah pesisirnya menyoroti daerah-daerah ini sebagai garis depan interaksi antara darat dan laut, berfungsi sebagai pusat keanekaragaman hayati dan pusat aktivitas manusia yang intens (Dewi, 2018).

Kota Bontang adalah salah satu wilayah pesisir dengan ciri khas tersebut, yang diakui karena sumber daya laut dan pengembangan industrinya yang melimpah (Wahyuningsih et al., 2021). Kota Bontang merupakan wilayah pesisir yang ditandai oleh aktivitas masyarakat yang dinamis, di mana kawasan pesisirnya dimanfaatkan secara luas untuk berbagai keperluan seperti pariwisata, budidaya, perdagangan, transportasi laut, dan pengembangan industri (Akhir et al., 2023). Namun, ekosistem laut ini berada di bawah tekanan yang signifikan dari berbagai ancaman, termasuk perubahan iklim, polusi plastik, eksploitasi sumber daya laut yang berlebihan, dan degradasi habitat pesisir (Yusfaddillah et al., 2023). Perairan pesisir seperti daerah Selangan di Kota Bontang sangat rentan terhadap akumulasi logam berat yang dihasilkan baik dari aktivitas manusia maupun proses alam. Memperluas perhatian terhadap masalah kontaminasi logam berat, sebuah penelitian terfokus yang dilakukan di Dusun Selangan, Kota Bontang oleh (Akhir et al., 2023) meneliti sejauh mana pencemaran logam berat terjadi di wilayah tersebut. Penelitian ini menemukan adanya timbal, tembaga, magnesium, besi, dan merkuri pada air, sedimen, lamun, serta kerang darah yang menghuni ekosistem padang lamun Selangan.

Di perairan sekitar Selangan, Kota Bontang, berbagai aktivitas manusia berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan dan berkontribusi terhadap pencemaran logam berat. Kegiatan seperti operasi industri, pembuangan limbah domestik dan perkotaan, transportasi laut, limpasan pertanian, dan praktik penangkapan ikan yang merusak adalah salah satu sumber utama degradasi lingkungan. Kota Bontang dikenal sebagai pusat industri, sektor industri Kota Bontang merupakan penyumbang utama polusi (Wahyuningsih et al., 2021). Laju perkembangan yang cepat, pertumbuhan populasi, industri, ekowisata dan peningkatan aktivitas manusia di sepanjang pantai telah mengakibatkan kemunduran ekosistem laut yang signifikan. Sebagai bagian dari upaya pelestarian, sebagian kawasan telah dialihfungsikan menjadi destinasi wisata yang bertujuan meningkatkan perekonomian masyarakat lokal melalui kegiatan ekowisata (Yusuf et al., 2023). Meskipun kegiatan ekowisata ini berpotensi menarik lebih banyak wisatawan ke Kota Bontang, hal tersebut juga menimbulkan

kekhawatiran terkait kemungkinan degradasi lingkungan atau ekosistem jika pengelolaannya tidak memadai (Fadli et al., 2024). Selain itu, Kegiatan industri juga menjadi sumber utama kontaminasi terutama logam berat di perairan ini, memperkenalkan unsur-unsur seperti arsenik, tembaga, besi, timbal, merkuri, kadmium, dan kromium. Logam berat ini cenderung menumpuk di sedimen, yang kemudian dapat memberikan efek toksik pada organisme benthik dan menyusup ke rantai makanan, menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia (Nursagita & Titah, 2021). Kehadiran logam berat dalam sedimen merupakan salah satu bentuk polusi yang paling berbahaya bagi lingkungan perairan, karena tidak hanya mengganggu ekosistem laut tetapi juga mengancam kesejahteraan manusia.

Oleh karena itu, upaya pengelolaan sampah yang efektif sangat penting untuk menjaga kekayaan dan keberlanjutan sumber daya laut Indonesia. Penelitian tentang kandungan logam berat dalam sedimen dari perairan Selangan sangat relevan untuk menilai tingkat polusi dan potensi risiko ekologis dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsentrasi logam berat besi (Fe) dan merkuri (Hg) dalam sedimen Selangan, Kota Bontang, serta mengevaluasi tingkat kontaminasi sesuai dengan standar kualitas lingkungan yang ditetapkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan selama periode enam bulan pada tahun 2023 dan akan melibatkan beberapa tahapan, antara lain persiapan, pengambilan sampel, pengolahan sampel, analisis laboratorium, serta tabulasi dan interpretasi data.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di perairan Bontang pada Januari hingga Juni 2023, khususnya di Dusun Selangan, Kota Bontang, Kalimantan Timur. Pengambilan sampel dilakukan pada empat titik yang ditentukan, masing-masing sesuai dengan stasiun yang berbeda (Gambar 1). Analisis sampel sedimen berlangsung di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman.



Gambar 1. Peta Administrasi Kelurahan Bontang Lestari.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, mulai dari pengambilan sampel hingga analisis laboratorium, antara lain kantong plastik, kotak es, grab Ekman, spektrofotometer, Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), kompor listrik, pipet pengukur, timbangan digital, silinder pengukur, corong kaca, filter, mortar dan alu, labu Erlenmeyer, hot plate, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), labu volumetrik, kertas saring, kamera, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah sampel sedimen, asam nitrat pekat (HNO_3), asam klorida, asam perklorat, asam florida, larutan standar logam berat, reagen, asam nitrat, dan air suling.

Sampel sedimen yang dikumpulkan pertama-tama dibersihkan dari bahan asing seperti batu, kerang, atau bahan tanaman, kemudian dikeringkan dalam oven listrik. Setelah kering, sedimen digiling dan diayak untuk menghasilkan bubuk yang homogen. Sampel bubuk ini kemudian diproses untuk melarutkan matriks sedimen dan melepaskan logam berat ke dalam larutan untuk dianalisis. Larutan yang dihasilkan dianalisis menggunakan Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) untuk mengukur konsentrasi logam berat, khususnya Tembaga (Cu) dan Besi (Fe).

Tabel 1. Tabel Konsentrasi Logam Berat (Besi/Fe dan Merkuri/Hg) pada Beberapa Stasiun Pengamatan.

| No | Stasiun | Parameter logam berat (mg) | |
|----|---------|----------------------------|--------------|
| | | Besi (Fe) | Mercury (Hg) |
| 1 | Utara | 5,34 | 0,021 |
| 2 | Selatan | 6,308 | 0,028 |
| 3 | Barat | 4,558 | 0,015 |
| 4 | Timur | 2,35 | 0,017 |

Analisis Data

Analisis kandungan logam berat dalam sedimen dilakukan dengan pendekatan deskriptif dan dibandingkan dengan kriteria standar mutu yang dituangkan dalam Washington Annotated Code 173-204-320 (WAC, 1991) dan BPOM Regulation No. 5 Tahun 2018 tentang Batas Maksimum Kontaminasi Logam Berat dalam Makanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan penelitian ini mengungkapkan adanya Besi (Fe) dan Merkuri (Hg) di perairan Selangan, Kota Bontang, Kalimantan Timur. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, konsentrasi logam berat ini bervariasi di berbagai stasiun pengamatan. Data yang tercatat menunjukkan bahwa kadar zat besi berkisar antara 2,35 mg hingga 6,308 mg, sedangkan konsentrasi merkuri terdeteksi antara 0,015 mg dan 0,028 mg.

Konsentrasi Besi (Fe) tertinggi ditemukan pada stasiun Selatan, berukuran 6,308 mg, diikuti oleh stasiun Utara sebesar 5,34 mg, stasiun Barat sebesar 4,558 mg, dan stasiun Timur, yang memiliki konsentrasi terendah sebesar 2,35 mg. Sebaliknya, Merkuri (Hg) menunjukkan nilai terendah di stasiun Barat dengan 0,015 mg, diikuti oleh stasiun Timur pada 0,017 mg, dan tingkat yang lebih tinggi di stasiun Utara dan Selatan masing-masing pada 0,021 mg dan 0,028 mg. Variasi konsentrasi di seluruh stasiun ini menunjukkan perbedaan kondisi lingkungan atau sumber kontaminasi yang tidak merata di setiap lokasi, menyoroti dinamika polusi yang kompleks di lingkungan perairan ini.

Tingginya kadar logam berat di perairan Selangan, Bontang, sangat terkait dengan aktivitas manusia dan karakteristik geografis daerah tersebut. Wilayah sekitarnya dipengaruhi oleh berbagai fasilitas industri dan kegiatan antropogenik yang berpotensi berkontribusi terhadap emisi polutan. Di sebelah utara, perairan Selangan berdekatan dengan jalur pelayaran PT. Di sebelah timur, terdapat jalur pipa dan pelayaran PT. Badak NGL serta Desa Tihik-tihik. Wilayah selatan berbatasan dengan hutan mangrove dan sistem konveyor PT. Indominco Mandiri dan fasilitas pengolahan kelapa sawit (PT. EUP). Di sebelah barat, Dusun Selangan berdekatan dengan Desa Loktunggul, yang menjadi tuan rumah pembangkit listrik tenaga batu bara dan hutan mangrove. Secara keseluruhan, kegiatan perumahan, komersial, dan industri merupakan kontributor utama polusi logam berat di perairan pesisir, dengan limbah sering memasuki lingkungan laut (Yusfaddillah et al., 2023). Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa limbah masyarakat dan tumpahan minyak merupakan sumber tambahan kontaminasi logam berat di ekosistem pesisir (Samira et al., 2022)

Untuk menilai tingkat pencemaran, konsentrasi logam berat yang terdeteksi di Selangan, Bontang harus dibandingkan dengan standar kualitas air laut yang ditetapkan di Indonesia. Standar tersebut diatur oleh peraturan seperti Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 27 Tahun 2021 (Retnawaty et al., 2023). Secara khusus, standar kualitas air laut untuk zat besi adalah 0,3 mg/L, sebagaimana tercantum dalam SNI 6989.84:2019 (Yusfaddillah et al., 2023). Untuk merkuri, batas yang diperbolehkan yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 adalah 0,001 mg/L (Suoth et al., 2020). Di perairan Selangan, kadar merkuri mulai dari 0,015 mg hingga 0,028 mg secara signifikan melebihi batas tersebut. Demikian juga, konsentrasi zat besi antara 2,35 mg dan 6,308 mg jauh di atas ambang batas yang dapat diterima 0,3 mg/L. Nilai-nilai tersebut jelas menunjukkan adanya polusi logam berat di luar batas aman di lingkungan laut Selangan.

Bioakumulasi atau biomagnifikasi, seperti yang dijelaskan oleh Dahuri et al. (1996), adalah proses di mana logam terakumulasi dalam sedimen dalam waktu lama, karena senyawa ini sering mengikat mineral lain dan memerlukan paparan yang lama, berlangsung selama bertahun-tahun hingga puluhan tahun. Logam yang terikat sedimen dapat dikurangi melalui aktivitas penyaringan organisme seperti lamun, yang membantu menstabilkan substrat (Bengen, 2001), dan organisme benthik yang mendaur ulang bahan organik dan memfasilitasi demineralisasi (Akhir et al., 2023). Terlepas dari proses alami seperti itu, kadar magnesium (Mg) di Selangan, Kota Bontang masih tercatat 2,5 kali lebih tinggi dari ambang batas standar (50 mg/kg ~ 135 mg/kg). Melebihi standar kualitas air, seperti yang terlihat di Selangan Bontang, menimbulkan risiko serius bagi ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Logam berat dikenal karena kegigihannya di lingkungan, toksisitas tinggi, dan kecenderungan untuk terakumulasi secara hayati dalam rantai makanan (Yusfaddillah et al., 2023). Ketika logam berat memasuki ekosistem perairan, mereka dapat menumpuk di jaringan berbagai tumbuhan dan hewan. Misalnya, penelitian di perairan pesisir Semarang Utara menemukan bahwa timbal terakumulasi secara hayati pada kerang hijau (Khusnia et al., 2019). Penumpukan logam berat dalam organisme laut tidak hanya mengganggu keseimbangan ekologis tetapi juga menimbulkan bahaya kesehatan yang signifikan bagi manusia yang mengonsumsi makanan laut yang terkontaminasi (Putri et al., 2019). Dengan demikian, situasi ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak untuk perhatian serius terhadap potensi konsekuensi lingkungan dan kesehatan jangka panjang di daerah tersebut.

4. KESIMPULAN

Perairan Selangan, Kota Bontang, mengidentifikasi keberadaan logam berat besi dan merkuri dengan konsentrasi bervariasi di empat stasiun pengamatan. Konsentrasi besi terukur antara 2,35 mg hingga 6,308 mg, jauh melampaui baku mutu air laut sebesar 0,3 mg/L. Sementara itu, konsentrasi merkuri berkisar antara 0,015 mg hingga 0,028 mg, juga secara signifikan melampaui baku mutu 0,001 mg/L. Dengan demikian, konsentrasi besi (2,35-6,308 mg) dan merkuri (0,015-0,028 mg) di seluruh stasiun pengamatan secara signifikan melampaui baku mutu air laut yang berlaku (0,3 mg/L untuk besi dan 0,001 mg/L untuk merkuri), menegaskan adanya pencemaran logam berat di perairan Selangan.

DAFTAR REFERENSI

- Akhir, F. Y., Suyatna, I., Pagoray, H., Sukarti, K., Ramang, M. S., & Fitriyana, F. (2023). Analysis of Heavy Metals in Shellfish, Sediment, and Waters in Seagrass beds Ecosystem in Selangan Village, Bontang City. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 7(1), 57–65. <https://doi.org/10.35911/torani.v7i1.27624>
- Dewi, A. A. I. A. A. (2018). Model Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Masyarakat: Community Based Development. *Jurnal Penelitian Hukum De Jure*, 18(2), 163. <https://doi.org/10.30641/dejure.2018.v18.163-182>
- Fadli, F., Nikhlani, A., Asikin, A. N., Jailani, J., Fitriyana, F., & Erwiantono, E. (2024). Analisis Dampak Ekonomi Ekowisata Pulau Beras Basah Kota Bontang. *Jurnal Agribisnis Dan Komunikasi Pertanian (Journal of Agribusiness and Agricultural Communication)*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.35941/jakp.7.1.2024.11141.21-29>
- Gunawan, I., Pranowo, W. S., & Sukoco, N. B. (2020). Studi Karakteristik Massa Air Laut di Perairan Timur Indonesia dengan Memanfaatkan Data Argo Float. *Jurnal Chart Datum*, 5(2), 130. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v5i2.151>
- Hadi, S. Harto P., Suryoko, S., & Prabawani, B. (2018). The Irony of Fishermen Life in Bontang Islands, East Kalimantan, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 73, 4025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187304025>
- Khusnia, A. Z., Astorina, N., & Rahardjo, M. (2019). Indeks Pencemaran Lingkungan Secara Fisika-Kimia dan Biokonsentrasi Timbal (Pb) pada Kerang Hijau di Perairan Pesisir Semarang Utara. *Jurnal Presipitasi Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(2), 83. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v16i2.83-90>
- Listiyono, Y., Pramono, B., Prakoso, L. Y., Prihantoro, K., & Sianturi, D. (2021). Marine Defense Strategy In Securing Indonesian Archipelagic Sea Lanes (Alki) To Realize Maritime Safety And Maintain Indonesian Soility. *International Journal of Education and Social Science Research*, 4(3), 224. <https://doi.org/10.37500/ijessr.2021.4313>

- Putri, Y. P., Fitriyanti, R., & Emilia, I. (2019). Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Udang Putih (*Penaeus merguensis*) sebagai Kontribusi Perhitungan Ocean Health Index (OHI). *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 8(2), 58. <https://doi.org/10.35580/sainsmat82107202019>
- Samira, S., Warsidah, W., & Prayitno, D. I. (2022). Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Bulu (*Anadara antiquata*) Di Perairan Sedanau Kabupaten Natuna (Determination Of Levels Of Heavy Metals Lead (Pb) And Cadmium (Cd) In Bulu Shells (*Anadara Antiquata*) In Sandana Waters, Natuna Regency). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5(3), 130–137. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v5i3.59125>
- Retnawaty, S. F., Rak, A. E., Kutty, A. A., Meka, W., & Badrun, Y. (2023). Water Quality and Heavy Metal Pollution Status in the Ruptat Strait, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 73, 5015. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237305015>
- Salayan, L. M., Wulandari, H., & Huda, M. K. (2024). Peran Ekosistem Laut dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati Di Indonesia. *Journal of Natural Sciences*, 5(3), 234. <https://doi.org/10.34007/jonas.v5i3.717>
- Sultan, D., & Ramadhan, M. F. (2024). Peran Kebijakan Pemerintah Dalam Mengelola Sumber Daya Laut Indonesia. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 34. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v7i1.31635>
- Suoth, A. E., Purwati, S. U., Masitoh, S., Hariandja, A. H., & Junaidy, E. (2020). Kandungan Merkuri Dalam Beberapa Media Sekitar Penambangan Emas Skala Kecil (Pesk) Di Kalimantan Tengah. *Jurnal Ecolab*, 14(1), 43. <https://doi.org/10.20886/jklh.2020.14.1.43-52>
- Unsworth, R. K. F., Ambo-Rappe, R., Jones, B. L., Nafie, Y. A. L., Irawan, A., Hernawan, U. E., Moore, A. M., & Cullen-Unsworth, L. C. (2018). Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *The Science of The Total Environment*, 634, 279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.315>
- Wahyuningsih, N., Suharsono, S., & Fitriyan, Z. (2021). Kajian Kualitas Air Laut Di Perairan Kota Bontang Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Riset Pembangunan*, 4(1), 56–66. <https://doi.org/10.36087/jrp.v4i1.94>
- Yusfaddillah, A., Dwi Saputri, R., Edelwis, T. W., & Pardi, H. (2023). Heavy Metal Pollution in Indonesian Waters. *BIO Web of Conferences*, 79, 04001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237904001>
- Yusuf, M., Fitriyana, F., & Susilo, H. (2023). Analisis Nilai Ekonomi Wisata Mangrove Edu Park Berbas Pantai Kota Bontang, Kalimantan Timur. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 4(4), 329–335. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i4.22557>