



Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Perairan Pesisir Pulau Lemukutan Kabupaten Bengkayang

Analysis of Lead (Pb) and Zinc (Zn) Heavy Metal Levels in Coastal Waters of Lemukutan Island, Bengkayang Regency

**Naniek Tri Utami^{1*}, Irma Ramadhani Febrianty¹, Rizqan Khairan Munandar²,
Hendi Santoso², Samsul Bahri³**

¹Program Studi Kimia, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas OSO, Pontianak, Indonesia.

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas OSO, Pontianak, Indonesia.

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar, Aceh Barat, Indonesia.

*Korespondensi: naniektriutami@oso.ac.id

Article Information		Abstract
Submitted	: 12/04/2025	The waters of Teluk Surau, Lemukutan Island, Bengkayang Regency are part of a Conservation Area that is the center of economic activities such as pearl shell cultivation, fishing, tourist transportation and settlement. These activities have the potential to pollute waters with heavy metals lead (Pb) and zinc (Zn) which can disrupt ecosystems and public health. This study aims to analyze the concentration of heavy metals Pb and Zn based on location characteristics and human activities in the waters. Sampling was conducted at four strategic points representing residential areas, pearl mussel farms, docks and control areas (no activity). Water samples were taken at a depth of 30 cm, then preserved with HNO ₃ until pH ≤ 2 and analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results showed that Pb concentrations ranged from 0.1385-0.1763 mg/L, with the highest concentrations found in residential areas and docks (0.1763 mg/L) and the lowest concentrations in areas without activities (0.1385 mg/L). Zn concentrations ranged from 0.0061-0.0140 mg/L, the highest concentration in the dock area (0.0140 mg/L) and the lowest concentration in the pearl mussel cultivation area (0.0061 mg/L). All sampling locations showed Pb concentrations far exceeded the seawater quality standard for marine tourism (0.005 mg/L) according to Government Regulation No. 22 of 2021 appendix VIII on the Implementation of Environmental Protection and Management, while Zn concentrations were still below the standard.
Revised	: 11/06/2025	
Accepted	: 18/06/2025	
Published	: 18/06/2025	
Keywords	:	
Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), Contamination, Heavy metals, Lead (Pb) Zinc (Zn),		

Utami, T. N., Febrianty, I. R., Munandar, R. K., Santoso, H., & Bahri, S. (2025). Analisis kadar logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) pada perairan pesisir pulau lemukutan kabupaten bengkayang. *Jurnal Perikanan Terpadu* 6(1): 19-28.

PENDAHULUAN

Kawasan pesisir merupakan zona peralihan antara ekosistem darat dan laut dengan karakteristik unik serta nilai ekologis dan ekonomis tinggi (Ramena *et al.*, 2020). Teluk Surau di Pulau Lemukutan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat, termasuk kawasan konservasi yang memiliki keanekaragaman hayati laut penting dan mendukung kehidupan masyarakat setempat (Muliadi *et al.*, 2022).

Aktivitas seperti budidaya kerang mutiara, penangkapan ikan, pariwisata laut dan pengembangan pemukiman meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Kegiatan ini berisiko menimbulkan pencemaran logam berat yang dapat merusak ekosistem perairan bila tidak dikelola dengan baik (Rusli *et al.*, 2021). Dua logam berat utama yang perlu perhatian adalah timbal (Pb) dan seng (Zn). Timbal, toksik pada konsentrasi rendah, berasal dari perkapalan dan cat anti-korosi, sedangkan seng, meski esensial, menjadi berbahaya jika berlebihan, dengan sumber dari korosi logam dan limbah domestik (Laila *et al.*, 2024; Arianti *et al.*, 2024).

Logam berat tersebut memiliki daya tahan tinggi di lingkungan, terakumulasi dalam sedimen dan memasuki rantai makanan melalui bioakumulasi serta biomagnifikasi, sehingga berpotensi mencemari manusia lewat konsumsi hasil laut (Nur *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pengawasan serta pengelolaan lingkungan yang ketat sangat diperlukan. Namun, data lengkap tentang konsentrasi dan distribusi logam berat di wilayah ini masih belum tersedia, sehingga pengelolaan berbasis bukti menjadi terbatas.

Evaluasi pencemaran berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, khususnya lampiran VIII mengenai Baku Mutu Air Laut, menjadi langkah penting untuk menilai kondisi ekosistem dalam konteks konservasi (Khairunnisa *et al.*, 2024). Pemahaman pola distribusi logam berat secara spasial juga penting untuk mengidentifikasi area pencemaran dan merancang strategi mitigasi yang efektif (Robin *et al.*, 2024).

Penelitian ini bertujuan mengukur kadar timbal dan seng di perairan pesisir Pulau Lemukutan melalui pengambilan sampel di empat titik strategis yang mewakili variasi aktivitas manusia dan kondisi lingkungan. Analisis menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) diharapkan menjadi dasar pemantauan kualitas air jangka panjang dan pengembangan strategi pengendalian pencemaran, sekaligus mendukung keseimbangan antara konservasi dan aktivitas sosial-ekonomi masyarakat Teluk Surau.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *water sampler*, *cool box*, botol plastik, neraca analitik, *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*, peralatan gelas laboratorium (labu ukur, tabung reaksi, pipet volume), *hot plate stirrer*, filter atau kertas saring. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel perairan lemukutan, larutan standar logam Pb 1000 ppm, larutan standar Zn 1000 ppm, asam nitrat (HNO_3), aquadest (H_2O), gas asetilen (C_2H_2).

Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret - April 2025. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium sains dasar dan kelautan, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas OSO. Sampel penelitian diambil di Perairan Teluk Surau, Pulau Lemukutan, Kabupaten Bengkayang.

Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada kedalaman 0–30 cm menggunakan botol berkapasitas 250 mL dan ditambahkan HNO_3 sampai $\text{pH} \leq 2$. Pengambilan sampel ini dilakukan pada empat lokasi pengamatan, yaitu, area permukiman, budidaya kerang mutiara, dermaga dan area tanpa aktivitas. Setelah pengambilan, masing-masing sampel air disimpan di dalam cool box yang telah diisi es batu hingga mencapai suhu 4°C sebelum dilakukan analisis di laboratorium.

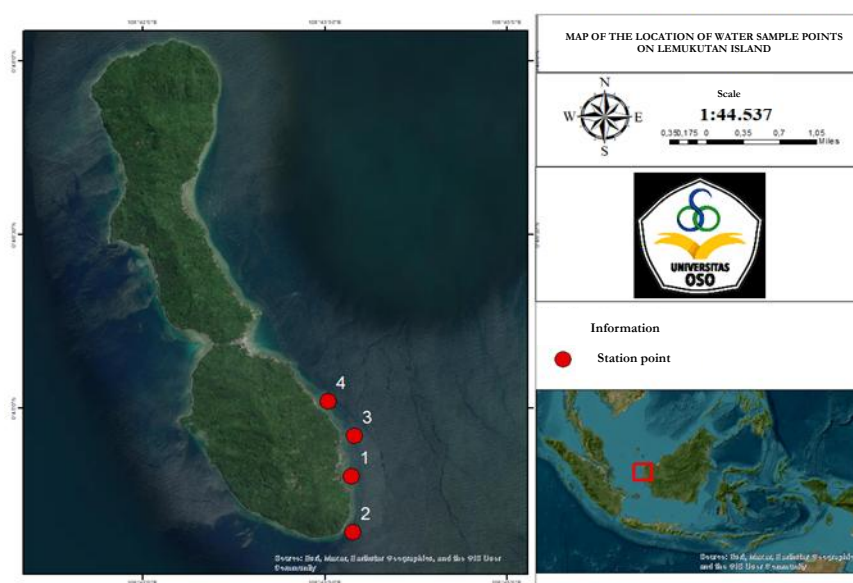


Figure 1. Sampling location

Destruksi logam berat Pb dan Zn

Sampel air sebanyak 50 mL diambil dan ditambahkan dengan 1 mL asam nitrat (HNO_3). Campuran tersebut kemudian dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 105°C hingga 120°C sampai volumenya berkurang menjadi 20 mL. Setelah proses pemanasan selesai, campuran dipindahkan ke dalam labu ukur berukuran 50 mL, lalu ditambahkan aquades (H_2O) hingga mencapai tanda batas pada labu ukur. Selanjutnya, larutan tersebut dikocok hingga homogen. Setelah larutan homogen, pengukuran dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk analisis kandungan logam berat Pb dan Zn.

Analisis Data

Penentuan Konsentrasi logam berat Pb dan Zn pada air menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), menurut SNI 6989-84:2019. Analisis ini dilakukan di UPT laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak.

Metode yang digunakan dalam pembacaan hasil *Spektrofotometri Serapan Atom* (AAS) adalah metode kurva kalibrasi. Metode ini sering diterapkan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi larutan dan absorbansi yang diukur pada alat AAS. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan persamaan hubungan ini adalah:

$$Y = aX + b$$

Keterangan:

- Y = absorbansi,
- A = *slope* (kemiringan),
- X = konsentrasi, dan
- b = *intercept* (nilai potong)

Nilai *slope* dapat diperoleh dengan mengumpulkan data hasil pengukuran konsentrasi larutan standar yang telah dilakukan. Dengan demikian, kurva kalibrasi yang dihasilkan akan menunjukkan hubungan linier antara absorbansi dan konsentrasi, yang memungkinkan analisis lebih lanjut terhadap sampel yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Berat di Perairan Teluk Surau

Hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) pada empat lokasi sampling di Perairan Teluk Surau, Pulau Lemukutan ditampilkan pada Tabel 1.

Table 1. Concentration of heavy metals Pb and Zn

No	Location	Location Coordinate Point		Water Quality			
		Y (latitude)	X (longitude)	Pb (mg/L)	Quality standards of Pb (mg/L)*	Zn (mg/L)	Quality standards of Zn (mg/L)*
1	Settlement	0,740147	108,728658	0,1763	0,005	0,0105	0,095
2	Area without activity	0,733447	108,715957	0,1385	0,005	0,0066	0,095
3	Pearl cultivation locations	0,730812	108,719947	0,1637	0,005	0,0061	0,095
4	Dock area	0,750970	108,725442	0,1763	0,005	0,0140	0,095

Information

*Quality standards based on Government Regulation (PP) Number 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management, Appendix VIII concerning Seawater Quality Standards for Marine Tourism

Distribusi Spasial Logam Berat Timbal (Pb)

Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) di perairan Teluk Surau berkisar antara 0,1385-0,1763 mg/L. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada area pemukiman dan dermaga dengan nilai yang sama yaitu 0,1763 mg/L, diikuti oleh area budidaya kerang mutiara (0,1637 mg/L), dan konsentrasi terendah pada area tanpa aktivitas (0,1385 mg/L). Konsentrasi Pb di seluruh lokasi sampling telah jauh melampaui baku mutu air laut untuk wisata bahari (0,005 mg/L) sesuai dengan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VIII tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Tingkat pelampauan mencapai 27,7-35,3 kali dari nilai ambang batas yang ditetapkan, mengindikasikan adanya pencemaran Pb yang sangat serius di perairan tersebut.

Pemilihan baku mutu untuk wisata bahari dalam penelitian ini didasarkan pada status Teluk Surau sebagai kawasan wisata pesisir dan bahari yang sedang berkembang di Pulau Lemukutan. Kawasan ini memiliki potensi wisata yang signifikan dengan keindahan pantai, terumbu karang, dan keanekaragaman hayati laut yang menjadi daya tarik wisatawan. Oleh karena itu, kualitas perairan di kawasan ini seharusnya memenuhi standar yang ditetapkan untuk peruntukan wisata bahari agar aman bagi pengunjung dan tetap menjaga kelestarian ekosistem laut sebagai aset wisata.

Konsentrasi Pb yang sama tingginya di area pemukiman dan dermaga (0,1763 mg/L) mengindikasikan adanya kontribusi signifikan dari kedua jenis aktivitas tersebut terhadap pencemaran Pb di perairan Teluk Surau. Area pemukiman berpotensi menyumbangkan Pb melalui berbagai aktivitas antropogenik seperti limbah domestik, air limpasan dari daratan yang membawa kontaminan, serta penggunaan bahan-bahan yang mengandung Pb dalam kehidupan sehari-hari penduduk. Limbah domestik dari pemukiman pesisir dapat menjadi sumber signifikan pencemaran Pb di perairan pantai, terutama melalui pembuangan limbah yang tidak terkontrol dan sistem sanitasi yang tidak memadai (Cantika *et al.*, 2023).

Di area dermaga, sumber potensial Pb berasal dari aktivitas perkapalan yang intensif, seperti penggunaan bahan bakar kapal yang masih mengandung Pb sebagai aditif anti-ketuk (*anti-knock agent*), cat anti-korosi pada kapal, serta tumpahan minyak dari mesin kapal. Timbal telah lama digunakan sebagai bahan aditif dalam bahan bakar kendaraan dan kapal, meskipun penggunaannya telah dibatasi, sisa-sisa kontaminasi masih dapat ditemukan di lingkungan. Selain itu, aktivitas bongkar muat di dermaga dan perawatan kapal juga berpotensi melepaskan Pb ke perairan (Ramli *et al.*, 2018).

Area budidaya kerang mutiara menunjukkan konsentrasi Pb yang juga tinggi (0,1637 mg/L), meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan area pemukiman dan dermaga. Hal ini menarik karena aktivitas budidaya kerang mutiara umumnya tidak dikaitkan langsung dengan sumber pencemaran Pb yang signifikan. Tingginya konsentrasi Pb di lokasi ini disebabkan oleh transportasi kontaminan melalui arus laut dari lokasi lain yang lebih tercemar.

Meskipun area tanpa aktivitas menunjukkan konsentrasi Pb terendah (0,1385 mg/L) dibandingkan lokasi lainnya, nilai ini masih sangat tinggi dan jauh melampaui baku mutu wisata bahari (27,7 kali). Kondisi ini mengindikasikan bahwa pencemaran Pb di perairan Teluk Surau telah menyebar luas dan mencapai area yang relatif jauh dari sumber kontaminasi utama. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme transportasi kontaminan di lingkungan perairan, seperti dispersi melalui arus laut, sedimentasi dan resuspensi, serta transportasi melalui biota perairan.

Logam berat di perairan dapat bertransportasi jarak jauh melalui arus laut, terutama dalam bentuk terlarut atau terikat pada partikel tersuspensi. Selain itu, logam berat yang terendapkan dalam sedimen dapat mengalami resuspensi akibat aktivitas pengerukan, gelombang, atau aktivitas biota benthik, sehingga kembali ke kolom air dan bertransportasi ke lokasi lain. Hal ini lah yang menyebabkan area yang minim aktivitas antropogenik langsung masih menunjukkan tingkat kontaminasi Pb yang signifikan.

Tingginya konsentrasi Pb di seluruh lokasi sampling mengindikasikan adanya pencemaran kronis di perairan Teluk Surau yang telah berlangsung dalam jangka waktu lama (Fendjalang *et al.*, 2022). Pencemaran logam berat yang kronis dapat mengakibatkan akumulasi kontaminan dalam sedimen dan biota perairan, sehingga membentuk "*reservoir*" pencemaran yang dapat bersifat persisten dalam jangka panjang (Oros, 2025).

Pola distribusi spasial Pb yang ditemukan dalam penelitian ini konsisten dengan studi-studi sebelumnya yang melaporkan bahwa lokasi dengan aktivitas antropogenik yang intensif cenderung memiliki tingkat kontaminasi logam berat yang lebih tinggi (Nurhidayah *et al.*, 2020). Namun, tingkat kontaminasi Pb yang sangat tinggi di seluruh lokasi sampling, termasuk area tanpa aktivitas, mengindikasikan kompleksitas sumber dan jalur transportasi Pb di ekosistem perairan Teluk Surau.

Distribusi Spasial Logam Berat Seng (Zn)

Konsentrasi seng (Zn) di perairan Teluk Surau menunjukkan pola distribusi yang berbeda dengan Pb. Konsentrasi Zn berkisar antara 0,0061-0,0140 mg/L, dengan konsentrasi tertinggi ditemukan pada area dermaga (0,0140 mg/L), diikuti oleh area pemukiman (0,0105 mg/L), area tanpa aktivitas (0,0066 mg/L), dan terendah pada area budidaya kerang mutiara (0,0061 mg/L). Berbeda dengan Pb, konsentrasi Zn di seluruh lokasi sampling masih berada jauh di bawah baku mutu air laut untuk wisata bahari (0,095 mg/L) berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 lampiran VIII tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup., hanya mencapai 6,4-14,7% dari ambang batas yang ditetapkan.

Baku mutu Zn yang digunakan dalam penelitian ini (0,095 mg/L) merupakan nilai yang ditetapkan untuk peruntukan wisata bahari berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021. Penggunaan baku mutu wisata bahari ini konsisten dengan strategi pengembangan Teluk Surau sebagai destinasi ekowisata bahari yang berkelanjutan, di mana kualitas air yang baik merupakan faktor penting untuk menjamin keamanan pengunjung dan menjaga kelestarian ekosistem laut yang menjadi daya tarik wisata.

Area dermaga menunjukkan konsentrasi Zn tertinggi (0,0140 mg/L) yang dapat dikaitkan dengan berbagai aktivitas maritim di lokasi tersebut. Seng sering digunakan sebagai komponen dalam cat anti-korosi, galvanisasi logam pada struktur kapal dan dermaga, serta berbagai peralatan logam yang digunakan dalam aktivitas perkapalan. Korosi dari struktur logam galvanis di lingkungan laut merupakan sumber signifikan pelepasan Zn ke perairan. Selain itu, anoda korban (*sacrificial anode*) yang digunakan untuk melindungi lambung kapal dan struktur dermaga dari korosi juga sering mengandung Zn yang dapat terlepas ke perairan seiring waktu (Muhtaroh *et al.*, 2024).

Area pemukiman menunjukkan konsentrasi Zn yang cukup tinggi (0,0105 mg/L) dibandingkan area tanpa aktivitas dan area budidaya kerang mutiara. Sumber potensial Zn di area pemukiman dapat berasal dari limbah domestik yang mengandung seng dari berbagai produk rumah tangga seperti kosmetik, obat-obatan, deterjen, cat dan produk perawatan rumah tangga (Rahmadani *et al.*, 2015). Selain itu, korosi logam galvanis dari atap rumah, pipa air, dan berbagai peralatan logam di pemukiman juga berpotensi menjadi sumber Zn di perairan sekitar pemukiman Rahmadani *et al.*, 2015). Air limpasan (*runoff*) dari area pemukiman dapat mengandung konsentrasi Zn yang signifikan, terutama setelah periode hujan (Susantoro *et al.*, 2015).

Area tanpa aktivitas menunjukkan konsentrasi Zn yang relatif rendah (0,0066 mg/L), namun masih lebih tinggi dibandingkan area budidaya kerang mutiara. Hal ini menarik karena pola ini berbeda dengan distribusi Pb, di mana area tanpa aktivitas menunjukkan konsentrasi terendah. Fenomena ini disebabkan oleh perbedaan sifat geokimia dan biogeokimia antara Pb dan Zn, serta perbedaan sumber dan jalur transportasi kedua logam tersebut di lingkungan perairan.

Area budidaya kerang mutiara menunjukkan konsentrasi Zn terendah (0,0061 mg/L), yang mengindikasikan bahwa aktivitas budidaya kerang mutiara memberikan kontribusi minimal terhadap pencemaran Zn di perairan. Rendahnya konsentrasi Zn di area budidaya disebabkan dengan adanya bioakumulasi Zn oleh kerang mutiara yang dibudidayakan, sehingga mengurangi konsentrasi Zn terlarut di perairan sekitarnya. Fenomena ini menunjukkan potensi bioremediasi dari aktivitas budidaya kerang mutiara terhadap pencemaran logam berat tertentu.

Meskipun konsentrasi Zn di seluruh lokasi sampling masih berada di bawah baku mutu wisata bahari, pola distribusi spasialnya memberikan informasi penting tentang sumber dan jalur transportasi Zn di perairan Teluk Surau. Perbedaan pola distribusi antara Pb dan Zn menunjukkan kompleksitas dinamika logam berat di ekosistem perairan pesisir, di mana setiap logam memiliki sumber, jalur transportasi yang spesifik.

Perbandingan Pola Distribusi Pb dan Zn

Perbandingan pola distribusi spasial antara Pb dan Zn menunjukkan beberapa perbedaan menarik yang dapat memberikan wawasan tentang sumber dan dinamika kedua logam tersebut di perairan Teluk Surau. Pertama, tingkat kontaminasi Pb secara umum jauh lebih tinggi dibandingkan Zn relatif terhadap baku mutu masing-masing berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 untuk peruntukan wisata bahari. Konsentrasi Pb di seluruh lokasi sampling telah melampaui baku mutu hingga 27,7-35,3 kali lipat, sementara konsentrasi Zn hanya mencapai 6,4-14,7% dari baku mutu yang ditetapkan.

Kedua, pola distribusi spasial kedua logam menunjukkan perbedaan yang signifikan. Untuk Pb, konsentrasi tertinggi ditemukan di area pemukiman dan dermaga (nilai sama), diikuti oleh area budidaya kerang mutiara, dan terendah di area tanpa aktivitas. Sementara untuk Zn, konsentrasi tertinggi ditemukan di area dermaga, diikuti oleh area pemukiman, area tanpa aktivitas, dan terendah di area budidaya kerang mutiara. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi dalam sumber dan jalur transportasi, kedua logam di lingkungan perairan. Setiap logam berat memiliki karakteristik fisikokimia yang unik yang mempengaruhi mobilitasnya di lingkungan, afinitasnya terhadap berbagai fase (terlarut, koloid, partikulat) dan interaksinya dengan komponen biotik dan abiotik ekosistem.

Tingginya rasio konsentrasi Pb terhadap baku mutunya dibandingkan dengan Zn dapat mengindikasikan adanya sumber kontaminasi Pb yang lebih signifikan dan persistensi yang lebih tinggi di lingkungan perairan Teluk Surau. Berdasarkan karakteristik fisikokimia dan toksikologinya, Pb cenderung lebih persisten di lingkungan dan memiliki kapasitas yang lebih tinggi untuk berakumulasi dalam sedimen dan biota dibandingkan dengan Zn yang lebih mobil dan lebih mudah mengalami transformasi biogeokimia.

Perbedaan pola distribusi spasial kedua logam juga mengindikasikan variasi dalam sumber kontaminasi. Untuk Pb, aktivitas pemukiman dan perkapalan (dermaga) tampaknya memberikan kontribusi yang sama besarnya terhadap pencemaran, sementara untuk Zn, aktivitas perkapalan memberikan kontribusi yang lebih signifikan dibandingkan aktivitas pemukiman. Hal ini disebabkan oleh penggunaan material yang mengandung Zn dalam jumlah besar pada kapal dan infrastruktur dermaga, seperti cat anti-korosi dan anoda korban yang kaya akan Zn.

Rendahnya konsentrasi Zn di area budidaya kerang mutiara dibandingkan lokasi lainnya, bahkan lebih rendah dari area tanpa aktivitas, merupakan fenomena menarik yang mengindikasikan potensi bioremediasi dari aktivitas budidaya terhadap pencemaran Zn. Sebaliknya, konsentrasi Pb di area budidaya masih tinggi dan berada di urutan ketiga setelah area pemukiman dan dermaga. Perbedaan ini terkait dengan perbedaan dalam mekanisme bioakumulasi Pb dan Zn oleh kerang mutiara, di mana kemampuan akumulasi Zn lebih tinggi dibandingkan Pb.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi Pb berkisar antara 0,1385–0,1763 mg/L, dengan nilai tertinggi di area pemukiman dan dermaga, jauh melampaui baku mutu air laut untuk wisata bahari (0,005 mg/L). sedangkan konsentrasi Zn berkisar antara 0,0061–0,0140 mg/L, masih di bawah ambang batas yang ditetapkan (0,095 mg/L). Sumber utama pencemaran Pb berasal dari aktivitas pemukiman, dermaga, dan transportasi laut, sementara pencemaran Zn lebih terkendali. Hasil ini menunjukkan adanya pencemaran Pb yang serius di perairan Teluk Surau, memerlukan pengelolaan lingkungan yang segera untuk melindungi ekosistem dan mendukung potensi wisata bahari di kawasan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, R., Febriani, H., & Syukriah. (2024). Analisis kandungan logam seng (Zn) pada air dan daging ikan tilan (*Mastacembelus armatus*) di sungai asahan kota tanjung balai. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Indonesia*, 6(1), 76-92.
- Cantika, R. M., Sasongko, A. S., & Cahyadi, F. D., (2023). Heavy metal content in the waters of pulau merak kecil. *Jurnal Kelautan*, 16(3), 281-290.
- Fendjalang, S., Rupilu, K., Simange, S., & Paparang, A., (2022). Analisis kandungan timbal (Pb) pada perairan pantai desa kupa kupa, kecamatan tobelo selatan, kabupaten halmahera utara. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 6(2), 126-133.
- Khairunnisa, N., Mandang, I., & Munir, R., (2024). Penentuan status mutu air laut menggunakan metode indeks pencemaran di perairan bontang kalimantan timur. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 7(1), 2615-5176.
- Laila, S., & Marni L. G., (2024). Analisis kadar timbal (Pb) terlarut pada air sungai batanghari kota jambi menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). *Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 11(2), 18-25.

- Muhtaroh, N., Hidayat, J. W., & Muhammad, F., (2024). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) pada kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan pantai kelurahan mangunharjo kota semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 2(3), 600-608.
- Muliadi., Helena S., Arie, K., Kushadiwijayanto., Nurrahman, Y., Irwan, S., Nurdiansyah., & Pryitno D. I., (2022). Pengolahan sampah berbasis limbah pantai di pulau lemukutan. *Jurnal Inovasi dan Penerapan IPTEKS*, 10(1), 71-81.
- Nur, A.F., Litaat, M., & Ambeng. (2025). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada daging ikan kuniran upenus sulphureus cuvier di teluk palu kota palu. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 16(1), 49-56.
- Nurhidayah T., Maslukah L., Wulandari S.Y., & Kurnia. (2020). Distribusi vertikal logam Pb, Zn, Cr dan keterkaitannya terhadap karbon organik sedimen di pantai marunda, Jakarta. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2), 125-132.
- Oros, A. (2025). Bioaccumulation and trophic transfer of heavy metals in marine fish: ecological and ecosystem-level impact. *Journal of Xenobiotics*, 15(59), 1-38.
- Ramena, G., Wuisang, C., & Siregar, F., (2020). Pengaruh aktivitas masyarakat terhadap ekosistem mangrove di Kecamatan Mananggu. *Jurnal Spasial*, 7(3), 343-351.
- Ramlia., Amir, R., & Djalla, A. (2018). Leading heavy metal content test (Pb) of coastal area waters in Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia dan Kesehatan*, 1(3), 255-264.
- Robin, A., Dewi, L. P., Auliani, R., Farlina, B. F., Oktavia, S., Wiranti, B., & Apsari D. A. (2024). Evaluasi risiko kesehatan masyarakat akibat paparan logam berat dalam air minum: studi epidemiologi lingkungan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7(1), 3078-3086.
- Rusli, M. A. R., Idiawati, R., & Nurrahman, Y. A. (2021). Kondisi komunitas terumbu karang di teluk palembang pulau lemukutan kalimantan barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(3), 119-129
- Susantoro, T. M., Sunarjanto, D., & Andayani A. (2015). Distribution of heavy metal in sediment at coastal area Jambi Province. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(1), 1-11.