

Kandungan Pb dan Cd pada sedimen serta tiram di lahan mangrove Kuala Ceurape Bireuen dan Desa Udeung Pidie Jaya

The content of Pb and Cd in sediment and oysters in the mangrove area of Kuala Ceurape Bireuen and Udeung Village Pidie Jaya

Received: 30 October 2025, Revised: 29 December 2025, Accepted: 29 December 2025

DOI: 10.29103/aa.v12i3.25112

Rossy Azhar^{a*}, Asmaul Husna^b, Akmal Izwar^a, Anis Nugrahawati^c, Dani Pratama Putra^a, dan Mustafa Kamal^d

^aProgram Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim

^bProgram Studi Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala

^cProgram Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh

^dMahasiswa Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada sedimen serta tiram (*Bivalvia*), serta mengkaji hubungan keduanya dengan karakteristik ekosistem mangrove di Kuala Ceurape (Bireuen) dan Desa Udeung (Pidie Jaya). Analisis kandungan logam dilakukan menggunakan metode standar SNI, sementara identifikasi jenis mangrove dilaksanakan melalui pengamatan vegetasi lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb pada sedimen berkisar antara 3,67–15,29 mg/kg dengan rata-rata 7,38 mg/kg di Udeung dan 8,65 mg/kg di Kuala Ceurape. Kandungan Cd dalam sedimen tercatat lebih tinggi, yaitu 4,69–11,95 mg/kg (rerata 7,38 mg/kg) di Udeung dan 3,54–11,69 mg/kg (rerata 8,65 mg/kg) di Kuala Ceurape. Pada tiram, Pb terdeteksi dengan kisaran 4,36–9,53 mg/kg di Udeung dan 2,16–6,71 mg/kg di Kuala Ceurape, sementara Cd menunjukkan akumulasi lebih besar, yakni 17,07–18,13 mg/kg (rerata 12,71 mg/kg) di Udeung dan 1,96–11,21 mg/kg (rerata 5,16 mg/kg) di Kuala Ceurape. Jika dibandingkan dengan baku mutu FAO/WHO dan CCME, kandungan Pb dalam sedimen masih di bawah ambang batas, namun Pb dan Cd dalam tiram serta Cd dalam sedimen telah melampaui standar aman. Identifikasi vegetasi menunjukkan dominasi *Rhizophora apiculata* yang berperan penting dalam pengendapan logam berat. Temuan ini mengindikasikan bahwa ekosistem mangrove berfungsi sebagai penyaring alami logam berat, namun bioakumulasi dalam biota konsumsi seperti tiram berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat pesisir.

Kata kunci: Bioakumulasi; Cd, Mangrove; Pb; Sedimen; Tiram

Abstract

This study aimed to identify the concentration of heavy metals, lead (Pb) and cadmium (Cd), in sediments and oysters (*Bivalvia*), as well as to examine their relationship with mangrove ecosystem characteristics in Kuala Ceurape (Bireuen) and Udeung Village (Pidie Jaya). Heavy metal concentrations were analyzed using the Indonesian National Standard (SNI) methods, while mangrove species identification was conducted through field vegetation surveys. The results showed that Pb concentrations in sediments ranged from 3.67–15.29 mg/kg with an average of 7.38 mg/kg in Udeung and 8.65 mg/kg in Kuala Ceurape. Cd concentrations in sediments were higher, ranging from 4.69–11.95 mg/kg (average 7.38 mg/kg) in Udeung and 3.54–11.69 mg/kg (average 8.65 mg/kg) in Kuala Ceurape. In oysters, Pb concentrations were recorded at 4.36–9.53 mg/kg in Udeung and 2.16–6.71 mg/kg in Kuala Ceurape, while Cd showed greater accumulation, reaching 17.07–18.13 mg/kg (average 12.71 mg/kg) in Udeung and 1.96–11.21 mg/kg (average 5.16 mg/kg) in Kuala Ceurape. Compared to FAO/WHO and CCME standards, Pb levels in sediments remained below the threshold, but Pb and Cd in oysters and Cd in sediments exceeded safe limits. Vegetation identification indicated the dominance of *Rhizophora apiculata*, which plays an important role in heavy metal trapping. These findings suggest that mangrove ecosystems function as natural filters of heavy metals, yet bioaccumulation in edible biota such as oysters may pose potential health risks to coastal communities.

Keywords: Bioaccumulation; Cd; Mangrove; Oyster; Pb; Sediment

* Korespondensi: Department of Aquaculture, Faculty of Agriculture, University of Almuslim, Indonesia.

Tel: +62-82237836792

e-mail: rossyazhar5@gmail.com

1. Introduction

Ekosistem mangrove merupakan salah satu komponen penting wilayah pesisir yang berfungsi sebagai sistem penyangga lingkungan, antara lain dalam melindungi garis pantai dari abrasi, menyediakan habitat bagi berbagai biota akuatik, serta berperan sebagai penyerap dan penjerap polutan yang berasal dari

aktivitas daratan. Keberadaan mangrove berkontribusi signifikan terhadap stabilitas ekosistem pesisir melalui interaksi antara komponen biotik dan abiotik yang berlangsung secara dinamis.

Seiring dengan meningkatnya aktivitas antropogenik, seperti pertanian, perikanan, serta pembuangan limbah domestik dan industri, kawasan pesisir menjadi semakin rentan terhadap pencemaran logam berat, khususnya timbal (Pb) dan kadmium (Cd) (Lamborg et al., 2005). Logam berat tersebut bersifat toksik, persisten, dan memiliki kemampuan untuk terakumulasi dalam sedimen serta jaringan organisme dalam jangka waktu yang panjang, sehingga berpotensi menimbulkan gangguan terhadap keseimbangan ekosistem dan membahayakan kesehatan manusia melalui rantai makanan.

Makrozoobenthos merupakan kelompok organisme yang banyak digunakan sebagai bioindikator kualitas lingkungan perairan karena sifatnya yang relatif menetap (*sessile*), mudah diidentifikasi, serta memiliki respons fisiologis yang sensitif terhadap keberadaan kontaminan, termasuk logam berat. Selain itu, distribusi dan tingkat bioavailabilitas logam berat di perairan sangat dipengaruhi oleh karakteristik sedimen, seperti pH, tekstur, dan kandungan bahan organik. Pada ekosistem mangrove, sedimen yang umumnya berlumpur hingga berpasir serta kaya akan bahan organik terlarut menyediakan kondisi yang mendukung akumulasi logam berat dan keberlangsungan biota benthik (Julaikha, et al. 2017).

Bedasarkan data (Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, 2017) Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Indonesia memiliki luas ekosistem mangrove sebesar 3,489,140.68 ha, dengan sekitar 1,671,140.75 ha berada dalam kondisi baik, sementara 1,817,999.93 ha mengalami kerusakan (Radiansyah, 2017). Di Provinsi Aceh, salah satu kawasan mangrove yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis penting terdapat di Kuala Ceurape, Kabupaten Bireuen. Kawasan ini dimanfaatkan sebagai tempat berlabuh kapal nelayan, area penangkapan hasil perikanan, serta lokasi pengambilan makrozoobenthos seperti kerang-kerangan, tiram, dan udang limpan. Selain itu, ekosistem mangrove juga dijumpai di Desa Udeung, Kabupaten Pidie Jaya, yang dikelilingi oleh tambak tradisional dengan aktivitas budidaya yang intensif.

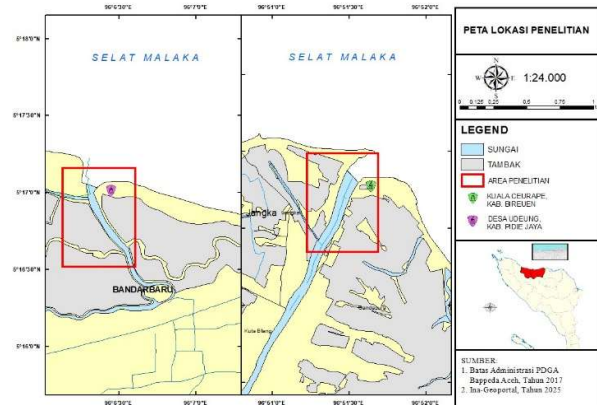
Keberadaan dan aktivitas tambak di sekitar kawasan mangrove diduga berkontribusi terhadap masuknya logam berat Pb dan Cd ke lingkungan pesisir, yang berpotensi mengganggu proses fisiologis tumbuhan mangrove serta menimbulkan dampak ekologis yang signifikan. Konsentrasi logam berat yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan degradasi habitat mangrove dan mengancam keberlangsungan berbagai spesies perairan, termasuk makrozoobenthos. Namun demikian, penelitian yang secara komprehensif mengkaji keterkaitan antara kandungan logam berat Pb dan Cd, keanekaragaman makrozoobenthos, serta karakteristik sedimen pada ekosistem mangrove di wilayah Aceh masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna menyediakan informasi ilmiah yang dapat mendukung upaya pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

2. Materials and Methods

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember tahun 2025. Penelitian dilakukan pada 2 titik Lokasi yaitu Kuala Ceurape Bireuen dan Desa Udeung Pidie Jaya (Gambar 1). Pada titik masing-masing lokasi ditentukan 3 stasiun dengan pengulangan masing-masing 3 (tiga) kali pengambilan sampel secara random (*purposing sampling*). Analisis dilakukan berupa identifikasi makrozoobenthos, kandungan logam berat Pb

dan Cd pada makrozoobenthos dan sedimen, kelimpahan mangrove serta karakteristik sedimen pada lokasi penelitian. Analisis sampel Pb dan Cd diidentifikasi di Laboratorium Baristand Banda Aceh. Untuk sampel keanekaragaman makrozoobenthos, mangrove, dan karakteristik sedimen diidentifikasi di Laboratorium Basah Universitas Almuslim.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

2.2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ekman grab untuk pengambilan sampel sedimen, ayakan bertingkat (*sieve*) untuk pemisahan ukuran partikel, botol sampel dan plastik *ziplock* untuk penyimpanan, GPS untuk menentukan titik koordinat, pH meter serta refraktometer untuk parameter lingkungan, mikroskop stereo untuk identifikasi makrozoobenthos, timbangan analitik, serta peralatan laboratorium kimia seperti gelas ukur, pipet, dan oven pengering. Bahan yang digunakan berupa sampel sedimen mangrove, larutan HNO_3 pekat untuk destruksi logam berat, aquades, kertas label, alkohol 70% untuk pengawetan, serta larutan standar Pb dan Cd yang diperlukan dalam analisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

2.3. Identifikasi keanekaragaman makrozoobenthos

Identifikasi Makrozoobenthos dilakukan dengan cara menyesuaikan/menyamakan sampel yang telah ditemukan pada buku Kerang-kerangan Indonesia dan buku Invertebrates Third edition

2.4. Analisis keanekaragaman makrozoobenthos

Indeks keanekaragaman makrozoobenthos dapat dihitung menggunakan rumus:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i ; P_i = n_i/N$$

Notes:

H' = Indeks Keanekaragaman

P_i = n_i/N

N_i = The number of concentrations tested

N = the smallest concentration in the specified series

2.5. Identifikasi jenis, kelimpahan dan sebaran luas mangrove

Pengambilan sampel vegetasi mangrove menggunakan 2 metode, yaitu transek (*transect methods*) dan kuadrat (*quadrat methods*). Metode tersebut menggunakan metode survei dari jalur transek (Onrizal, 2008). Ukuran transek yang digunakan dalam analisis vegetasi mangrove untuk kategori pohon adalah 10 m x 10 m dengan diameter pohon >10 cm dengan tinggi >1,5 m, ukuran transek 5 m x 5 m untuk anakan dengan diameter <10 cm dan tinggi >1,5 m, ukuran transek 2 m x 2 m untuk semai dengan tinggi <1,5 m. Jenis individu mangrove yang terdapat dalam transek kuadrat diambil contoh daunnya dan dimasukkan

kedalam kantong plastik untuk mempermudah proses identifikasi. Jika terdapat buah atau bunga pada individu tersebut dapat diambil dan dimasukkan kedalam kantong plastik untuk mempermudah proses identifikasi jenis mangrove. Selanjutnya sampel jenis mangrove dibawa ke Laboratorium untuk dianalisis.

2.6. Analisis kerapatan mangrove

Kerapatan mangrove merujuk pada ukuran seberapa banyak suatu tumbuhan mangrove yang berada dalam suatu jumlah yang tetap dalam suatu ruang, misal biasanya dalam ruang tiga dimensi. Analisa data merujuk sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan Jenis (Di)} = \text{Di} = \frac{ni}{A}$$

$$\text{Kerapatan relative (RD)}; \text{RD} = \frac{ni}{\sum n}$$

Dimana:

Di = Kerapatan Jenis ke-1 (ind/m²)

Ni = Jumlah total individu dari jenis ke-i

A = Luar area total pengambilan data (m²)

2.7. Perlakuan sampel logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd) pada makrozoobenthos dalam sedimen

Sampel makrozoobenthos dan sedimen yang telah diambil dimasukkan kedalam botol sampel masing-masing setiap stasiun kemudian diberi label nama sesuai stasiun dan jumlah perlakuan pengambilan sampel. Perlakuan sampel logam berat Pb, Cd dalam makrozoobenthos dan sedimen dilakukan dengan digerus diambil sebanyak 10 ml kemudian disaring menggunakan kertas saring 0,45 m menggunakan kompresor kedalam gelas kimia 50 ml. Kemudian untuk membuat pH kisaran 3,5-4 maka ditambahkan 1 ml larutan HNO₃ pekat. Selanjutnya dituangkan sampel air kedalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas. Kemudian diukur dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) menggunakan nyala udara asetilen (Astuti et al., 2016).

2.6. Data analisis

Kadar logam berat akan dihitung berdasarkan nilai konsentrasi regresi yang ditampilkan pada AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) (Wulandari et al. 2016). Konsentrasi regresi ini diperoleh berdasarkan nilai regresi kurva kalibrasi. Rumus yang digunakan menentukan kadar logam Pb sebagai berikut:

$$\text{Kadar Logam} = \frac{C_{reg} \times P \times V}{G} \text{ mg/kg}$$

Keterangan:

C_{reg} : Konsentrasi regresi (mg/L)

P : Faktor Pengenceran

V : Volume pelarutan (L)

G : Berat sampel (Kg)

3. Results and Discussion

3.1. Results

Bioakumulasi logam berat dalam rantai makanan akuatik merupakan ancaman tersembunyi bagi keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, terutama di wilayah pesisir yang masyarakatnya bergantung pada hasil laut. Penelitian ini menyelidiki tingkat kontaminasi Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)—dua logam berat dengan toksisitas tinggi—pada kompartemen sedimen dan tiram yang dikumpulkan dari Desa Udeung dan Kuala Ceurape.

Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang tingkat pencemaran, Tabel 1 merangkum hasil analisis konsentrasi logam dan status kepatuhannya terhadap standar internasional. Hasi yang paling mencolok adalah tingkat pencemaran Kadmium

(Cd) yang sangat tinggi. Rata-rata konsentrasi Cd dalam sedimen jauh melampaui baku mutu, menunjukkan input polutan yang signifikan ke dalam ekosistem. Yang lebih memprihatinkan, tiram sebagai biota yang dikonsumsi menunjukkan konsentrasi Pb dan Cd yang melebihi batas aman, dengan tingkat Cd di Desa Udeung bahkan mencapai lebih dari 12 kali lipat dari ambang batas FAO/WHO. Data dalam tabel ini menjadi dasar yang kritis dalam diskusi kami mengenai sumber pencemaran dan implikasi kesehatan masyarakat yang mendesak untuk ditangani.

Tabel 1

Hasil pengukuran kandungan logam berat Pb dan Cd.

Parameter	Lokasi	Kisaran (mg/kg)	Rata-rata (mg/kg)	Baku Mutu	Keterangan
Pb (Timbal) - Sedimen	Desa Udeung	3,67 – 15,29	7,38	30,2 mg/kg (CCME, 2014)	Masih di bawah ambang batas
Pb (Timbal) - Sedimen	Kuala Ceurape	3,67 – 15,29	8,65	30,2 mg/kg (CCME, 2014)	Masih di bawah ambang batas
Cd (Kadmium) - Sedimen	Desa Udeung	4,69 – 11,95	7,38	0,6 mg/kg (CCME, 2014)	Melebihi ambang batas – potensi pencemaran serius
Cd (Kadmium) - Sedimen	Kuala Ceurape	3,54 – 11,69	8,65	0,6 mg/kg (CCME, 2014)	Melebihi ambang batas – potensi pencemaran serius
Pb (Timbal) - Tiram	Desa Udeung	4,36 – 9,53	6,74	2 mg/kg (FAO/WHO, 2011)	Melebihi batas aman konsumsi
Pb (Timbal) - Tiram	Kuala Ceurape	2,16 – 6,71	4,39	2 mg/kg (FAO/WHO, 2011)	Melebihi batas aman konsumsi
Cd (Kadmium) - Tiram	Desa Udeung	17,07 – 18,13	12,71	1 mg/kg (FAO/WHO, 2011)	Jauh melebihi batas aman konsumsi
Cd (Kadmium) - Tiram	Kuala Ceurape	1,96 – 11,21	5,16	1 mg/kg (FAO/WHO, 2011)	Melebihi batas aman konsumsi

3.2. Discussion

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) dalam sedimen pada dua lokasi penelitian, yaitu Desa Udeung dan Kuala Ceurape, berada pada kisaran nilai 3,67–15,29 mg/kg. Rata-rata kandungan Pb disedimen Desa Udeung tercatat 7,38 mg/kg, sedangkan di Kuala Ceurape lebih tinggi, yaitu 8,65 mg/kg. Tingginya kandungan timbal (Pb) di sedimen mangrove dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, terutama limbah domestik, pertanian, dan kegiatan pesisir. Limbah domestik mengandung Pb sekitar 0,01–0,5 mg/L pada air limbah dan dapat terakumulasi di sedimen hingga 10–100 mg/kg. Aktivitas pertanian menyumbang Pb melalui limpasan lahan dari penggunaan pupuk dan pestisida dengan konsentrasi 0,02–1,0 mg/L serta akumulasi dalam tanah atau sedimen sebesar 20–150 mg/kg. Sementara itu, aktivitas pesisir seperti perikanan, tambak, dan transportasi laut dapat meningkatkan konsentrasi Pb di perairan hingga 0,03–2,0 mg/L dan di sedimen mangrove mencapai 30–300 mg/kg, yang diperkuat oleh karakter sedimen mangrove yang berlumpur dan kaya bahan organik sehingga efektif mengikat logam berat (Haryono et al. 2020).

Sedimen mangrove berperan sebagai perangkap logam berat akibat tingginya kandungan bahan organik serta kemampuan akar mangrove memperlambat arus air sehingga logam mengendap (Tam & Wong, 2000). Jika dibandingkan dengan baku mutu sedimen dari *Canadian Sediment Quality Guidelines* (CCME, 2014) yaitu 30,2 mg/kg untuk Pb, maka hasil penelitian ini masih berada di bawah ambang batas. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat akumulasi Pb, tingkat pencemarannya belum berada pada kondisi berbahaya. Perairan dan sedimen lokasi ini masih tergolong dibawah ambang batas kandungan Pb, sehingga dapat dikatakan bahwa perairan dan sedimen di lokasi penelitian belum tercemar logam berat jenis Pb

(Azhar et al. 2024). Namun, keberadaan Pb tetap perlu diwaspadai karena bersifat bioakumulatif dalam rantai makanan.

Hasil Kandungan cadmium (Cd) di desa Udeung dalam sedimen menunjukkan variasi yang cukup signifikan nilai berkisar antara 4,69–11,95 mg/kg dengan rata-rata 7,38 mg/kg, sementara di Kuala Ceurape lebih tinggi dengan kisaran 3,54–11,69 mg/kg dan rata-rata 8,65 mg/kg. Nilai ini relatif besar jika dibandingkan dengan standar CCME (2014), yaitu 0,6 mg/kg untuk Cd. Dengan demikian, konsentrasi Cd di kedua lokasi telah melampaui ambang batas, menandakan adanya potensi pencemaran serius.

Cd dalam sedimen mangrove kemungkinan berasal dari aktivitas budidaya perikanan, limbah pertanian yang menggunakan pupuk fosfat, serta aliran limbah rumah tangga. Logam Cd bersifat toksik pada konsentrasi rendah, dan keberadaannya dalam sedimen mangrove dapat menjadi sumber paparan berkelanjutan bagi biota bentik (Suhendrayatna, 2001). Tingginya Cd pada penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove berfungsi sebagai akumulator logam berat, tetapi sekaligus memperlihatkan tekanan pencemaran yang signifikan.

Tiram (*Bivalvia*) sebagai bioindikator memperlihatkan kemampuan tinggi dalam mengakumulasi logam berat. Kandungan Pb pada tiram di Desa Udeung tercatat 4,36–9,53 mg/kg dengan rata-rata 6,74 mg/kg, sedangkan di Kuala Ceurape nilainya lebih rendah yaitu 2,16–6,71 mg/kg dengan rata-rata 4,39 mg/kg. Perbedaan konsentrasi ini mengindikasikan bahwa bioakumulasi logam pada tiram sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat, khususnya ketersediaan logam dalam sedimen dan kualitas perairan.

Jika dibandingkan dengan standar FAO/WHO (2011) untuk konsumsi makanan laut yaitu 2 mg/kg untuk Pb, maka kandungan Pb pada tiram di kedua lokasi telah melampaui batas aman konsumsi. Hal ini berimplikasi langsung terhadap kesehatan masyarakat pesisir yang mengonsumsi tiram secara rutin. Paparan Pb dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan sistem saraf, ginjal, dan reproduksi manusia (ATSDR, 2007).

Konsentrasi Cd dalam tiram menunjukkan nilai yang cukup mencolok. Di Udeung, kadar Cd mencapai 17,07–18,13 mg/kg dengan rata-rata 12,71 mg/kg, sedangkan di Kuala Ceurape berkisar 1,96–11,21 mg/kg dengan rata-rata 5,16 mg/kg. Angka ini jauh melampaui ambang batas FAO/WHO (2011) yaitu 1 mg/kg Cd dalam makanan laut. Hal ini memperlihatkan bahwa tiram memiliki tingkat bioakumulasi Cd yang lebih tinggi dibandingkan Pb. Tingginya konsentrasi Cd kemungkinan terkait dengan sifat Cd yang mudah larut dalam air laut dan lebih mudah diikat oleh jaringan lunak bivalvia. Kondisi ini sangat berisiko karena konsumsi tiram dengan kandungan Cd tinggi dapat menyebabkan keracunan kronis, termasuk kerusakan ginjal dan gangguan metabolisme kalsium (Jarup & Akesson, 2009). Jika dibandingkan antara sedimen dan tiram, terlihat pola bahwa Pb lebih dominan di sedimen, sedangkan Cd lebih dominan dalam tiram. Rata-rata Pb di sedimen mencapai 7–9 mg/kg, sementara pada tiram berkisar 4–7 mg/kg. Sebaliknya, Cd pada sedimen relatif tinggi (7–9 mg/kg), tetapi pada tiram nilainya melonjak hingga 12,71 mg/kg di Desa Udeung.

Fenomena ini menunjukkan adanya perbedaan bioavailabilitas logam. Pb cenderung lebih stabil dan terikat kuat pada partikel sedimen sehingga bioakumulasinya dalam tiram lebih terbatas. Sebaliknya, Cd lebih mudah larut dan tersedia secara hayati, sehingga lebih cepat diserap oleh jaringan biota. Hal ini sesuai dengan laporan Rainbow (2007) yang menyebutkan bahwa bivalvia memiliki kemampuan menyerap Cd secara efisien, menjadikannya bioindikator yang baik untuk logam tersebut. Kondisi ini menegaskan bahwa Cd merupakan

pencemar utama di lokasi penelitian, dengan risiko paling tinggi bagi biota dan manusia. Hal ini mengindikasikan perlunya pemantauan ketat terhadap sumber pencemar, khususnya limbah pertanian dan domestik yang berkontribusi terhadap masuknya Cd ke lingkungan mangrove.

Hasil inventarisasi vegetasi mangrove memperlihatkan bahwa jenis dominan di kedua lokasi adalah *Rhizophora apiculata*, dengan jumlah individu tertinggi dibandingkan jenis lain seperti *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Keberadaan *R. apiculata* yang dominan menunjukkan kondisi ekosistem masih relatif baik, karena jenis ini dikenal toleran terhadap fluktuasi salinitas dan mampu beradaptasi pada substrat berlumpur (Noor et al. 2006). Dominasi mangrove tertentu juga memengaruhi distribusi logam berat. *Rhizophora* memiliki sistem akar yang rapat sehingga mempercepat pengendapan sedimen, menjadikan habitat ini sebagai perangkap alami logam berat. Dengan demikian, kehadiran *R. apiculata* yang tinggi dapat memperbesar potensi akumulasi logam di sedimen.

Ekosistem mangrove memiliki peran ganda dalam hubungan dengan logam berat. Di satu sisi, mangrove berfungsi sebagai biofilter alami yang menangkap logam dari kolom air dan mengendapkannya dalam sedimen melalui peran akar dan serasah daun. Perbedaan karakteristik sedimen berimplikasi langsung terhadap distribusi makrozoobentos (Azhar et al. 2025). Namun di sisi lain, keberadaan logam yang terakumulasi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem mangrove itu sendiri, seperti gangguan fisiologi tumbuhan (MacFarlane & Burchett, 2002). Dalam konteks penelitian ini, dominasi *R. apiculata* berkontribusi pada tingginya akumulasi Pb dan Cd di sedimen. Namun, logam tersebut kemudian berpotensi berpindah ke rantai makanan, terutama melalui organisme filter feeder seperti tiram. Dengan demikian, mangrove berperan sebagai penyangga pertama pencemar, tetapi tidak sepenuhnya mencegah risiko bioakumulasi pada biota konsumsi manusia.

4. Conclusion

Penelitian ini memperlihatkan bahwa ekosistem mangrove di Desa Udeung dan Kuala Ceurape telah mengalami pencemaran logam berat, terutama Cd yang melebihi baku mutu baik pada sedimen maupun tiram. Pb relatif lebih rendah pada sedimen, tetapi kadarnya dalam tiram juga melampaui ambang batas aman konsumsi. Jenis mangrove dominan adalah *Rhizophora apiculata*, yang berperan besar dalam proses pengendapan logam. Hubungan antara mangrove dan logam berat bersifat kompleks: mangrove memperangkap logam di sedimen, tetapi pada saat yang sama memungkinkan logam tersebut terakumulasi dalam biota seperti tiram. Temuan ini menegaskan perlunya pengelolaan limbah di wilayah pesisir serta monitoring rutin terhadap kualitas sedimen dan biota konsumsi.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan teknologi Indonesia, yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2025.

Bibliography

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2007. *Toxicological Profile for Lead*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Astuti, I. Karina, S., dan Dewiyanti, I. 2016 Analisis kandungan logam berat Pb pada tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Krueng Raya, Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah*

- Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah, 1(1):104–113.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2014. *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Canadian Environmental Quality Guidelines, Winnipeg.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan 2017. Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Tahun 2017 [Internet]. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia; <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/249/180209210814LKj%20Ditjen%20PPKL%202017.pdf>
- FAO/WHO. 2011. *Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods*. Fifth Session. The Hague, The Netherlands.
- Haryono, E., Santosa, L.W., dan Putra, R.D. 2020. Distribusi logam berat pada sedimen ekosistem mangrove di pesisir utara Jawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(2): 95–104.
- Jarup, L., dan Akesson, A. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3): 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>
- Julaikha S., dan Sumiyati L. 2017. Nilai ekologis ekosistem hutan mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(1): 23-31.
- Lamborg, C.H., Hammerschmidt, C.R., and Fitzgerald, W.F. 2005. A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements: A report of the global mercury project. *Nature*, 512(7512): 65-68. <https://doi.org/10.1038/nature13563>
- MacFarlane, G.R., and Burchett, M.D. 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the grey mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Marine Environmental Research*, 54(1): 65–84. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(02\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(02)00095-8)
- Noor, Y.R., Khazali, M., dan Suryadiputra, I.N.N. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.
- Onrizal. 2008. Teknik Survey dan Analisa Data Sumberdaya Mangrove. Pelatihan Pengelolaan Hutan Mangrove Berkelanjutan untuk Petugas/ Penyuluh Kehutanan.
- Paus, P.E. 1973. *Heavy metals in the environment*. London: Applied Science Publishers Ltd.
- Radiansyah, D.A. 2017. Humas Kementerian LHK.
- Rainbow, P.S. 2007. Trace metal bioaccumulation: models, metabolic availability and toxicity. *Environment International*, 33(4): 576–582.
- Azhar, R., Husna, A., Ramadani, C., Irfannur., Nugrahawati, A., Izwar, A., dan Akmal, Y. 2024. Lahan mangrove, kandungan logam berat (pb) pada air laut dan sedimen di kawasan pesisir pelabuhan perikanan Kabupaten Bireuen. *Jurnal Arwana* 6(2): 190-196. <https://doi.org/10.51179/jipsbp.v6i2.2885>
- Azhar. R., Izwar, A., Mustaqim, A., and Nugrahawati, A. 2025. Analysis of the relationship between zoobenthos diversity, sediment characteristics, and mangrove density in the Fishery Port Areas of Bireuen Regency, Aceh. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 1: 241-7.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: suatu kajian kepustakaan. *Jurnal Natur Indonesia*, 4(2): 127–135.
- Tam, N.F.Y., and Wong, Y.S. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution*, 110(2): 195–205.
- Wulandari, J., dan Asrizal, Z. 2016. Analisis kadar logam berat pada limbah industri kelapa sawit berdasarkan hasil pengukuran Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Pillar of Physics*, 8: 57-64.