



## Literatur Review: Pencemaran Logam Berat di Pelabuhan Indonesia

### Literatur Review: Heavy Metal Pollution in Indonesian Ports

Nanda Muhammad Razi<sup>1</sup>, Fildzah<sup>1</sup>, Desy Nurrahma Dhani<sup>1</sup>, Muhammad Nasir<sup>2</sup>, Alia Rizki<sup>2</sup>, Firdus<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

#### Correspondence :

\* firdus@unsyiah.ac.id

#### Keywords :

Logam Berat  
Pelabuhan  
Indonesia  
Pencemaran  
Timbal

#### Article Information :

Received : February, 2023  
Accepted : Maret, 2023  
Published : April, 2023

DOI: [10.35308/jlik.v5i1.7175](https://doi.org/10.35308/jlik.v5i1.7175)

#### Abstract

Heavy metals are one of substances that could contaminate waters and cannot be dissolved or even removed by microorganisms, which further could results in buildup and deposition to the bottom of waters. Accumulation of heavy metals in waters has an impact on decreasing environmental quality which could disrupt ecosystems and biota in them such as coral reefs, coral reef fish, macrozoobenthos, seagrasses and others. This impact is one of the potential risks to human health due to the consumption of fish and other seafood that accumulates heavy metals. In the last two decades, research on heavy metals has been carried out by many researchers globally, including research on heavy metals in ports. This study examines the suitability of waters due to heavy metals based on water quality standards in Indonesian ports referring to available literature. The results of this study indicated that nine types of heavy metals have been studied in Indonesian ports, and those heavy metals were dominated by lead (Pb) (37%), followed by Cd (20%) and Cu (12%).

## PENDAHULUAN

Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) berfungsi sebagai pelabuhan perikanan, tempat berlabuh, bongkar muat kapal, serta pasar dan industri perikanan (Andriani *et al.*, 2018). Pelabuhan sebagai kawasan multifungsi dengan berbagai aktivitas tersebut nyatanya dapat berpotensi memberikan pencemaran. Semakin banyak aktivitas pabrik dan kendaraan di sekitar perairan, baik di darat maupun di pesisir, maka kadar logam berat juga dapat meningkat (Anggraini, 2007).

Perairan pesisir merupakan salah satu jenis badan air yang berisiko mengalami pencemaran karena perairan tersebut merupakan tempat asal sungai dan merupakan tempat bertemunya bahan pencemar yang diangkut oleh sungai. (Armawati *et al.*, 2016). Pertambahan penduduk dan aktivitas industri telah memberikan kontribusi besar terhadap penurunan kualitas air, termasuk akumulasi logam berat di perairan pesisir (Armid *et al.*, 2017). Keberadaan logam berat dalam sistem akuatik juga telah menjadi sumber kekhawatiran dalam beberapa

tahun terakhir, karena ekotoksitas, persistensi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi dalam sistem laut (Tam & Wong, 2000; Wang et al., 2013).

Akumulasi logam berat sekarang menjadi masalah yang sangat memprihatinkan karena potensi risiko kesehatan manusia (Qing et al., 2015). Logam berat seperti Fe, Cd, Pb, Cu, Ti, dan lainnya sering ditemukan di dalam air. Karena konsentrasi logam berat dalam air bersifat dapat didegradasi dan diserap oleh biota air, keberadaannya sangat mengkhawatirkan (Siaka et al., 2016). Aktivitas logam berat salah satunya timbal yang ada di perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan. Logam berat tidak dapat dihancurkan dan akan terakumulasi dalam perairan sehingga membentuk endapan. Sedimen memainkan peran penting dalam remobilisasi logam ke lingkungan akuatik (Rosales-Hoz et al. 2007).

Akumulasi logam berat telah terlihat dalam sistem sedimen laut di seluruh dunia selama beberapa dekade terakhir. Karena penambahan logam berat terjadi dalam sistem laut secara terus-menerus, sedimen pesisir dapat berfungsi sebagai pencatat yang baik untuk aktivitas antropogenik yang menyebabkan polusi logam berat di ekosistem pesisir (Guevara S et al., 2005). Penyebab antropogenik termasuk korosi besi tua, lalu lintas kendaraan bermotor, resuspensi debu tanah yang terkontaminasi timbal, navigasi kapal, pengecatan kapal, jasa pengangkutan batu bara kokas, pelabuhan perikanan, bahan bakar, pupuk, bahan bakar peralatan pertambangan, dan transportasi kegiatan pertambangan. Sedangkan adanya Pb dalam pasir besi merupakan sumber alami (Asih et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui presentase keberadaan logam berat yang ada di lingkungan khususnya masyarakat bagian pesisir yang mampu menyebabkan gangguan serta penyakit kronis yang menjadi faktor resiko meningkatnya angka kematian. Serta menjadi faktor resiko terhadap hilangnya biota laut pada habitatnya.

## METODE

Kajian ini merupakan kajian literatur yang memuat artikel jurnal dari tahun 2000 hingga 2022 dari database *Google Scholar*. Fokus

studi ini adalah pencemaran laut yang terjadi di pelabuhan yang ada di Indonesia. Kata kunci “logam berat”, “perairan” dan “pelabuhan” digunakan sebagai acuan dalam pencarian presentase jenis logam berat yang terdapat di perairan. Pemilihan jenis artikel juga ditinjau dari segi tahun terbit, artikel dapat diakses secara menyeluruh, membahas terkait pencemaran logam berat di perairan khususnya pelabuhan, serta artikel membahas efek dan solusi yang menjadi dampak dari pencemaran logam berat di lingkungan. Diharapkan artikel ini akan memaparkan keadaan perairan laut Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Logam Berat

Logam berat adalah salah satu zat kontaminan dalam air yang tidak dapat dilarutkan (*nondegradable*) atau dihilangkan oleh mikroorganisme di lingkungan, sehingga dapat menumpuk dan mengendap ke dasar (Subarkah et al., 2021; Suprihatin et al., 2022). Sulitnya pelapukan logam berat, baik secara fisik, kimiawi, maupun biologis membuat keberadaan kadar logam berat yang terlarut dalam air laut atau sedimen memiliki dampak yang signifikan terhadap baik buruknya kondisi air laut. Meskipun dalam ekosistem akuatik alami, logam berat ditemukan pada konsentrasi rendah, biasanya nanogram atau mikrogram per liter. Logam berat yang sering ditemukan di dalam air antara lain Fe (besi), Ti (titanium), timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) (Anggraini & Puryanti, 2019; Nurhidayati et al., 2021; Siaka et al., 2016).

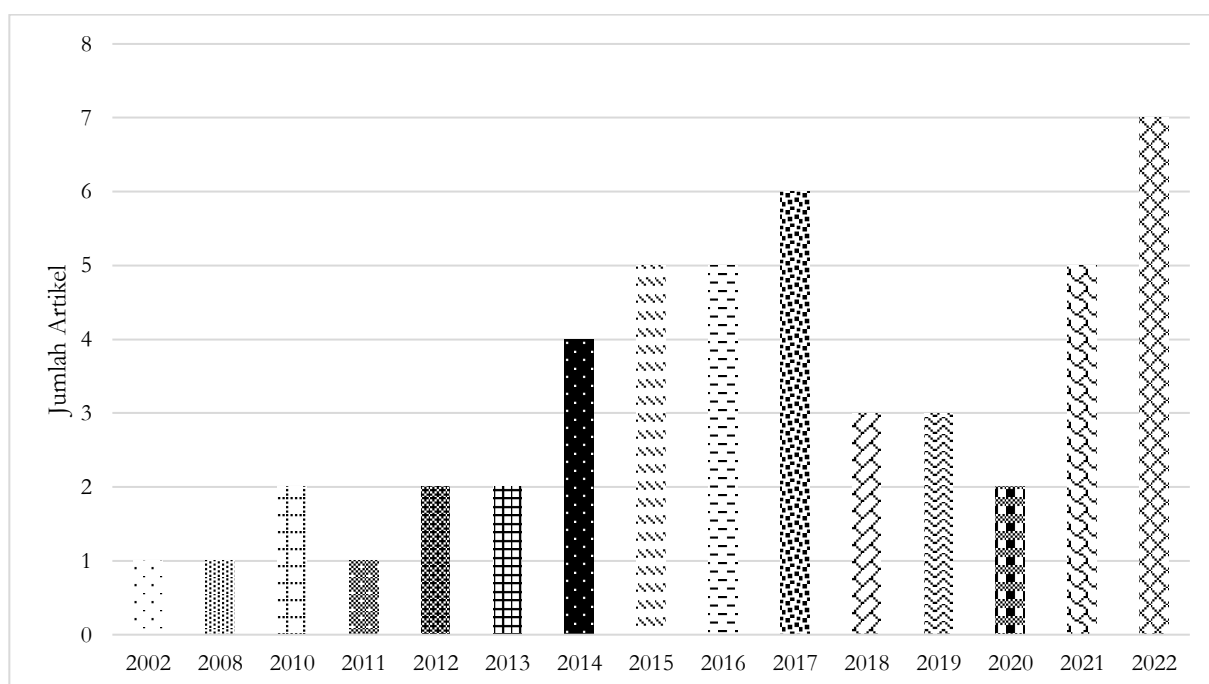
Kegiatan manusia dapat menyebabkan masuknya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan laut, yang dapat menyebabkan turunnya kualitas sampai ke tingkat tertentu sehingga lingkungan laut menjadi tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya (PP. No 19 Tahun 1999). Pencemaran di perairan pesisir dapat disebabkan oleh penumpukan polutan dari kegiatan budidaya perikanan, kegiatan pelabuhan, tumpahan minyak dari kapal, sampah rumah tangga, dan kegiatan industrialisasi

(Setiawan, 2014). Sampah yang tidak dapat terurai pada akhirnya akan terkumpul di saluran air laut dan menyebabkan pencemaran.

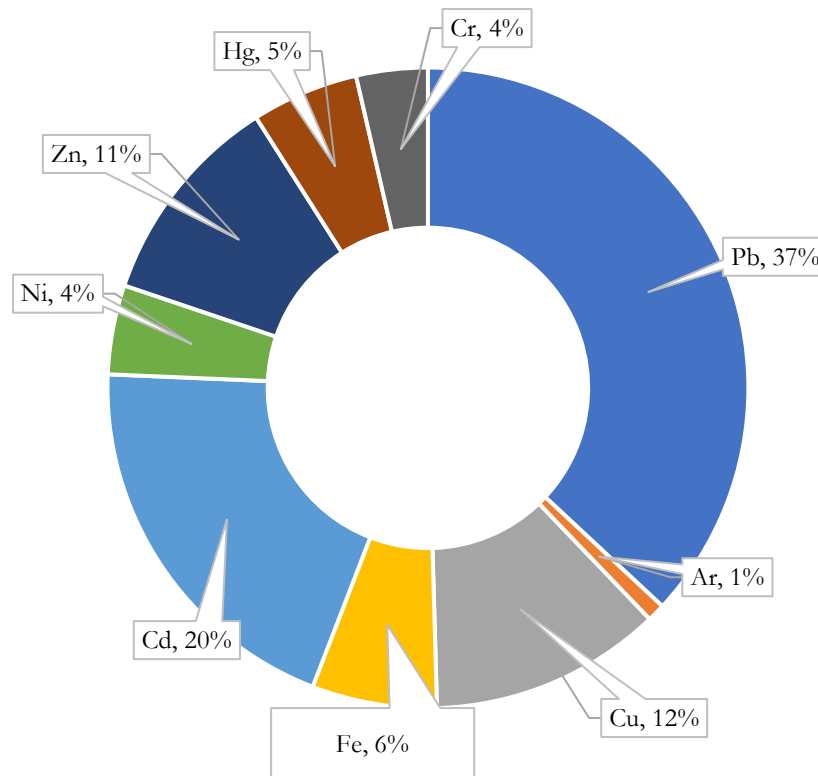
Polutan dalam sampah yang masuk ke air termasuk logam berat seperti timbal (Pb), besi (Fe), kromium (Cr), kadmium (Cd), dan lainnya. Logam-logam ini awalnya hadir dalam jumlah yang rendah, namun seiring dengan semakin banyaknya sampah yang masuk ke dalam air, logam-logam ini lambat laun akan mencemari ekosistem laut (Ismaturrami et al., 2022). Logam berat dalam air cukup mengkhawatirkan karena sifatnya yang dapat memburuk dan kemampuannya untuk diserap oleh biota air (Siaka et al., 2016). Menurut Natsir et al. (2019), di perairan Tulehu, peningkatan konsentrasi logam berat dalam sedimen diikuti dengan penurunan keanekaragaman biota laut. Selain itu, penumpukan logam berat seperti Hg, Cu, dan Pb pada biota dapat berdampak negatif bagi kesehatan manusia yang mengonsumsinya dalam jumlah tertentu, menyebabkan penyakit sistem saraf, kerusakan ginjal, bahkan kematian (Siringoringo et al., 2022). Teknik spektrofotometri serapan atom dapat digunakan untuk menguji logam berat. Teknik spektrofotometri serapan atom adalah metode

analitik untuk menentukan unsur logam dan metaloid berdasarkan penyerapan cahaya oleh atom bebas unsur tersebut (Nurhamiddin & Ibrahim, 2018).

Beberapa wilayah perairan yang telah tercemar seperti Perairan Pelabuhan Belawan Medan dengan kadar nilai logam berat Pb yaitu 15.50-68.43 mg/kg, perairan wilayah pesisir Parepare dengan wilayah uji antara lain Lumpue di peroleh nilai (0,66 mg/L), Sumpang minangae (0,34 mg/L), Mattirotasi (0,70 mg/L), pelabuhan Nusantara (0,56 mg/L), dan Lakessi diperoleh nilai (0,58 mg/L) (Ramli et al., 2018), kawasan Pelabuhan Teluk Bayur Kota Padang dengan kadar logam berat Cu paling tinggi adalah 0,964 mg/L. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51. Tahun 2004, baik baku mutu konsentrasi logam Cu dan Pb untuk biota laut (0,008 ppm) maupun baku mutu untuk wisata bahari dan pelabuhan (0,05 ppm) (Nurhamiddin & Ibrahim, 2018). Contoh perairan yang tercemar logam berat lainnya yaitu logam Ni adalah Teluk Kendari dengan kadar logam Ni tertinggi yaitu 0,073 mg/L dimana kadar Ni dalam air laut adalah 0,05 mg/L mengacu pada Peraturan KLH sehingga sudah melebihi ambang batas (Wibowo et al., 2020).



**Gambar 1.** Jumlah penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia (2002-2022) berdasarkan penelitian yang dipublikasikan



**Gambar 2.** Komposisi logam berat yang diteliti di pelabuhan Indonesia

### Penelitian Logam Berat Di Pelabuhan Indonesia

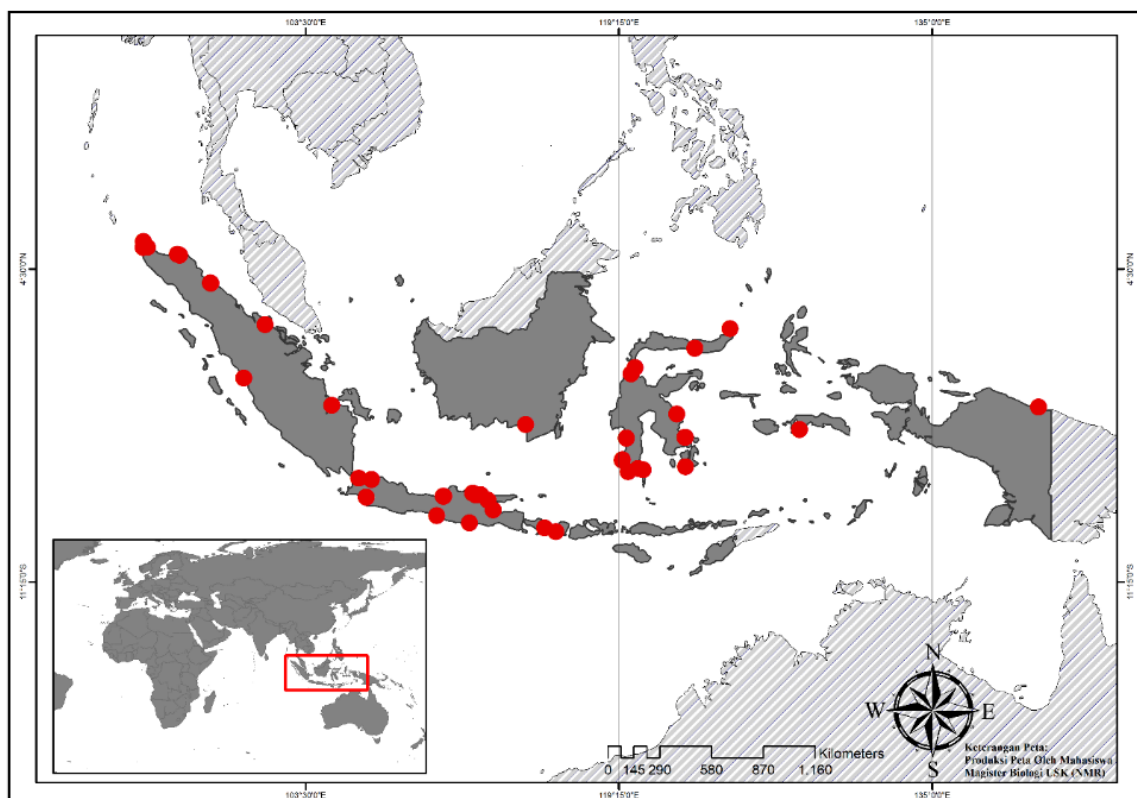
Secara keseluruhan, ada 49 penelitian yang berkaitan dengan logam berat di pelabuhan Indonesia yang ditemukan dalam penelitian ini dari tahun 2002 - 2022 (Gambar 1). Ke-49 penelitian tersebut terdiri dari 9 jenis logam berat. Jenis logam berat yang diteliti adalah Argon (Ar) (Delly et al., 2021), Besi (Fe) (Amin et al., 2009; Fiskanita et al., 2015; Ika et al., 2012; Nindyapuspa & Ni'am, 2018; Nurhidayati et al., 2021; Suprihatin et al., 2022; Supriyantini & Endrawati, 2015), Chadmium (Cd) (Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Aminah, 2016; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Armid et al., 2017; Asih et al., 2022; Balwa et al., 2016; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Indirawati, 2017; Komarawidjaja et al., 2017; Komari et al., 2013; Natsir et al., 2019; Noor, 2008; Nur & Karneli, 2015; Nurhidayati et al., 2021; Ruspita & Aulia, 2022; Setiawan & Subiandono, 2015; Sijabat et al., 2014; Usman et al., 2015; Wibisono et al., 2022), Kromium (Cr) (Armid et al., 2017; Delly et al., 2021; Nindyapuspa & Ni'am, 2018;

Nuraini et al., 2017), Merkuri (Hg) (Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Siringoringo et al., 2022; Tilaar, 2014), Nikel (Ni) (Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anindita, 2002; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Wibowo et al., 2020), Seng (Zn) (Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anindita, 2002; Asih et al., 2022; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Komari et al., 2013; Subarkah et al., 2021; Tilaar, 2014; Wibisono et al., 2022), Tembaga (Cu) (Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Aminah, 2016; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Asih et al., 2022; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Nurhidayati et al., 2021; Setiawan & Subiandono, 2015; Siringoringo et al., 2022; Wibisono et al., 2022), Timbal (Pb) (Agustriani et al., 2017; Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Anisyah et al., 2016; Armid et al., 2017; Asih et al., 2022; Astuti et al., 2016; Delly et al., 2021; Fahrudin & Santosa, 2020; Fiskanita et al., 2015; Grace et al., 2011; Hamuna & Tanjung,

2021; Husna, 2022; Ika et al., 2012; Indirawati, 2017; Ismaturrani et al., 2022; Karneli, 2010; Komarawidjaja et al., 2017; Muninggar et al., 2017; Natsir et al., 2019; Nurhidayati et al., 2021; Pratama et al., 2019; Rahardja, 2021; Ramlia & Djalla, 2018; Rizkiana et al., 2017; Ruspita & Aulia, 2022; Setiawan & Subiandono, 2015; Siringoringo et al., 2022; Subarkah et al., 2021; Suprihatin et al., 2022; Taguge et al., 2014; Tilaar, 2014; Usman et al., 2015; Usman et al., 2013; Wibisono et al., 2022; Wulandari et al., 2013) (Tabel 2). Logam berat Timbal (Pb) mempunyai persentase tertinggi yang diteliti (37%), dan yang terendah adalah logam berat Argon (Ar) (1%) (Gambar 2, Tabel 1).

Lokasi pengambilan sampel logam berat di pelabuhan Indonesia meluas dari Aceh di wilayah Indonesia bagian barat hingga Papua di bagian timur Indonesia. Namun, masih minim penelitian logam berat di Pulau Kalimantan dan Papua. Penelitian logam berat juga masih terbatas dari Lampung, Bengkulu, Jawa Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Barat, Maluku Utara, dan lain-lain. Logam berat timbal (Pb)

merupakan jenis logam berat yang paling dominan diteliti yaitu di 38 pelabuhan Indonesia (Gambar 3, Tabel 1). Pentingnya penelitian logam berat dapat dijadikan sebagai acuan terhadap pencegahan kerusakan yang ditimbulkan oleh logam berat yang bersifat karsinogenik baik bagi lingkungan seperti biota perairan: terumbu karang (Najmi et al., 2023), ikan karang (Fazillah et al., 2020), ikan bioindikator perairan (Octavina et al., 2021) dan makrozobenthos (Razi et al., 2021); ekosistem sekitar seperti mangrove (Octavina et al., 2022) dan lamun (Fazillah et al., 2021); dan juga dapat berdampak pada manusia dimana mengonsumsi ikan yang di daratkan di pelabuhan perikanan (Razi et al., 2022). Memperdalam informasi terkait logam berat dapat memberikan solusi alternatif mengatasi pencemaran lingkungan dari sumber daya alam baik dari tumbuhan, alga hingga bakteri serta memberikan peluang bagi teknologi dalam pengembangan dan meningkatkan efisiensi dalam perawatan lingkungan bagi masyarakat.



**Gambar 3.** Peta lokasi penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia

**Keterangan:** Bulatan merah adalah lokasi penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia

### Implikasinya Terhadap Penanggulangan Logam Berat Di Pelabuhan Indonesia

Meningkatnya intensitas logam berat di perairan Indonesia dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang mengakibatkan kematian biota laut sehingga dampak kronis yang ditimbulkan berupa kelangkaan serta kepunahan pada beberapa spesies. Upaya penanggulangan serta pencegahan perairan yang terkontaminasi logam berat telah banyak dilakukan dengan tehnik fitoremediasi, seperti penanaman mangrove yang berfungsi sebagai ameliorasi serta mampu mentoleransi toksisitas logam berat di perairan kota Makassar. *Rhizophora mucronata* diketahui telah digunakan untuk mengakumulasi Cu dan berperan sebagai *phytostabilator* pada konsentrasi tingkat tinggi (Setiawan, 2014). Selain Cu, mangrove memiliki kapasitas dalam menyerap serta menyimpan logam berat seperti Pb dan Hg pada bagian akar dan daunnya yang kemudian disimpan menjadi biomassa (Ali & Rina, 2012). Tanaman mangrove lainnya yang telah digunakan untuk mengurangi logam berat seperti merkuri (Hg)

yaitu *Avicennia alba*, *Sonneria alba*, *Bruguiera gymnorizha* dan *Rhizophora mucronate* (Nursagita & Titah, 2021).

Pengembangan bioremediasi juga dapat di aplikasikan sebagai upaya penanggulangan serta mengurangi pencemaran logam berat. Nisak et al. (2013) dalam penelitiannya menyatakan mikro alga seperti *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dapat menjadi agen bioremediasi dalam menurunkan konsentrasi Pb dalam media kultur melalui analisa uji T dan mengalami penurunan yang sangat signifikan. Selain mikro alga, bakteri memiliki kemampuan dalam mendegradasi logam berat yang ada di dalam air laut terutama di pelabuhan akibat tumpahan minyak yang disebabkan oleh aktivitas kapal. *Bacillus* sp. memiliki kemampuan resistensi dan mampu mengakumulasi logam berat. Hasil uji yang dilakukan oleh Yanti et al. (2021) diketahui *Bacillus* sp. berpotensi sebagai agen bioremediasi Pb dari perairan laut Dumai, Riau dengan penurunan konsentrasi mencapai 72,21% - 80,53%.

**Tabel 1.** Sebaran logam berat di lokasi penelitian pelabuhan di Indonesia (X: ditemukan)

No	Lokasi	Kabupaten / Kota	Jenis Logam Berat									
			Pb	Cu	Fe	Cd	Ni	Zn	Hg	Cr	Ar	
1	Pelabuhan Ratu	Sukabumi	×	×		×	×	×				
2	Pelabuhan Ferry Taipa	Palu	×		×							
3	Pelabuhan Lembar	Lombok Barat	×	×	×	×						
4	Pelabuhan Parepare	Parepare	×									
5	Pelabuhan Teluk Buyur	Padang	×	×		×						
6	Pelabuhan Pasuruan	Pasuruan		×		×						
7	Pelabuhan Nusantara	Parepare	×									
8	Pelabuhan Tanjung Emas	Semarang	×	×	×	×		×	×	×	×	
9	Pelabuhan Semen	Tuban	×			×	×	×	×	×		
10	Pelabuhan Tuban	Tuban	×			×	×	×	×	×		
11	PPN Brondong	Lamongan	×									
12	Pelabuhan Belawan	Medan	×	×		×				×		
13	Pelabuhan Perikanan Peranggi	Parigi Moutong	×		×							
14	Pelabuhan Kota Gorontalo	Gorontalo	×									
15	Pelabuhan Ferry Bira	Bulukumba	×									
16	Pelabuhan Makassar	Makassar	×	×		×						
17	Pelabuhan Paotere	Makassar	×									

No	Lokasi	Kabupaten / Kota	Jenis Logam Berat								
			Pb	Cu	Fe	Cd	Ni	Zn	Hg	Cr	Ar
18	Pelabuhan Bau-Bau	Bau-Bau	×	×		×	×	×			
19	Pelabuhan Krueng Raya	Aceh Besar	×								
20	Pelabuhan Talumolo	Gorontalo				×					
21	Pelabuhan Tanjung Priok	Jakarta	×								
22	Pelabuhan Manado	Manado	×					×	×		
23	Pelabuhan Pasiran	Sabang	×								
24	Pelabuhan Tulehu	Maluku Tengah	×			×					
25	PPS Lampulo	Banda Aceh	×								
26	PPS Kendari	Kendari	×					×			
27	Pelabuhan Biringkassi	Pangkajene dan Kepulauan	×			×					
28	Pelabuhan Nelayan Deah Glumpang	Banda Aceh	×								
29	Pelabuhan Padang Bai	Karangasem	×		×						
30	Pelabuhan Tanjung Api-Api	Banyuasin	×								
31	Pelabuhan PIM	Lhoksemawe	×	×		×		×	×		
32	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin				×		×			
33	PPN Prigi	Trenggalek	×								
34	Pelabuhan Teluk Kendari	Kendari	×	×	×	×	×	×		×	
35	Pelabuhan Tambang	Morowali	×	×		×	×	×	×	×	
36	Pelabuhan Dumai	Dumai	×	×	×	×	×	×			
37	Pelabuhan Yogyakarta	Yogyakarta	×	×		×		×			
38	Pelabuhan Depapre	Jayapura	×	×		×		×	×		
39	Pelabuhan Perikanan Nizam	Jakarta	×								
40	Pelabuhan PT Petrokimia	Gresik			×					×	
41	Pelabuhan Musi	Palembang	×			×					
42	Pelabuhan Perikanan Karangantu	Banten	×			×					
<b>Jumlah</b>			<b>38</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

**Tabel 2.** Daftar penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia

No	Jenis Logam Berat	Standar Baku Mutu (mg/L)	Nilai (mg/L)	Status	Referensi
1	Pb	0,05	0,001 - 7,72	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Agustriani et al., 2017; Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Anisyah et al., 2016; Armid et al., 2017; Asih et al., 2022; Astuti et al., 2016; Delly et al., 2021; Fahrudin & Santosa, 2020; Fiskanita et al., 2015; Grace et al., 2011; Hamuna & Tanjung, 2021; Husna, 2022; Ika et al., 2012; Indirawati, 2017; Ismaturrani et al., 2022; Karneli, 2010; Komarawidjaja et al., 2017; Muningggar et al., 2017; Natsir et al., 2019; Nurhidayati et al., 2021; Pratama et al., 2019; Rahardja, 2021; Ramlia & Djalla, 2018; Rizkiana et al., 2017; Ruspita & Aulia, 2022; Setiawan & Subiandono, 2015; Siringoringo et al., 2022; Subarkah et al., 2021; Suprihatin et al., 2022; Taguge et al., 2014; Tilaar, 2014; Usman et al., 2015; Usman et al., 2013; Wibisono et al., 2022; Wulandari et al., 2013)
2	Ar	0,025	0,002	Dibawah standar baku mutu	(Delly et al., 2021)
3	Cu	0,05	0,001 - 10,55	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Aminah, 2016; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Asih et al., 2022; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Nurhidayati et al., 2021; Setiawan & Subiandono, 2015; Siringoringo et al., 2022; Wibisono et al., 2022)
4	Fe	0,3	0,01 - 0,546	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Amin et al., 2009; Fiskanita et al., 2015; Ika et al., 2012; Nindyapuspa & Ni'am, 2018; Nurhidayati et al., 2021; Suprihatin et al., 2022; Supriyantini & Endrawati, 2015)
5	Cd	0,01	0,0006 - 2,457	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Aminah, 2016; Anggraini & Puryanti, 2019; Anindita, 2002; Armid et al., 2017; Asih et al., 2022; Balwa et al., 2016; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Indirawati, 2017; Komarawidjaja et al., 2017; Komari et al., 2013; Natsir et al., 2019; Noor, 2008; Nur & Karneli, 2015; Nurhidayati et al., 2021; Ruspita & Aulia, 2022; Setiawan & Subiandono, 2015; Sijabat et al., 2014; Usman et al., 2015; Wibisono et al., 2022)
6	Ni	0,075	0,031 - 17,38	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anindita, 2002; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Wibowo et al., 2020)
7	Zn	0,1	0,003 - 75,26	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Ahmad, 2010; Amin et al., 2009; Anindita, 2002; Asih et al., 2022; Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Komari et al., 2013; Subarkah et al., 2021; Tilaar, 2014; Wibisono et al., 2022)



No	Jenis Logam Berat	Standar Baku Mutu (mg/L)	Nilai (mg/L)	Status	Referensi
8	Hg	0,003	0,000132 - 0,001	Dibawah standar baku mutu	(Damaianto & Masduqi, 2014; Delly et al., 2021; Hamuna & Tanjung, 2021; Komarawidjaja et al., 2017; Siringoringo et al., 2022; Tilaar, 2014)
9	Cr	0,05	0,003-0,136	Dibawah standar baku mutu - diatas standar baku mutu	(Armid et al., 2017; Delly et al., 2021; Nindyapuspa & Ni'am, 2018; Nuraini et al., 2017)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berdasarkan studi literatur, diindikasikan bahwa penelitian pencemaran logam berat di pelabuhan Indonesia masih terbatas, dimana hanya terdapat 42 pelabuhan yang sudah pernah dilakukan kajian logam berat. Dari 42 pelabuhan tersebut ditemukan sebanyak sembilan logam berat yang telah diteliti, dimana penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia ini didominasi oleh logam berat timbal (Pb) (37%). Logam berat timbal (Pb) merupakan jenis logam berat yang paling dominan diteliti yaitu di 38 pelabuhan Indonesia. Lokasi penelitian logam berat di pelabuhan Indonesia tersebar dari Aceh di wilayah Indonesia bagian barat hingga Papua di bagian timur Indonesia. Namun, masih minim penelitian logam berat di Pulau Kalimantan dan Papua. Penelitian logam berat juga masih terbatas dari Lampung, Bengkulu, Jawa Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Barat, Maluku Utara, dan lain-lain. Penelitian tentang logam berat di pelabuhan Indonesia perlu ditingkatkan sebagai dasar penetapan pengelolaan kawasan perairan laut terutama pelabuhan yang ada di Indonesia mengingat tekanan atau ancaman yang diterima oleh ekosistem-ekosistem disekitar akibat pencemaran logam berat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustriani, F., Purwiyanto, A. I. S., & Suteja, Y. (2017). Penilaian pengkayaan logam Timbal (Pb) dan tingkat kontaminasi air ballast di perairan Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Omni-Akuatika*, 12(3), 114-118.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.3.133>
- Ahmad, F. (2010). Tingkat pencemaran logam berat dalam air laut dan sedimen di perairan Pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, 13(2), 117-124.
- Ali, M., & Rina, R. (2012). Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 28-35.
- Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C. K., & Kamarudin, M. S. (2009). Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148, 291-305.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10661-008-0159-z>
- Aminah, S. (2016). *Sebaran Konsentrasi Logam Berat Cu (Tembaga) dan Cd (Kadmium) Pada Air dan Sedimen di Perairan Pelabuhan Pasuruan, Jawa Timur* [Skripsi, Universitas Brawijaya]. Malang.
- Andriani, A., Indra, M. P., & Edwarsyah, E. (2018). Status Keberlanjutan Pengelolaan Pelabuhan Perikanan Samudera Lampulo. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 2(2), 22-29.
- Anggraini, D. (2007). *Analisis Kadar Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn Pada Air Laut, Sedimen dan Lokan di Perairan Pesisir Dumai Provinsi Riau* [Skripsi, Universitas Riau]. Pekanbaru.
- Anggraini, W., & Puryanti, D. (2019). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Air Laut di Sekitar Pelabuhan Teluk Bayur Kota Padang. *Jurnal Ilmu Fisika*, 11(2), 95-101.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jif.11.2.95-101.2019>

- Anindita, A. D. (2002). *Kandungan Logam Berat Cd, Cu, Ni, Pb dan Zn Terlarut dalam Badan Air dan Sedimen Pada Perairan Sekitar Pelabuhan Perikanan Pelabuhan Ratu, Sukabumi* [Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Bogor.
- Anisyah, A. U., Joko, T., & Nurjazuli, N. (2016). Studi Kandungan dan Beban Pencemaran Logam Timbal (Pb) Pada Air Balas Kapal Barang dan Penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 843-851.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkm.v4i4.14376>
- Armawati, A., Wahab, A. W., & Hala, Y. (2016). Distribusi Kuantitatif Logam Berat Cu dan Zn Dalam Air dan Sedimen di Sekitar Perairan Pelabuhan Kayu Bangkoa. *Hasanuddin University Repository*, 1-7.
- Armid, A., Shinjo, R., & Ruslan, R. (2017). Distributions and pollution assessment of heavy metals Pb, Cd and Cr in the water system of Kendari Bay, Indonesia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Purwokerto.
- Asih, A. S., Zamroni, A., Alwi, W., Sagala, S. T., & Putra, A. S. (2022). Assessment of heavy metal concentrations in seawater in the coastal areas around Daerah Istimewa Yogyakarta Province, Indonesia. *The Iraqi Geological Journal*, 5(1B), 14-22.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.46717/igj.55.1B.2Ms-2022-02-18>
- Astuti, I., Karina, S., & 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.
- Balwa, A. F., Nurjazuli, N., & Joko, T. (2016). Studi Beban Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ballast Water Kapal Barang dan Kapal Penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(4), 810-818.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkm.v4i4.14347>
- Damaianto, B., & Masduqi, A. (2014). Indeks pencemaran air laut pantai utara Kabupaten Tuban dengan parameter logam. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), D1-D4.
- Delly, J., Mizuno, K., Soesilo, T. E. B., & Gozan, M. (2021). The seawater heavy metal content of the mining port close to the residential area in the Morowali District. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Jakarta.
- Fahrudin, F., & Santosa, S. (2020). Heavy metal lead (Pb) tolerance of indigenous bacteria from Seawater in Paotere Port, Makassar. *Aquatic Science & Management*, 8(1), 8-14.
- Fazillah, M. R., Afrian, T., Razi, N. M., Ulfah, M., & Bahri, S. (2020). Kelimpahan, Keanekaragaman dan Biomassa Ikan Karang pada Perairan Ujong Pancu, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Perikanan Tropis*, 7(2), 134-144.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jpt.v7i2.2397>
- Fazillah, M. R., Agustiar, M., Sakinah, R., Razi, N. M., Octavina, C., & Ulfah, M. (2021). Degradasi Ekosistem Lamun di Perairan Ahmad Rhang Manyang, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 3(1), 35-44.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jlaot.v3i1.3471>
- Fiskanita, F., Hamzah, B., & Supriadi, S. (2015). Analisis logam timbal (Pb) dan besi (Fe) dalam air laut di Pelabuhan Desa Paranggi Kecamatan Ampibabo. *Jurnal Akademika Kimia*, 4(4), 175-180.
- Grace, L., Ulqodri, T. Z., & Eka Putri, W. A. (2011). Kandungan Logam Berat Pb Dalam Muatan Padatan Tersuspensi dan Terlarut Di Perairan Pelabuhan Selawan dan Sekitarnya, Provinsi Sumatera Utara. *Maspari Journal*, 2(1), 48-53.
- Guevara S, R., Rizzo, A., Sánchez, R., & Arribére, M. (2005). Heavy metal inputs in northern Patagonia lakes from short sediment core analysis. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 265(3), 481-493.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10967-005-0852-0>
- Hamuna, B., & Tanjung, R. H. R. (2021). Heavy metal content and spatial distribution to

- determine the water pollution index in depapre waters, Papua, Indonesia. *Current Applied Science and Technology*, 21(1), 1-11.
- Husna, A. (2022). Kandungan logam berat Pb pada air laut, sedimen dan tiram *Saccostrea glomerata* di Pelabuhan Pasiran Sabang. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 4(2), 118-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.51179/jipsbp.v4i2.1637>
- Ika, I., Tahril, T., & Said, I. (2012). The Analysis of Lead (Pb) and Iron (Fe) Metals in The Sea Water of Coastal Area of Taipa's Ferry Harbor Subdistrict of North Palu. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4), 181-186.
- Indirawati, S. M. (2017). Pencemaran logam berat Pb dan Cd dan keluhan kesehatan pada masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan*, 2(2), 54-60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30829/jumantik.v2i2.1165>
- Ismaturrami, I., Lensoni, L., Fajri, N., Wati, S., & Jannah, R. (2022). Analisis Kandungan Timbal (Pb) Pada Air Laut di Sekitar Pelabuhan Lampulo. *Prosiding SENASTAKA*, 1(1), 6-9.
- Karneli, K. (2010). *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Kima Sisik (Tridacna squamosa) Di Perairan Pelabuhan Feri Bira Kabupaten Bulukumba* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar]. Makassar.
- Komarawidjaja, W., Riyadi, A., & Garno, Y. S. (2017). The State of Heavy Metal Content in the Coastal Water of Aceh Utara Regency and Lhokseumawe City. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 251-258. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2040>
- Komari, N., Irawati, U., & Novita, E. (2013). Kandungan kadmium dan seng pada ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) di perairan Trisakti Banjarmasin Kalimantan Selatan. *Jurnal Berkala Ilmiah Sains dan Terapan Kimia*, 7(1), 42-49. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/jstk.v7i1.2119>
- Muninggar, R., Lubis, E., Iskandar, B. H., & Haluan, J. (2017). Water quality status in the largest Indonesian fishingport. *AES Bioflux*, 9(3), 173-182.
- Najmi, N., Darmarini, A. S., Razi, N. M., Suriani, M., & Kahar, S. (2023). The Current Condition of Coral Reef and Fish Diversity in Gosong Island, Southwest Aceh. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 15(1), 57-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.20473/jipk.v15i1.35917>
- Natsir, N. A., Hanike, Y., Rijal, M., & Bachtiar, S. (2019). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air, sedimen dan organ mangrove di perairan Tulehu. *Jurnal Biology Science and Education*, 8(2), 149-159.
- Nindyapuspa, A., & Ni'am, A. C. (2018). Distribution of heavy metals (Cu and Fe) in sea water of Gresik coastal area. E3S Web of Conferences, Semarang.
- Nisak, K., Rahardja, B. S., & Masithah, E. D. (2013). Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 5(2), 175-180.
- Noor, S. Y. (2008). Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen Di Daerah Sekitar Perairan Pelabuhan Kapal Barang Talumolo Kota Gorontalo. *Gorontalo Fisheries Journal*, 1(1), 26-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.32662/v1i1.103>
- Nur, F., & Karneli, K. (2015). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Kima Sisik (*Tridacna squamosa*) di Sekitar Pelabuhan Feri Bira. Prosiding Seminar Nasional Biologi, Makassar.
- Nuraini, R. A. T., Endrawati, H., & Maulana, I. R. (2017). Analisis kandungan logam berat kromium (Cr) pada air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 48-55. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1104>
- Nurhamiddin, F., & Ibrahim, M. H. (2018). Studi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Sedimen Laut di

- Pelabuhan Bastiong Kota Ternate Propinsi Maluku Utara. *Dintek*, 11(1), 41-55.
- 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/http://dx.doi.org/10.20527/flux.v18i2.9873>
- Nursagita, Y. S., & Titah, H. S. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), G22-G28. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.59848>
- Octavina, C., Ulfah, M., Fazillah, M. R., Agustiar, M., Razi, N. M., & Sakinah, R. (2021). The condition of reef fish (family Chaetodontidae) in Krueng Raya and Ujong Pancu waters, Aceh Besar District. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Banda Aceh.
- Octavina, C., Ulfah, M., Sakinah, R., Azis, S. A., Razi, N. M., Fazillah, M. R., & Agustiar, M. (2022). Community structure of mangrove in Lambadeuk village, Aceh Besar regency, Indonesia. E3S Web of Conferences, Banda Aceh.
- Pratama, R., Muhammad, M., & Rusydi, I. (2019). Studi Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Lampulo Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*, 4(4), 185-191.
- Qing, X., Yutong, Z., & Shenggao, L. (2015). Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 377-385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.06.019>
- Rahardja, B. S. (2021). Studi Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Wilayah Ngemboh, Gresik dan Ppdi Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Lamongan, Jawa Timur. *Marinade*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.31629/marinade.v4i1.3408>
- Ramlia, R., & Djalla, A. (2018). Uji kandungan logam berat timbal (Pb) di perairan wilayah pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3), 255-264. <https://doi.org/https://doi.org/10.31850/makes.v1i3.111>
- Razi, N. M., Agustiar, M., Fazillah, M. R., Sakinah, R., & Octavina, C. (2021). Studi Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Kuala Gigeng, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 3(1), 13-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jlaot.v3i1.3379>
- Razi, N. M., Muchlisin, Z. A., Ramadhaniaty, M., Damora, A., Nur, F. M., Siti-Azizah, M. N., & Fadli, N. (2022). Diversity of commercially important grouper (Family: Epinephelidae) in Simeulue and Banyak Islands, Aceh, Indonesia. *Depik*, 11(1), 28-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.13170/depik.11.1.23790>
- Rizkiana, L., Karina, S., & Nurfadillah, N. (2017). Analisis Logam Pb Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 89-96.
- Ruspita, R., & Aulia, A. (2022). Analysis of Water Quality and Pollution Index at Karangantu Fishing Port Area, Banten. *Jurnal Akademika Kimia*, 11(2), 96-104. <https://doi.org/https://doi.org/10.22487/j24775185.2022.v11.i2.pp96-104>
- Setiawan, H. (2014). Pencemaran logam berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan upaya penanggulangannya. *Buletin Eboni*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/buleboni.5028>
- Setiawan, H., & Subiandono, E. (2015). Konsentrasi logam berat pada air dan sedimen di perairan pesisir Provinsi Sulawesi Selatan. *Indonesian Forest Rehabilitation Journal*, 3(1), 67-79.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.9868/ifrj.3.1.67-79>
- Siaka, I. M., Suastuti, N. G. A. M. D. A., & Mahendra, I. P. B. (2016). Distribusi Logam Berat Pb Dan Cu Pada Air Laut, Sedimen, Dan Rumpun Laut Di Perairan Pantai Pandawa. *Jurnal Kimia*, 10(2), 190-196.
- Sijabat, E., Trinuraini, R. A., & Supriyantini, E. (2014). Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Journal of Marine Research*, 3(4), 475-482.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.9868/ifrj.3.1.67-79>
- Siringoringo, V. T., Pringgenies, D., & Ambariyanto, A. (2022). Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) pada *Perna viridis* di Kota Semarang. *Journal of Marine Research*, 11(3), 539-546.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.33864>
- Subarkah, M., Srikandi, E. D., Adami, A., & Sumarlin, S. (2021). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Zinc (Zn) di Perairan PPS Kendari. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*, 1(1), 27-31.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.51454/teluk.v1i1.123>
- Suprihatin, I. E., Limbong, P. B., & Ariati, N. K. (2022). Kandungan Logam Fe dan Pb Total dalam Air dan Sedimen di Kawasan Pelabuhan Padang Bai Serta Bioavailabilitasnya. *Journal of Chemistry*, 16(1), 1-9.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JCHEM.2022.v16.i01.p01>
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1), 38-45.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Taguge, A., Olii, A. H., & Panigoro, C. (2014). Studi Status Kandungan Logam Berat Timbal di Perairan Sekitar Pelabuhan Kota Gorontalo. *Nikè: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 14-17.
- Tam, N. F. Y., & Wong, Y. S. (2000). Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution*, 110(2), 195-205.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00310-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00310-3)
- Tilaar, S. (2014). Analisis pencemaran logam berat di muara sungai Tondano dan muara sungai Sario Manado Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 2(1), 32-39.
- Usman, A. F., Budimawan, B., & Budi, P. (2015). Kandungan logam berat Pb-Cd dan kualitas air di perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep. *Jurnal Agrokompleks*, 4(9), 103-107.
- Usman, S., La Nafie, N., & Ramang, M. (2013). Distribusi kuantitatif logam berat Pb dalam air, sedimen dan ikan merah (*Lutjanus erythropterus*) di sekitar perairan pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*, 14(2), 49-55.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.20956/mca.v14i2.1189>
- Wang, S.-L., Xu, X.-R., Sun, Y.-X., Liu, J.-L., & Li, H.-B. (2013). Heavy metal pollution in coastal areas of South China: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 76(1-2), 7-15.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.025>
- Wibisono, Y., Tjahjono, A., Sugiharto, R., & Wahyuni, O. (2022). Factors Affecting Water Quality and Surface Sediment at the Port of Tanjung Emas Semarang during the East Asian Monsoon. *Journal of Human University Natural Sciences*, 49(10), 218-231.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.10.23>
- Wibowo, D., Basri, B., Adami, A., Sumarlin, S., Rosdiana, R., Ndibale, W., & Ilham, I. (2020). Analisis Logam Nikel (Ni) dalam Air Laut dan Persebarannya di Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(2), 144-150.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.30598/ijcr.2020.8-dwi>

- Wulandari, E., Herawati, E. Y., & Arfiati, D. (2013). Kandungan logam berat Pb pada air laut dan tiram *Saccostrea glomerata* sebagai bioindikator kualitas perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. *Journal of Marine Fisheries Research*, 1(1), 10-14.
- Yanti, D. H., Nursyirwani, N., & Yoswaty, D. (2021). Isolation and Identification of Bacteria from Dumai Marine Waters that Have Potencial as Lead Bioremediation Agents. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(3), 217-222. <https://doi.org/https://doi.org/10.31258/jocos.2.3.217-222>