

## KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd DALAM SEDIMEN PADA EKOSISTEM MANGROVE DI TELUK AMBON

### *THE Pb AND Cd CONCENTRATIONS IN MANGROVE SUBSTRATE OF AMBON BAY*

**Juliana W. Tuahatu\*<sup>1</sup>, Simon Tubalawony, & Degen E. Kalay**

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura,  
Poka Ambon, 97233, Indonesia

\*E-mail: [juliana.tuahatu@gmail.com](mailto:juliana.tuahatu@gmail.com)

#### **ABSTRACT**

*The mangrove ecosystem is one of the potential coastal ecosystems in Ambon Bay waters, most of which are in Inner Ambon Bay. Threats to the mangrove ecosystem in the waters of Ambon Bay are the activities that take place around it. Moreover, several rivers that empty into Ambon Bay cause the entry of debris/waste from land. Previous studies have shown that Pb and Cd have been detected in seawater in Ambon Bay waters, so it is considered important to conduct research on mangrove ecosystem sediments. The purpose of this study was to determine the concentration of heavy metals (Pb and Cd) in sediments in the mangrove ecosystem of Ambon Bay. The sampling points of the sediment in mangrove ecosystems were carried out using purposive sampling method. Sample analysis was carried out at the Environmental Productivity Laboratory of IPB using the Nitric Acid-Perchloric Acid Digestion method. The results showed that the concentration of heavy metal Plumbum (Pb) ranged from 18.25-35.98 mg/kg and Cadmium (Cd) 1.57-2.70 mg/kg. The results showed that the concentration of heavy metal Plumbum (Pb) ranged from 18.25-35.98 mg/kg and Cadmium (Cd) 1.57-2.70 mg/kg. Based on the results of the analysis, it can be said that, although Pb was found in fairly high concentrations, it had not yet exceeded the toxic threshold, while Cd had approached the toxic threshold. Overall, it can be concluded that the sediment has been contaminated with heavy metals Pb and Cd but has not affected the mangrove ecosystem, and is an indication that natural filtration occurs.*

**Keywords:** *Ambon Bay, heavy metal, mangrove, sediment*

#### **ABSTRAK**

Salah satu potensi ekosistem pesisir yang cukup luas ada di perairan Teluk Ambon Dalam adalah ekosistem mangrove. Ancaman bagi ekosistem mangrove yang ada di perairan Teluk Ambon adalah aktivitas yang berlangsung di sekitarnya (antropogenik). Adanya beberapa sungai yang bermuara di Teluk Ambon menjadi pendukung masuknya buangan/limbah dari darat. Logam berat Pb dan Cd telah terdeteksi pada air laut di perairan Teluk Ambon, sehingga dianggap penting untuk melakukan penelitian pada sedimen ekosistem mangrove. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi logam berat (Pb dan Cd) dalam sedimen pada ekosistem mangrove Teluk Ambon. Penentuan titik pengambilan sampel sedimen pada ekosistem mangrove dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan metode *Nitric Acid-Perchloric Acid Digestion*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Plumbum (Pb) berkisar antara 18,25-35,98 mg/kg dan Cadmium (Cd) 1,57-2,70 mg/kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa, Pb walaupun didapati dalam konsentrasi yang cukup tinggi namun belum melampaui ambang batas toksik, sementara Cd telah mendekati ambang batas toksik. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa, sedimen telah terkontaminasi logam berat Pb dan Cd namun belum berpengaruh pada ekosistem mangrove, dan merupakan indikasi bahwa terjadi filtrasi alami.

**Kata kunci:** logam berat, mangrove, sedimen, Teluk Ambon

## I. PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat pada organisme laut telah menjadi perhatian dunia, masalah tersebut terus berkembang menjadi sangat serius secara global, terutama pada negara berkembang (Rumisha *et al.*, 2012; Taweel *et al.*, 2013). Karena toksisitasnya, maka dampak pencemaran logam berat dapat menjadi masalah bagi organisme, selain itu logam berat tidak dapat diurai dan dapat diakumulasi secara biologi (Nath *et al.*, 2013; Chaudhuri *et al.*, 2014). Sumber utama dari pencemaran logam berat di laut adalah pembangkit listrik, fasilitas pengolahan limbah, fasilitas pelabuhan, kegiatan pertanian, konstruksi pantai, kegiatan pertambangan dan penggalian (Qi *et al.*, 2010). Logam berat termasuk dalam bahan pencemar anorganik, dan mempunyai densitas  $> 5 \text{ g cm}^{-3}$  (Potters, 2013). Logam berat berpotensi terakumulasi dalam air dan sedimen laut sehingga berdampak negatif bagi kesehatan organisme laut (Velusamy *et al.*, 2014).

Secara umum pencemaran yang hadir di laut sebagian besar bersumber dari daratan, melalui masukan *run-off* (44%) dan atmosfer (33%). Hanya sekitar 12% bersumber dari aktivitas laut, kecelakaan kapal, dan dari pengeboran lepas pantai (Potters, 2013). Wilayah pantai dan estuari, sedimen telah dianggap sebagai pembawa dan penyerap berbagai kontaminan terutama dari kegiatan industri dan pertanian (Yang *et al.*, 2012; Gan *et al.*, 2013). Parameter lingkungan seperti pH, salinitas dan potensial redoks turut memberi kontribusi bagi pelepasan logam berat dari sedimen ke kolom air (Hill *et al.*, 2013). Sebagai akibatnya, terjadi transfer logam dari sedimen ke kolom air dan selanjutnya terjadi bioakumulasi di sepanjang rantai makanan yang merugikan lingkungan laut dan kesehatan masyarakat (Pan & Wang, 2012; Zhang *et al.*, 2015).

Organisme tidak memerlukan Pb dan Cd dalam metabolisme tubuh, oleh sebab itu

kehadirannya merupakan beban dan berpengaruh negatif bagi metabolisme. Kehadiran Pb dan Cd di dalam sel atau organ organisme menyebabkan beberapa gejala, bahkan pada dosis yang tinggi akan menyebabkan kematian (Potters, 2013). Konsentrasi logam berat dalam sedimen laut telah banyak digunakan untuk menilai masukan antropogenik dalam jangka waktu yang panjang ke dalam lingkungan laut (Ebah *et al.*, 2016).

Pencemaran logam berat berpotensi terjadi pada ekosistem mangrove karena ekosistem tersebut kaya dengan sulfida, bahan organik yang tinggi serta kondisi redoks. Logam berat yang masuk ke ekosistem mangrove dapat berasal dari sungai, intrusi air laut dan atmosfer (Bayen, 2012). Ekosistem mangrove mempunyai kemampuan untuk menyimpan logam berat (Lestari, 2018; Maiti & Chowdhury, 2013). Kondisi ini akan berbahaya bagi rantai makanan yang ada di dalamnya, karena akan terjadi transfer bahan dan energi serta logam berat akan terbawa sampai dengan tingkat trofik tertinggi (Puspasari, 2017). Dengan demikian, organisme yang ada pada setiap tingkatan trofik akan terkontaminasi. Jika hal ini terjadi, ekosistem mangrove akan mengalami degradasi. Ekosistem mangrove penting karena memiliki produktivitas yang tinggi (Bayen, 2012), serta menyediakan berbagai fungsi ekologi (Lewis *et al.*, 2011).

Perairan Teluk Ambon telah dikenal dengan berbagai potensi sumberdaya perikanan, salah satunya yang berasal dari ekosistem mangrove. Pencemaran merupakan salah satu ancaman bagi keberlangsungan ekosistem mangrove, seperti hasil penelitian Maiti & Chowdhury, (2013) menyebutkan bahwa pencemaran logam toksik pada ekosistem mangrove dapat menjadi faktor pemicu bagi pengurangan keanekaragaman hayati mangrove). Hasil penelitian Souisa (2017) menyatakan bahwa Cd dan Pb telah terdeteksi pada kolom air dan sedimen di perairan Teluk Ambon tetapi belum melebihi batas yang ditentukan dalam

baku mutu air. Lebih lanjut dikatakan bahwa adanya aktivitas PLTD Poka dan Hative Kecil, aktivitas kapal pada depot Pertamina serta transportasi laut memungkinkan adanya pencemaran Cd dan Pb pada perairan teluk Ambon.

Perairan ini terletak di Pulau Ambon yang memiliki bentang alam berbukit-bukit. Hal inilah yang menyebabkan perairan Teluk Ambon banyak mendapat masukan berbagai dampak aktivitas lahan atas. Adanya berbagai masukan dari lahan atas tersebut dapat menyebabkan pencemaran perairan. Beberapa hasil penelitian sebelumnya telah menunjukkan adanya indikasi pencemaran logam berat Pb dan Cd di Teluk Ambon (Male *et al.*, 2017; Sukaryono & Dewa, 2018; Hadinoto & Setyadewi, 2020). Salah satu aktivitas di pesisir Teluk Ambon yang diprediksi menjadi salah satu sumber pencemaran logam berat adalah aktivitas pertanian (Selanno *et al.*, 2014). Hasil penelitian pada lahan pertanian bawang merah, terdapat korelasi antara dosis pestisida dengan konsentrasi Pb dalam tanah (Karyadi *et al.*, 2012). Hasil pemantauan menunjukkan bahwa, banyak aktivitas pertanian tanaman sayur dilakukan di pesisir Teluk Ambon Dalam (TAD) dan penggunaan pestisida dalam pertanian dapat menjadi sumber logam berat. Diperkirakan dengan adanya peningkatan aktivitas lahan atas dari waktu ke waktu, maka dampak yang ditimbulkan juga akan terus mengalami peningkatan. Sampai dengan saat ini belum ada penelitian tentang logam berat di seluruh ekosistem mangrove Teluk Ambon.

Sedimen di wilayah pesisir dapat berperan sebagai pembawa maupun penyimpan berbagai kontaminan yang masuk sebagai dampak aktivitas lahan atas maupun aktivitas di laut (Yang *et al.*, 2012; Gan *et al.*, 2013). Kontaminasi sedimen telah menjadi masalah lingkungan karena dapat menyebabkan penurunan keragaman trofik makrozoobentos, dengan demikian kualitas sedimen akan menggambarkan kualitas lingkungan dasar perairan (Brown *et al.*,

2000). Akumulasi logam berat dalam sedimen ekosistem mangrove berdampak pada kualitas lingkungan perairan serta sumberdaya yang ada di dalamnya. Penelitian sebelumnya pada ekosistem mangrove Waiheru (Selanno *et al.*, 2014), Pb telah terdeteksi dalam sedimen walaupun dalam kisaran konsentrasi yang direkomendasikan. Dengan demikian, perlu diketahui apakah sedimen pada ekosistem mangrove di Teluk Ambon terkontaminasi logam berat atau tidak.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb dan Cd dalam sedimen ekosistem mangrove. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi basis data untuk pengelolaan ekosistem mangrove dan perairan Teluk Ambon pada umumnya.

## II. METODE PENELITIAN

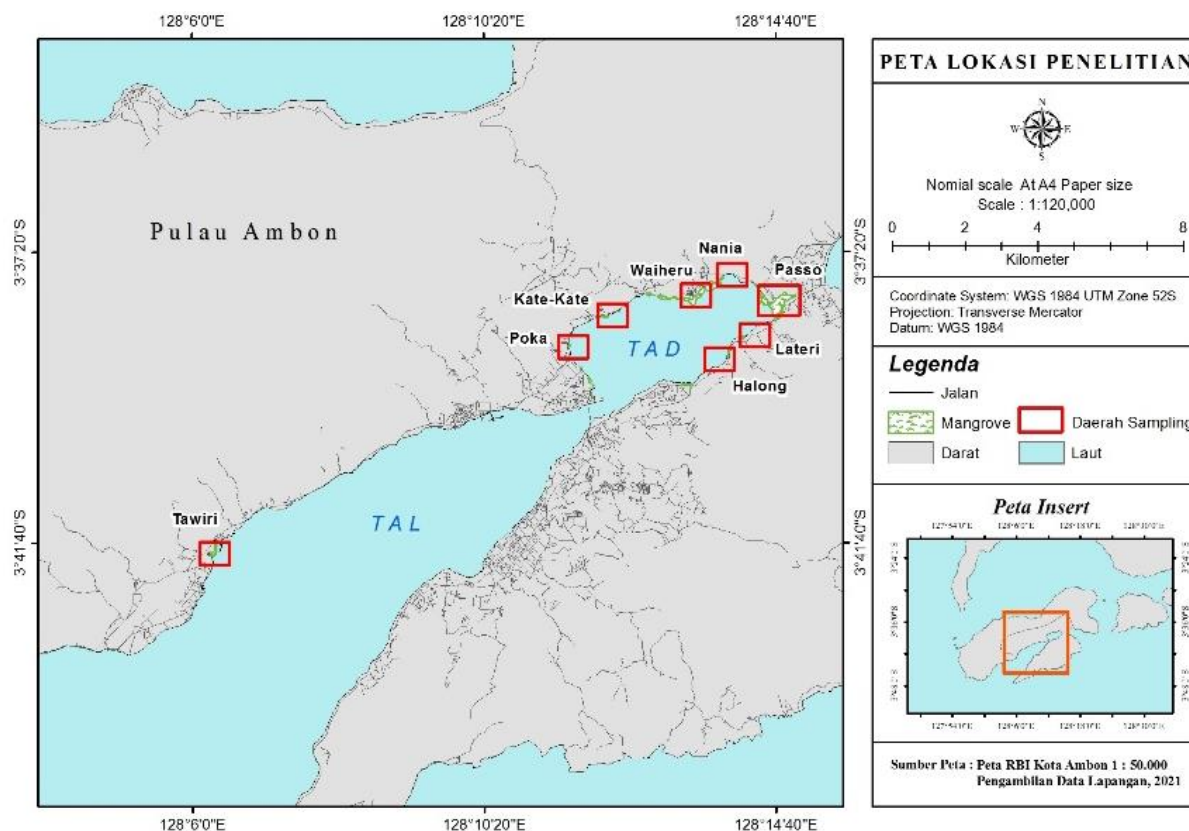
### 2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2021, sampel sedimen diambil pada waktu surut di ekosistem mangrove perairan Teluk Ambon (Gambar 1). Sampel diambil sebanyak satu kali pada 8 lokasi, yaitu Poka, Kate-kate, Waiheru, Nania, Passo, Lateri, Halong dan Tawiri. Lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan mempertimbangkan jenis aktivitas yang berlangsung pada sekitar lokasi penelitian (Tabel 1). Posisi stasiun ditentukan dengan menggunakan *geographic positioning system* (GPS) tipe GPS map 60CSx Garmin.

### 2.2. Sampling dan Analisis

Di setiap lokasi dilakukan pengambilan sampel sedimen pada 2 (dua) titik. Penentuan titik dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan warna serta tekstur sedimen. Sedimen diambil dari lapisan permukaan sampai kedalaman 15 cm dengan menggunakan PVC tube (panjang 50 cm dengan diameter 10 cm). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu surut, ketika

## Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd . . .



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel sedimen dan jenis aktivitas yang ada di sekitarnya.

Stasiun	Koordinat		Jenis aktivitas
Poka-1	128°11'35.55"	3°38'42.66"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan aktivitas PLN
Poka-2	128°11'36.46"	3°38'42.93"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan tempat perbaikan perbaikan kapal
Kate-kate1	128°12'22.64"	3°38'10.70"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan lokasi pertanian sayur
Kate-kate-2	128°12'22.58"	3°38'11.22"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan lokasi pertanian sayur
Waiheru-1	128°13'37.34"	3°37'51.61"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan Masukan dari muara sungai
Waiheru-2	128°13'38.17"	3°37'52.95"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan aktivitas pemukiman masyarakat
Nania-1	128°13'55.03"	3°37'41.62"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan aktivitas pelabuhan kapal
Nania-2	128°13'55.33"	3°37'42.08"	Lokasi pengambilan sampel berdekatan dengan tempat dok perbaikan kapal
Passo-1	128°14'35.30"	3°38'06.66"	
Passo-2	128°14'35.25"	3°38'07.92"	
Lateri-1	128°14'10.19"	3°38'36.65"	
Lateri-2	128°14'10.35"	3°38'35.51"	
Halong-1	128°13'53.70"	3°39'02.62"	
Halong-2	128°13'52.46"	3°39'01.71"	
Tawiri-1	128°06'18.18"	3°41'50.14"	
Tawiri-2	128°06'19.50"	3°41'51.46"	

substrat terekspos dengan baik. Kemudian sampel diberi label, disimpan di dalam *coolbox* yang berisi es dan di bawa ke laboratorium. Sedimen juga diambil untuk analisis porositas menggunakan metode volumetrik (Gueguen *et al.*, 1995) dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Porositas } (\emptyset) = \frac{\text{volume air}}{\text{volume sedimen}} \times 100 \quad (1)$$

Sedimen yang diambil dari lokasi penelitian, dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105 °C untuk menentukan ukuran butiran. Setelah dikeringkan, sedimen kemudian diayak dengan menggunakan *sieve shaker* dengan ukuran 100 sampai < 2 $\mu$  dan terdiri dari 4 layer, ukuran butiran sedimen diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi Wentworth (Pethick, 1984).

Analisis logam berat dilakukan dengan merujuk pada American Public Health Association (APHA, 2017). Preparasi sampel untuk analisis logam berat menggunakan metode *Nitric Acid-Perchloric Acid Digestion*. HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub> ditambahkan pada sampel yang akan dianalisis kemudian diuapkan secara perlahan dengan menggunakan *hot plate* sampai asap putih pekat muncul. Jika larutan tidak jernih, dididihkan sampai larutan menjadi jernih. Proses ekstraksi dilengkapi dengan menambahkan 10 ml HNO<sub>3</sub>. Sampel kemudian didinginkan dan diencerkan dengan air hingga 50 ml. Sampel kemudian dididihkan untuk menghilangkan klorin atau oksida, setelah itu disaring. Konsentrasi logam berat dalam sedimen dianalisis dengan menggunakan metode *Direct Air-Acetylene Flame Method* (APHA, 2017). Konsentrasi logam berat kemudian diukur dengan menggunakan *atomic absorption spectrometer* (AAS) tipe PinAAcle 900H. Keseluruhan analisis logam berat dilakukan pada laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan IPB, Bogor. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cd dalam sedimen kemudian dibandingkan

dengan standar kualitas sedimen laut (Department of Ecology State of Washington, 2013) dan kualitas sedimen untuk kehidupan biota laut yang berlaku di Canada (Ministry of Environment and Energy of Canada, 1993).

Parameter yang juga turut memberikan kontribusi bagi lingkungan seperti suhu, salinitas dan pH sedimen juga diukur dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan secara langsung pada saat pengambilan sampel. Suhu diukur dengan menggunakan thermometer batang (air raksa), salinitas menggunakan refraktometer dan pH menggunakan pH meter. Data hasil pengukuran kualitas lingkungan kemudian dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk kehidupan biota laut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

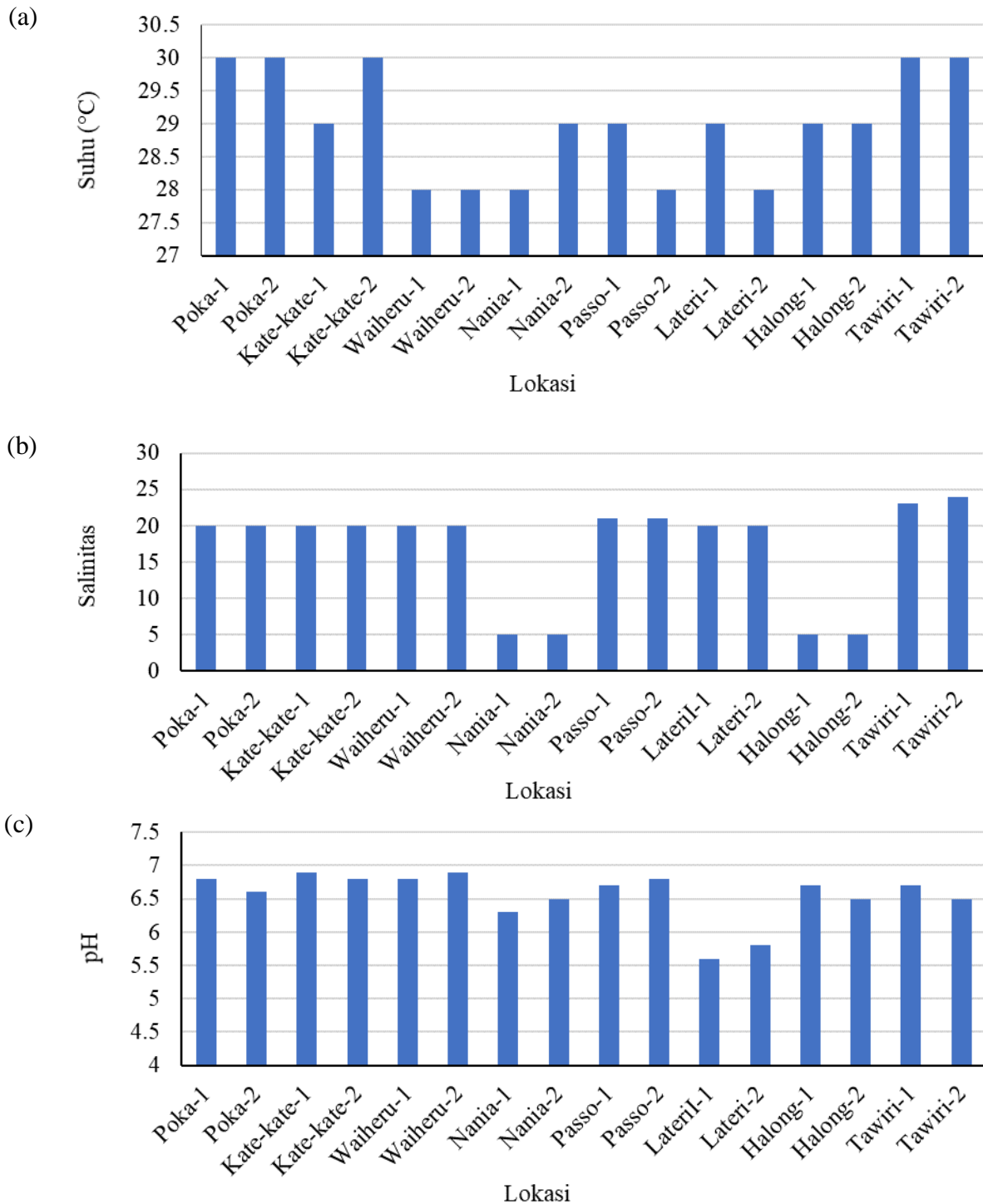
#### 3.1. Kondisi Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang diukur dalam penelitian ini adalah temperatur, pH dan salinitas, yang diukur pada air poros sedimen. Hasil pengukuran menunjukkan suhu berkisar antara 28-30 °C (Gambar 2a), kisaran ini belum melewati ambang batas yang ditentukan untuk kehidupan mangrove yaitu 28-32 °C (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004).

Salinitas menunjukkan nilai yang berkisar antara 5-24 (Gambar 2b). Nilai salinitas yang kecil pada masing-masing lokasi Nania dan Halong, disebabkan adanya saluran air buangan dari aktivitas masyarakat yang dialirkan melalui ekosistem mangrove. Hal ini yang menyebabkan salinitas pada kedua lokasi tersebut rendah. Salinitas yang rendah pada kedua lokasi tersebut tidak akan memengaruhi ekosistem mangrove, karena salinitas yang rendah ini hanya pada waktu air surut. Ketika air pasang maka air laut akan lebih dominan memengaruhi ekosistem mangrove. Salinitas yang rendah dapat menyebabkan toksisitas logam berat

meningkat (Eshmat *et al.*, 2014). Namun demikian, kondisi tersebut dapat dinetralisasi dengan adanya pasang surut, sehingga tidak akan mencapai kondisi ekstrim yang dapat memengaruhi ekosistem mangrove. Secara keseluruhan salinitas pada lokasi penelitian

tidak melewati ambang batas yang diperbolehkan untuk kehidupan mangrove, yaitu sampai dengan 34 ‰ (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51, 2004).



Gambar 2. Hasil pengukuran (a) Temperatur, (b) Salinitas, dan (c) pH.

Parameter pH berkisar antara 5,6-6,9 (Gambar 2c), hal itu berarti nilai tersebut lebih rendah dari yang diperbolehkan untuk kehidupan biota yaitu 7-8,5. pH pada setiap lokasi relatif tidak berbeda jauh, hanya pada lokasi Lateri didapati pH 5,6 dan 5,8. Lokasi tersebut terdapat sungai Wairekan yang diperkirakan turut memberikan kontribusi bagi rendahnya pH, selain itu ekosistem mangrove pada lokasi tersebut sangat berdekatan dengan pemukiman warga. Dengan demikian, ekosistem mangrove pada lokasi tersebut akan banyak mendapat masukan sampah hasil aktivitas masyarakat dan limpasan sungai dan akan memengaruhi pH. Kisaran pH yang terukur pada seluruh lokasi penelitian juga menunjukkan kondisi sedimen berada dalam kondisi asam. pH sedimen pada seluruh lokasi penelitian di bawah 7 merupakan indikasi tingginya bahan organik. (Paena *et al.*, 2017) menyebutkan bahwa pH sedimen dibawah 7 disebabkan tingginya endapan bahan organik. Kondisi pH yang rendah akan meningkatkan kelarutan logam, selain itu akan meningkatkan toksisitas logam berat (Eshmat *et al.*, 2014).

### 3.2. Konsentrasi Logam Berat dalam Sedimen Mangrove

Logam berat Pb dan Cd pada lokasi penelitian menunjukkan variasi dalam konsentrasi. Konsentrasi Pb dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan Cd, berkisar antara 18,14-35,98 mg/kg sedangkan Cd berkisar antara 1,57-2,70 mg/kg (Gambar 3). Pencemaran logam berat merupakan salah satu faktor yang memengaruhi lingkungan ekosistem mangrove, dan kehadirannya diakibatkan adanya tekanan antropogenik karena tingginya populasi (Usman *et al.*, 2013).

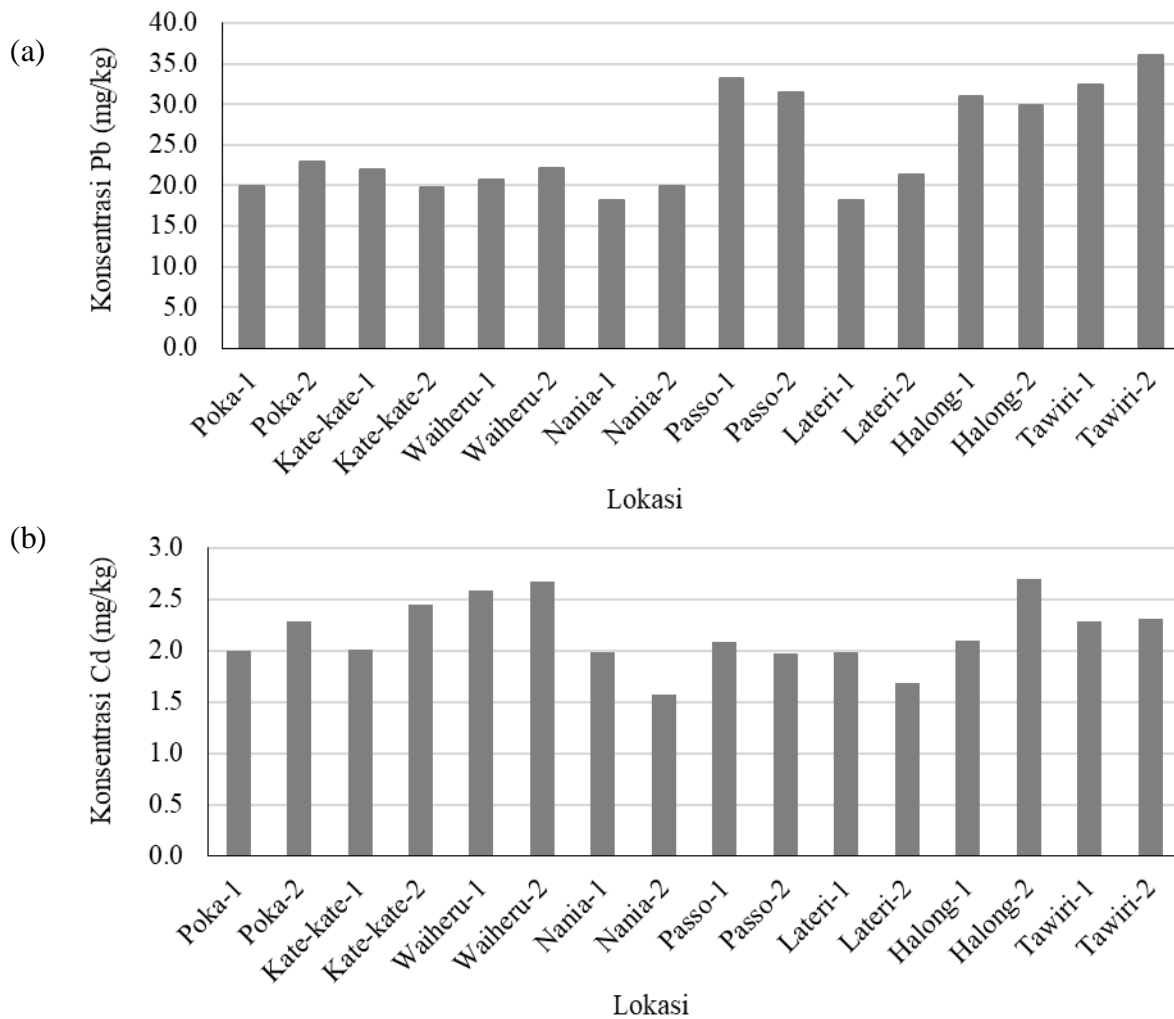
Konsentrasi Pb tertinggi dijumpai pada lokasi Tawiri, diikuti oleh Passo dan Halong. Pb merupakan logam berat xenobiotic yang digunakan dimana-mana dan merupakan logam dengan peringkat ke 5 (lima) dalam penggunaan di seluruh dunia

(Malekirad *et al.*, 2010). Stasiun Tawiri diketahui berdekatan dengan lokasi aktivitas dok perbaikan kapal dan diperkirakan aktivitas tersebut dapat memberikan kontribusi bagi lingkungan perairan sekitar karena penggunaan cat anti karat yang mengandung Pb maupun minyak sebagai dampak aktivitas perkapalan. Demikian juga pada lokasi Halong, yang merupakan tempat aktivitas pelabuhan. Sebaliknya lokasi Passo merupakan lokasi yang berdekatan dengan muara sungai Waitonahitu. Sungai tersebut berdekatan dengan aktivitas pertanian sayur sehingga akan banyak masukan buangan hasil aktivitas lahan atas yang masuk ke ekosistem mangrove.

Konsentrasi Cd tertinggi dalam penelitian ini ditemukan pada lokasi Waiheru. Lokasi Waiheru juga memiliki konsentrasi Pb yang cukup tinggi (Gambar 3). Terdapat banyak aktivitas pertanian pada lahan atas di Waiheru, dan diperkirakan aktivitas tersebut turut memberi kontribusi logam berat yang masuk ke laut. Aktivitas pertanian yang menggunakan pestisida dapat menjadi sumber pencemaran logam berat terutama Pb, karena beberapa jenis pestisida mengandung logam berat Pb (Hartini, 2011). Pb pada akhirnya akan masuk ke lingkungan perairan, selain itu terdapat pemukiman penduduk di sepanjang pesisir, yang memungkinkan pembuangan sampah langsung ke laut.

Secara keseluruhan, Logam berat Pb dan Cd telah terdeteksi pada seluruh lokasi penelitian yaitu 7 lokasi penelitian berada pada perairan Teluk Ambon Dalam (TAD). Hasil penelitian (Manullang *et al.*, 2017) mendapati bahwa telah terjadi kontaminasi Pb (14,4-24,5 mg/kg) dan Cd (0,1-0,66 mg/kg) pada sedimen permukaan di Teluk Ambon. dibandingkan dengan hasil penelitian ini, konsentrasi Pb dan Cd lebih tinggi yaitu Pb berkisar antara 18,14-35,98 mg/kg sedangkan Cd berkisar antara 1,57-2,70 mg/kg. Teluk yang sempit dengan pasang surut harian, memungkinkan konsentrasi logam berat di dalam perairan

### Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cd . . .



Gambar 3. Konsentrasi logam berat Pb (a) dan Cd (b) dalam sedimen.

akan dengan mudah terbawa ke seluruh perairan. Selain Arus turut memengaruhi sebaran logam berat di perairan, kecepatan arus yang tinggi akan dengan mudah membawa logam berat dalam kolom air (Mirawati *et al.*, 2016).

Penelitian yang dilakukan di Teluk Jakarta mendapatkan konsentrasi Pb berkisar antara 14,000-58,100 ppm sedangkan Cd 0,012-0,750 ppm, hal ini berarti bahwa konsentrasi Pb tertinggi yang didapatkan dalam penelitian ini lebih rendah sebaliknya konsentrasi Cd lebih tinggi (Permanawati *et al.*, 2016). Penelitian pada perairan Barat laut Dumai mendapatkan konsentrasi Pb tertinggi 12,69  $\mu\text{g/g}$  dan Cd tertinggi 0,10  $\mu\text{g/g}$  (Syahminan *et al.*, 2015), konsentrasi ini

lebih rendah dibandingkan yang didapat pada sedimen ekosistem mangrove Teluk Ambon. Jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas sedimen pada Tabel 2, maka konsentrasi Pb maupun Cd belum melampaui ambang batas yang diperbolehkan. Namun untuk keamanan kehidupan biota laut terutama organisme benthik, konsentrasi Pb pada lokasi Passo dan Tawiri telah melebihi konsentrasi *lowest effect level*, yang artinya bahwa kontaminasi Pb dalam sedimen dapat ditoleransi oleh sebagian besar organisme benthik. Hal yang sama juga terjadi pada Cd. Konsentrasi Cd pada semua lokasi penelitian telah melampaui *lowest effect level* tetapi masih dapat ditoleransi oleh organisme benthik.



Tabel 2. Standar kualitas sedimen.

Parameter	Department of Ecology State of Washington, 2013	(Ministry of Environment and Energy of Canada, 1993)	
		Level efek terendah ( <i>Lowest effect level</i> )	Level efek parah ( <i>severe effect level</i> )
Plumbum (Pb)	450	31	250
Cadmium (Cd)	5,1	0,6	10

Keterangan: *Lowest effect level* menunjukkan bahwa tingkat pencemaran logam berat dalam sedimen dapat ditoleransi oleh organisme bentik, sedangkan *severe effect level* adalah konsentrasi yang dapat merugikan kehidupan organisme bentik.

Hasil penelitian (Male *et al.*, 2017) menyebutkan bahwa konsentrasi Pb berkisar antara 5,755-20,077 mg/kg dan Cd 0,2042-0,6640 mg/kg. Dapat dikatakan bahwa, konsentrasi Pb dan Cd yang didapatkan dalam penelitian ini lebih tinggi. Hal ini disebabkan sedimen pada ekosistem mangrove dapat menahan logam yang terbawa oleh air, karena kandungan sulfida yang kaya, bahan organik yang tinggi serta kondisi redoks (Maiti & Chowdhury, 2013). Konsentrasi Pb yang terdeteksi dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan yang didapati pada sedimen Pulau Untung Jawa, Jakarta sedangkan konsentrasi Cd cenderung sama (Alisa *et al.*, 2020).

Terdeteksinya logam berat Pb maupun Cd pada sedimen ekosistem mangrove Teluk Ambon menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan kontribusi kegiatan di pesisir maupun di laut untuk pencemaran Pb maupun Cd. Guna keberlangsungan ekosistem mangrove diperlukan adanya pengelolaan perairan Teluk Ambon secara keseluruhan. Dengan demikian, biota laut pada perairan tersebut dapat dikonsumsi tanpa terkontaminasi logam berat.

### 3.3. Karakteristik Sedimen

Hasil analisis dominansi butiran menunjukkan bahwa sedimen terdistribusi mulai dari liat sampai dengan pasir kasar yang kemudian dikelompokkan sebagai pasir dan lumpur. Sebaran butiran menunjukkan terdapat 4 kategori dominansi butiran

sedimen pada seluruh stasiun pengamatan yaitu berpasir, pasir berlumpur, lumpur berpasir dan lumpur (Tabel 3). Selain itu, tekstur sedimen cenderung berukuran sedang sampai halus. Tekstur sedimen seperti ini berpotensi untuk menyimpan logam berat, hal ini dibuktikan dalam penelitian (Kinasih *et al.*, 2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa, tekstur sedimen pasir, lumpur dan liat mempunyai korelasi positif dengan konsentrasi logam berat.

Kategori sedimen di Stasiun Poka yaitu lumpur, hal tersebut disebabkan karena berdekatan dengan muara sungai sehingga masukan sedimen dengan ukuran butiran kecil ke laut lebih banyak. Stasiun Passo sampai dengan Kate-Kate yang terdapat pada sisi timur sampai utara Teluk Ambon Dalam memiliki kategori dominansi yang sama yaitu berpasir, baik itu pada bagian depan mangrove maupun bagian belakang. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang terjadi pada kawasan mangrove di stasiun pengamatan, baik bagian depan maupun belakang mangrove itu mirip. Hal lain juga yang terlihat adalah pada stasiun pengamatan Halong memiliki perbedaan yaitu stasiun Halong 1 pasir berlumpur, sedangkan stasiun Halong 2 lumpur berpasir. Diduga perbedaan yang terjadi karena stasiun Halong 2 berbentuk cekungan sehingga sedimen berukuran kecil (lumpur) lebih banyak terdeposit dan tekanan yang diterima lebih kecil dibanding stasiun Halong 1. Jika energi yang ditimbulkan oleh arus atau gelombang rendah, maka partikel yang lebih kecil akan

berpeluang untuk mengendap dan membentuk sedimen (Webb, 2017). Merujuk pada hasil penelitian Kinasih *et al.* (2015) maka kategori sedimen di seluruh lokasi penelitian (Tabel 3) berpotensi untuk menyerap logam berat dan lebih banyak terkonsentrasi pada sedimen dengan katagori lumpur. Poka merupakan lokasi dengan dominasi partikel sedimen berlumpur yang menunjukkan konsentrasi Pb dan Cd yang cukup tinggi. Walaupun demikian, lokasi Tawiri menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan lokasi Poka mempunyai luas area yang lebih kecil (1,8063 ha) dibandingkan Tawiri (8,8286 ha). Selain itu, Ekosistem mangrove Tawiri berdekatan dengan aktivitas perbaikan kapal yang diperkirakan merupakan sumber pencemaran logam berat bagi perairan sekitar.

Dibandingkan dengan karakteristik sedimen (Koesoemadinata, 1980), porositas sedimen pada stasiun penelitian berkisar antara 8-19% yang terbagi atas kategori buruk (Poka), cukup (Halong, Lateri dan Tawiri) dan baik (Passo, Nania, Waiheru dan Kate-Kate). Porositas sedimen dengan

kategori buruk akan sulit untuk mengalami pencucian dengan adanya pasang dan surut. Kondisi tersebut akan menyebabkan sedimen akan tetap menyimpan sejumlah konsentrasi logam berat. Penimbunan logam berat dalam sedimen yang berlangsung secara terus menerus, akan berdampak buruk bagi ekosistem mangrove. Sebaliknya porositas sedimen dengan kategori cukup dan baik, akan ada proses pencucian sehingga akumulasi logam berat dalam sedimen akan mengalami perubahan setiap waktu karena adanya pasang surut.

Terdeteksinya logam berat Pb dan Cd pada sedimen ekosistem mangrove Teluk Ambon menunjukkan bahwa, besar kemungkinan tanaman mangrove akan menyerap logam berat yang ada dalam sedimen. Logam berat Pb dapat diserap oleh mangrove jenis *Avicenia marina*, *Rhizophora mocronata*, *Bruguiera gymnorrhiza* (Ali & Rina, 2012). Hasil penelian menunjukkan bahwa jenis mangrove tersebut juga terdapat di ekosistem mangrove Teluk Ambon (Talakua, 2013; Marasabessy *et al.*, 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pb yang diserap oleh *Avicenia marina*

Tabel 3. Hasil analisis dominansi partikel sedimen.

No	Stasiun Pengamatan	Ukuran Butiran (%)		Kategori Dominansi
		Pasir	Lumpur	
1	Poka 1	5,6	94,4	Berlumpur
2	Poka 2	4,5	95,51	Berlumpur
3	Kate-Kate 1	90,49	9,51	Berpasir
4	Kate-Kate 2	91,04	8,96	Berpasir
5	Waiheru 1	90,35	9,65	Berpasir
6	Waiheru 2	78,57	21,44	Berpasir
7	Nania 1	86,51	13,49	Berpasir
8	Nania 2	78,32	21,68	Berpasir
9	Passo 1	81,93	18,08	Berpasir
10	Passo 2	75,75	24,25	Berpasir
11	Lateri 1	67,88	32,13	Pasir Berlumpur
12	Lateri 2	70,52	29,49	Pasir Berlumpur
13	Halong 1	33,27	66,73	Lumpur Berpasir
14	Halong 2	74,09	25,91	Pasir Berlumpur
15	Tawiri 1	73,63	26,37	Pasir Berlumpur
16	Tawiri 2	60,61	39,39	Pasir Berlumpur

dapat menyebabkan deformasi sel pada jaringan buah (Arisandy dkk., 2012). Cd cenderung lebih banyak terakumulasi pada bagian daun mangrove dibandingkan ranting dan akar (Setiawan, 2013). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa logam berat yang ada dalam sedimen akan menjadi ancaman bagi ekosistem mangrove di perairan Teluk Ambon.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah membuktikan bahwa sedimen pada ekosistem mangrove Teluk Ambon telah terkontaminasi dengan logam berat Pb dan Cd. Konsentrasi Pb ditemukan tinggi pada lokasi Passo, Halong, Tawiri, terendah pada lokasi Lateri dan Nania, sedangkan Cd ditemukan tinggi pada lokasi Waiheru, Halong, Kate-kate dan Tawiri, terendah pada lokasi Nania. Walaupun belum sampai pada konsentrasi yang dapat memengaruhi organisme benthik, namun hasil penelitian ini telah menjadi isyarat untuk dilakukan pengelolaan terhadap ekosistem mangrove dan secara umum perairan Teluk Ambon. Karakteristik sedimen dengan kategori porositas buruk, akan memberi peluang untuk terjadi penimbunan logam berat, dan berdampak buruk bagi ekosistem mangrove dalam jangka waktu ke depan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura Ambon yang telah mendanai penelitian ini melalui dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP). Seluruh staf Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan (Proling) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor yang telah membantu dalam proses analisis logam berat. Mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan yang telah banyak membantu dalam kegiatan sampling di lokasi penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. & Rina. 2012. Kemampuan tanaman mangrove untuk menyerap logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb). *J. Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2): 28–36.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/12216692.pdf>
- Alisa, C.A.G., P.M.S. Albirqi, & I. Faizal. 2020. Kandungan timbal dan kadmium pada air dan sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Akuatika Indonesia*, 5(1): 21-26.  
<https://doi.org/10.24198/jaki.v5i1.26523>
- American Public Health Association (APHA), A. W. W. A. (AWWA)-W. E. F. W. 2017. *Standar methods for the examination of water and wastewater 23RD edition*. 1796.  
<https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Arisandy, K., E. Herawati, & E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia Marina* (Forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *J. of Fisheries and Marine Research*, 1(1): 15–25.  
<https://jpp.ub.ac.id/index.php/jpp/article/view/114>
- Bayen, S. 2012. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. *Environment International*, 48: 84–101.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2012.07.008>
- Brown, S.S., G.R. Gaston, C.F. Rakocinski, & R.W. Heard. 2000. Effects of Sediment Contaminants and Environmental Gradients on Macrobenthic Community Trophic Structure in Gulf of Mexico Estuaries. *Estuaries*, 23(3): 411-424.  
<https://doi.org/10.2307/1353333>
- Chaudhuri, P., B. Nath, & G. Birch. 2014.

- Accumulation of trace metals in grey mangrove *Avicennia marina* fine nutritive roots: The role of rhizosphere processes. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2): 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.024>
- Department of Ecology State of Washington. 2013. Sediment Management Standards. In *Sediment Management Standards* (Issue 13). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/wa-chapter173-204.pdf>
- Ebah, E., I. Tersagh & G.C. Okpokwasili. 2016. Studies on Seasonal Variation and Effect of Heavy Metal Pollution on Microbial Load of Marine Sediment. *American Journal of Marine Science*, 4(1): 4–10. <https://doi.org/10.12691/marine-4-1-2>
- Eshmat, M.E., G. Mahasri, & B.S. Rahardja. 2014. Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) pada kerang hijau (*Perna viridis* L.) di perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur. *J. Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 6(1): 101–108. <https://doi.org/10.20473/jipk.v6i1.11387>
- Gan, H., J. Lin, K. Liang, & Z. Xia. 2013. Selected trace metals (As, Cd and Hg) distribution and contamination in the coastal wetland sediment of the northern Beibu Gulf, South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 66(1–2): 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.020>
- Gueguen, Y., V. Palciauskas, & R. Jeanloz. 1995. *Introduction to the Physics of Rocks*. *Physics Today*, 48(4): 87–88. <https://doi.org/10.1063/1.2807985>
- Hadinoto, S. & M.N. Setyadewi. 2020. Kandungan logam berat Pb dan Cd pada ikan di Teluk Ambon Dalam. *Majalah Biam, J. Balai Riset Dan Standardisasi Industri Ambon*, 16(1): 6–12. [http://litbang.kemenperin.go.id/bpbiam/article/view/5778/pdf\\_62](http://litbang.kemenperin.go.id/bpbiam/article/view/5778/pdf_62)
- Hartini, E. 2011. Kadar Plumbum (Pb) dalam Umbi Bawang Merah di Kecamatan Kersana Kabupaten Brebes. *J. Visikes*, 10(1): 69–75. <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes/article/view/686>
- Hill, N.A., S.L. Simpson, & E.L. Johnston. 2013. Beyond the bed: Effects of metal contamination on recruitment to bedded sediments and overlying substrata. *Environmental Pollution*, 173: 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.09.029>
- Karyadi, K., S. Syafrudin, & D. Soterisnanto. 2012. Akumulasi logam berat timbal (Pb) sebagai residu pestisida pada lahan pertanian (Studi Kasus Pada Lahan Pertanian Bawang Merah di Kecamatan Gemuh Kabupaten Kendal. *J. Ilmu Lingkungan*, 9(1): 1–9. <https://doi.org/10.14710/jil.9.1.1-9>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51. 2004. Baku mutu air laut untuk biota laut. <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/824/191009100640Keputusan%20MENLH%20Nomor%2051%20tahun%202004%20tentang%20Baku%20Mutu%20Air%20Laut.pdf>
- Kinasih, A.R.N., P.W. Purnomo, & Ruswahyuni. 2015. Analisis hubungan tekstur sedimen dengan bahan organik, logam berat (Pb dan Cd) dan makrozoobenthos di sungai Betahwalang, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal*, 4(1): 99–107. <https://doi.org/10.14710/marj.v4i3.9325>
- Koesoemadinata, R.P. 1980. *Geologi minyak dan gas bumi*. <http://digilib.akamigas.ac.id/akamigaslib/js/pdfjs/web/viewer.html?file=../>

- ../repository//Diktat-41.pdf
- Lestari, L. 2018. Polutan logam berat dalam ekosistem mangrove. *Oseana*, 43(3): 40–51.  
<https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.3.64>
- Lewis, M., R. Pryor, & L. Wilking. 2011. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 159(10): 2328–2346.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.04.027>
- Maiti, S.K. & A. Chowdhury. 2013. Effect of Anthropogenic Pollution on Mangrove Biodiversity: A Review. *Journal of Environmental Protection*, 04(12): 1428–1434.  
<http://dx.doi.org/10.4236/jep.2013.412163>
- Male, Y.T., D. Malle, C.M. Bijang, E.G. Fransina, C.A. Seumahu, L.M. Dolaitery, S. Landu, & N. Gaspersz. 2017. Analisis kadar logam cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada sedimen di Teluk Ambon Bagian Dalam. *Indo. J. Chem. Res.*, 5(1): 434–443.  
<https://doi.org/10.30598//ijcr.2017.5-yus>
- Malekirad, A.A., S. Oryan, A. Fani, V. Babapor, M. Hashemi, M. Baeeri, Z. Bayrami, & M. Abdollahi. 2010. Study on clinical and biochemical toxicity biomarkers in a zinc-lead mine workers. *Toxicology and Industrial Health*, 26(6): 331–337.  
<https://doi.org/10.1177/0748233710365697>
- Manullang, C.Y., Lestari, Y. Tapilatu, & Z. Arifin. 2017. Assessment of Fe, Cu, Zn, Pb, Cd and Hg In Ambon Bay surface sediments. *Marine Research in Indonesia*, 42(2): 83–92.  
<https://doi.org/10.14203/mri.v42i2.170>
- Marasabessy, R.N., N.V. Huliselan, & F.S. Pello. 2017. Produktivitas guguran dan laju dekomposisi serasah mangrove di Desa Waiheru, Teluk Ambon Dalam. *MUNGGAI: J. Ilmu Perikanan & Masyarakat Pesisir*, 3(1): 8–17.  
<https://josths.id/ojs3/index.php/munggai/issue/view/3>
- Ministry of Environment and Energy of Canada. 1993. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in ontario. *Weatherwise*, 46(5): 47–52.  
<https://doi.org/10.1080/00431672.1993.9930274>
- Mirawati, F., E. Supriyantini, & R.A.T. Nuraini. 2016. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) diperairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2): 121–126  
<https://doi.org/10.14710/buloma.v5i2.15731>
- Nath, B., G. Birch, & P. Chaudhuri. 2013. Trace metal biogeochemistry in mangrove ecosystems: A comparative assessment of acidified (by acid sulfate soils) and non-acidified sites. *Science of The Total Environment*, 463–464: 667–674.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.024>
- Paena, M., R.A. Suhaimi, & M.C. Undu. 2017. Karakteristik sedimen perairan sekitar tambak udang intensif saat musim hujan di teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *J. Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1): 221–234.  
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1>
- Pan, K., & W.X. Wang. 2012. Trace metal contamination in estuarine and coastal environments in China. *Science of The Total Environment*, 421–422: 3–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.03.013>
- Permanawati, Y., R. Zuraida, & A. Ibrahim. 2016. Kandungan logam berat (Cu,

- Pb, Zn, Cd, dan Cr) dalam air dan sedimen di perairan Teluk Jakarta. *J. Geologi Kelautan*, 11(1): 9-16.  
<https://doi.org/10.32693/jgk.11.1.2013.227>
- Pethick, J. 1984. *An introduction to coastal geomorphology (mathematical approach)* 4<sup>th</sup> ed. Page? Edward Arnold. 260p.
- Potters, G. 2013. *Marine Pollution*. 1<sup>st</sup> ed. The eBooks company. Bookboon. 231 p.  
<http://bookboon.com/en/marine-pollution-ebook>
- Puspasari, R. 2017. Logam dalam ekosistem perairan. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 1(2): 43-47.  
<https://doi.org/10.15578/bawal.1.2.2017.06.43-47>
- Qi, S., T. Leipe, P. Rueckert, Z. Di, & J. Harff, J. 2010. Geochemical sources, deposition and enrichment of heavy metals in short sediment cores from the Pearl River Estuary, Southern China. *J. of Marine Systems*, 82(3): S28–S42.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2010.02.003>
- Rumisha, C., M. Elskens, M. Leermakers, & M. Kochzius. 2012. Trace metal pollution and its influence on the community structure of soft bottom molluscs in intertidal areas of the Dar es Salaam coast, Tanzania. *Marine Pollution Bulletin*, 64(3): 521–531.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.12.025>
- Selanno, D.A.J., J.W. Tuahatu, N.C. Tuhumury, & G.I. Hatulesila. 2014. Analysis of Lead (Pb) Content in the Mangrove Forest Area in Waiheru District, Ambon. *J. Aquatic Science and Technology*, 3(1): 59-69.  
<https://doi.org/10.5296/ast.v3i1.6545>
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan distribusi logam berat pada vegetasi mangrove di perairan pesisir Sulawesi Selatan. *J. Ilmu Kehutanan*, 7(1): 12–24.
- Souisa, G.V. 2017. Konsentrasi logam berat cadmium dan timbal pada air dan sedimen di Teluk Ambon. *2 Trik : Tunas-Tunas Riset Kesehatan*, 7(1): 1-7.
- Sukaryono, I.D. & R.P. Dewa. 2018. Kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen di pesisir Teluk Ambon Dalam sebagai indikasi tingkat pencemaran. *Majalah BIAM*, 14(1): 1-7.  
<https://doi.org/10.29360/mb.v14i1.3554>
- Syahminan, S., E. Riani, S. Anwar, & R. Rifardi. 2015. Heavy Metals Pollution Status Pb and Cd in Sediments in Dumai Sea western waters – Riau Province. *J. of Natural Resources and Environmental Management*, 5(2): 133–140.  
<https://doi.org/10.19081/jpsl.5.2.133>
- Talakua, W. 2013. Valuasi Ekonomi Ekosistem Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Pantai Kota Ambon. *J. TRITON*, 9(1): 47–57.  
[https://ejournal.unpatti.ac.id/ppr\\_item\\_info\\_inlk.php?id=1352](https://ejournal.unpatti.ac.id/ppr_item_info_inlk.php?id=1352)
- Taweel, A., O.M. Shuhaimi, & A.K. Ahmad. 2013. Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93(32): 45–51.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.031>
- Usman, A.R.A., R.S. Alkredaa, & M.I. Al-Wabel. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangroves from the coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 97: 263–270.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.08.009>
- Velusamy, A., P.K. Satheesh, A. Ram, & S.

- Chinnadurai. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in commercially important marine fishes from Mumbai Harbor, India. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1): 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.049>
- Webb, P. 2017. *Introduction to Oceanography: Estuaries*. 2001–2006. <https://rwu.pressbooks.pub/webboceanography/chapter/13-6-estuaries/>
- Yang, Y., F. Chen, L. Zhang, J. Liu, S. Wu, & M. Kang, M. 2012. Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9): 1947–1955. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.04.024>
- Zhang, L., Z. Shi, Z. Jiang, J. Zhang, F. Wang, & X. Huang. 2015. Distribution and bioaccumulation of heavy metals in marine organisms in east and west Guangdong coastal regions, South China. *Marine Pollution Bulletin*, 101(2): 930–937. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.041>
- Submitted : 02 September 2021  
Reviewed : 02 March 2022  
Accepted : 17 December 2022

#### FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1. Location of sediment sample data collection map.
- Figure 2. Measurement results of environmental parameters: temperature (a), salinity (b), pH (c).
- Figure 3. Concentration of heavy metals Pb (a) and Cd (b) in sediment).
- Table 1. Location of sediment sampling and types of activities in the vicinity.
- Table 2. Sediment quality standards).
- Table 3. The results of the analysis of the sediment particles dominance).

