

ANALISIS KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) PADA SEDIMEN DI TELUK AMBON BAGIAN DALAM

Analysis of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) Metals Content on Sediment Inner Part of Ambon Bay

Yusthinus T. Male^{1*}, Dominggus Malle³, Catherina M. Bijang¹, Eirene G. Fransina¹, Cecelia A. Seumahu², Lois Mikhal Dolaitery¹, Sartika Landu¹, Nelson Gaspersz¹

¹*Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences*

²*Department of Biologi, Faculty of Mathematics and Natural Sciences*

³*Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon 97134-Indonesia*

**Corresponding author, e-mail: yusmale@fmipa.unpatti.ac.id*

Received: June 2016 Published: July 2017

ABSTRACT

The research about analysis of cadmium (Cd) and lead (Pb) metal content on sediment inner part of Ambon Bay has been done. Sampling point located at 7 stations, in Dermaga Ferry Poka (S 03° 39 minute 28.2 second, E 128° 12 minute 01.3 second), PLTD Poka (S 03° 38 minute 46.6 second, E 128° 11 minute 39.8 second), Kate-kate (S 03° 38 minute 16,3 second, E 128° 12 minute 21.7 second), Waiheru (S 03° 38 minute 10,2 second, E 128° 12 minute 54,0 second), Lateri III (S 03° 38 minute 0.6 second, E 126° 14 minute 23.8 second), Passo (S 03° 38 minute 18.6 second, E 128° 14 minute 39.3 second) dan PLTD Galala (S 03° 39 minute 47.1 second, E 128° 12 minute 0.59 second). The results of components analyzed of sediment particle size inside the Ambon Bay showed 3 components were sand, gravel, and sludge, but the sediments was dominated by sludge sand. Analysis of Cd and Pb metal content has done by using Atomic Absorption Spectrophotometry method. Analysis of Cd content showed that at 7 stations in Ambon Bay detected Cd metal with the highest concentration at 4th station of Waiheru village was 0.6640 mg/Kg and the lowest concentration at 3th station of Kate-kate village was 0.0980 mg/Kg. Meanwhile, the highest Pb content was 20.075 mg/kg at 4th station and the lowest was 5.755 mg/kg at 2nd station of PLN Poka. The content of elements composition of sediment were analyzed using XRF showed presence of SiO₂, K₂O, P₂O₅, Fe₂, BaO, NiO and Ga₂O₃ but Cd and Pb metal was not detected. This is due to the concentration of Cd dan Pb metal in mineral was not comply the maximum threshold value.

Keywords: Cd, Pb, Sediment, Ambon Bay.

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Ambon berada dalam wilayah administratif Kota Ambon. Perairan Teluk Ambon secara geomorfologis terdiri atas Teluk Ambon Bagian Luar (TAL) dan Teluk Ambon Bagian Dalam (TAD) yang dipisahkan oleh Ambang Galala yang sempit. Teluk Ambon Bagian Luar berukuran luas dengan dasar laut yang lebih dalam dan berhubungan langsung dengan laut Banda, sedangkan TAD merupakan perairan neretik dangkal dengan kedalaman ± 20 meter. Secara fisik TAD dipengaruhi oleh aliran sungai yang didominasi oleh komunitas bakau dan lamun sedangkan TAL kurang dipengaruhi oleh sungai (Tarigan, 1987).

Wilayah pesisir perairan Teluk Ambon merupakan kawasan pemukiman masyarakat, kawasan pembangkit listrik, dan jalur transportasi darat. Perairan Teluk Ambon Dalam merupakan jalur transportasi laut yang aktif. Hal ini menunjukkan perairan Teluk Ambon merupakan kawasan yang padat akan aktifitas manusia yang secara langsung akan berpengaruh pada kondisi lingkungan Teluk Ambon. Dampak yang ditimbulkan secara langsung yakni masuknya limbah pada perairan teluk yang menimbulkan beragamnya bahan pencemar di badan perairan tersebut. Jenis bahan pencemaran utama yang masuk ke perairan terdiri dari limbah organik, anorganik, residu, pestisida, dan bahan-bahan lainnya. Salah satu bahan yang mempengaruhi kualitas lingkungan serta

mencemari perairan adalah logam berat. Keberadaan logam berat di dalam laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain, limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah industri.

Beberapa logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan menurut Fardiaz (1992) adalah merkuri (Hg), timbal/timah hitam (Pb), arsenik (As), tembaga (Cu), kadmium (Cd), kromium (Cr), dan nikel (Ni). Hasil penelitian yang dilakukan oleh BTKLPPM (2008) di Teluk Ambon Bagian Dalam menunjukkan bahwa kadar logam berat pada air laut untuk logam raksa (Hg) berada di bawah 0,004 mg/L, kadmium (Cd) berada di bawah 0,001 mg/L, kromium (Cr) berada di bawah 0,001 mg/L, tembaga (Cu) berada di bawah 0,008 mg/L, timbal (Pb) berkisar antara 0,004 mg/L- 0,005 mg/L, seng (Zn) berada di bawah 0,0078 mg/L- 0,0083 mg/L. Hasil penelitian logam berat pada daun lamun di Teluk Ambon memperlihatkan bahwa kadar logam Pb, Cd, dan Cr tertinggi pada daerah Galala masing-masing adalah 37,55 mg/kg, 17,43 mg/kg, dan 18,29 mg/Kg dalam berat kering, dan kadar logam Pb dan Cr terendah pada daerah Tantai masing-masing adalah 15,1 mg/kg, 8,61 mg/kg, dan kadar logam Cd terendah pada daerah Halong yaitu 13,18 mg/kg dalam berat kering (Sipahelut, 2009).

Keberadaan logam berat di perairan Teluk Ambon dapat mengalami peningkatan jika tidak ada pengendalian terhadap kondisi lingkungan Teluk Ambon. Dari data di atas logam Cd dan Pb dalam perairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus, karena dapat berpengaruh buruk terhadap organisme yang hidup di perairan tersebut. Peningkatan kadar logam dalam air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme laut jika melewati batas ambang. Logam berat berpengaruh pada fungsi enzim dan fertilitas spesies hewan laut walaupun pada konsentrasi yang rendah (Svavarsson dkk., 2001). Efek toksik dari bahan pencemar tersebut terhadap organisme laut bisa terjadi secara fisiologi, morfologi, genetik dan bahkan kematian. Selain bersifat racun, logam berat dapat terakumulasi di dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi (Rochayatun, 2006).

Keberadaan logam Pb di perairan selain ditemukan pada tubuh organisme, contohnya kerang juga dapat terakumulasi dalam padatan

yang ada dalam perairan seperti sedimen. Hasil analisis hubungan kadar logam Cd pada air, sedimen, dan bagian tubuh *Deadema setosum* oleh Rumahlatu (2011) menyatakan bahwa perairan Teluk Ambon telah tercemar dengan *Deadema Setosum* sebagai biomonitoring. Menurut Pipkin dkk., (1987) sedimen adalah pecahan, mineral, atau material organik dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air, termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia. Selain itu, pembentukan sedimen khususnya pada perairan tertutup sangat dipengaruhi oleh daratan yang berdekatan (King, 1974). Seperti halnya Teluk Ambon yang diapit oleh daratan Leihitu dan Leitumur. Proses pencucian yang ditimbulkan oleh energi gelombang dan arus serta tekanan aliran muara sungai menyebabkan agregat sedimen dari darat dapat diuraikan menjadi partikel sedimen berbagai ukuran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam Cd dan Pb yang terdapat di dalam sedimen pada perairan Teluk Ambon Bagian Dalam khususnya pada daerah tempat penyeberangan Ferry Poka, PLTD Poka, Kate-Kate, Waiheru, Lateri, Passo dan PLTD Galala. Analisis dilakukan dengan metode spektrofotometer serapan atom yang memiliki kelebihan karena tingkat ketelitian dan keakuratannya yang tinggi, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan, dan kemudahan dalam pengoperasian alat. Keberadaan logam Cd dan Pb di dalam sedimen perlu dianalisis, sehingga dapat memberikan informasi dan data terkini tentang kondisi perairan teluk Ambon Bagian Dalam yang tercemar oleh logam Cd dan Pb dengan sedimen sebagai acuan.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel sedimen, HNO₃ (Merck), HCl (Merck), akuabides, Larutan standar Pb, Larutan standar Pb, dan es batu.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat peralatan gelas, *eickman grab sampler*, kantong plastik, kotak sampel, *global positioning system* (GPS), kotak es, sarung tangan, kertas saring Whatman No. 41,

lemari pendingin, ayakan 0.5 mm, mangkuk dan sendok plastic, oven, mortar dan alu, timbangan analitik OHAUS adventure™ Pro, penangas air, botol sampel, segitiga Shepard's, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Prosedur Kerja

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel sedimen dilakukan sesuai posisi stasiun oleh *Geographic Positioning System* (GPS) menggunakan *Eickman Grab Sampler* sebanyak 3 kali sesuai lokasi pengambilan sampel sedimen yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel

Stasiun	Koordinat	Lokasi	Kedalaman (m)
1	S 3° 39' 28,2'' E 128° 12' 01,3''	Tempat ferry Poka, Dok kapal	15
2	S 3° 38' 46,6'' E 128° 11' 39,8''	PLN Poka	2
3	S 3° 38' 16,3'' E 128° 12' 21,7''	Kate-kate	17
4	S 3° 38' 10,2'' E 128° 12' 54,0''	Waiheru	21
5	S 3° 38' 0,6'' E 128° 14' 23,8''	Belakang ACC, Passo	1,5
6	S 3° 38' 18,6'' E 128° 14' 39,3''	Lateri 3	7,5
7	S 3° 39' 47,1'' E 128° 12' 05,9''	PLN Galala	2

Sedimen yang diambil kemudian ditampung dalam kotak sampel, selanjutnya dimasukkan dalam kantong plastik sampel yang berlabel dan diletakkan dalam kotak yang berisi es (*cool box*), yang kemudian dibawa ke laboratorium dan dimasukkan ke dalam lemari pendingin untuk proses selanjutnya.

Alat-alat penelitian yang akan digunakan selama proses penelitian, sebelumnya direndam dalam larutan HNO₃ 10% selama 24 jam. Perendaman dilakukan secara bertahap hingga semua sampel dipreparasi.

Perlakuan awal sampel sedimen

Dengan menggunakan sendok plastik, sampel berupa sedimen dipindahkan ke dalam mangkuk plastik, kemudian ditimbang dan dimasukan ke dalam oven dengan suhu 63 °C hingga kering. Sampel yang telah kering dihaluskan dan diayak dengan ayakan 200 mesh.

Sampel yang telah halus ditimbang dengan timbangan analitik, kemudian sampel dimasukkan dalam kantong plastik yang telah diberi label dan siap untuk dianalisis lebih lanjut. Prosedur ini dilakukan untuk semua sampel.

Penentuan Ukuran Butir Sedimen

Sampel sedimen dipindahkan ke wadah untuk dipanaskan dalam oven (700 °C, ± 12 jam), diamkan hingga sampel kering. Timbang sampel sedimen yang sudah kering pada timbangan analitik, sehingga didapatkan berat kering total sampel. Rendam dengan aquades sedimen yang sudah ditimbang, diamkan hingga air menyatu dengan sampel. Selanjutnya ayak sampel dengan ayakan berukuran 0,063 terlebih dahulu agar fraksi lempung dapat terpisahkan. Sampel yang tertahan pada saringan 0,063 mm tersebut diayak dengan metode pengayakan basah dan saringan bertingkat dengan urutan 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; dan 0,063 mm. Sampel yang tertahan pada tiap ayakan dipindahkan ke dalam suatu wadah untuk dikeringkan. Kemudian timbang sampel yang telah kering tersebut sesuai dengan ukuran mesh ayakan. Selanjutnya hasil fraksinasi sedimen kemudian dianalisis dengan menggunakan segitiga Shepard's, berdasarkan persentase ukuran jenis sedimen (Rahayuningsih, 2007).

Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian ditambahkan larutan *aqua regia* (HNO₃ : 3 HCl) 12 mL dan dipanaskan di atas penangas air selama 3 jam hingga menghasilkan larutan jernih. Hasil larutan yang diperoleh disaring dan dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL. Larutan hasil penyaringan ditambahkan akuabides hingga tanda batas. Proses ini dilakukan untuk semua sampel sedimen. Larutan jernih yang diperoleh dianalisis dengan SSA.

Pembuatan Larutan Blanko

Aqua regia (HNO₃ : 3 HCl) sebanyak 12 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL dan dipanaskan di atas penangas air selama 3 jam hingga menghasilkan larutan jernih. Hasil larutan yang diperoleh dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL dan ditambahkan akuabides hingga tanda batas. Larutan yang dipeperoleh digunakan sebagai blanko pada analisa dengan SSA.

Pembuatan Larutan Standar Cd

Ke dalam labu takar 100 mL dimasukkan 1 mL larutan Cd dari larutan induk 1000 ppm dan diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas untuk memperoleh larutan standar Pb 10 ppm. Larutan standar 0,02; 0,04; 0,08; 0,1; 0,4; 0,8; 1,0 ppm masing-masing 100 mL dibuat dengan cara memipet sebanyak 0,2; 0,4; 0,8; 1; 4; 8; 10 mL larutan Cd dari larutan standar 10 ppm dan diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas. Masing-masing larutan standar Cd dianalisis dengan SSA

Pembuatan Larutan Standar Pb

Ke dalam labu takar 100 mL dimasukkan 1 mL larutan Pb dari larutan induk 1000 ppm dan diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas untuk memperoleh larutan standar 10 ppm. Larutan standar 0,1; 0,5; 1; dan 1,5 ppm masing-masing 100 mL dibuat dengan cara memipet sebanyak 1; 5; 10; dan 15 mL larutan Cd dari larutan standar 10 ppm dan diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas.

Pembuatan Kurva Standar

Larutan standar Cd dengan konsentrasi 0,02; 0,04; 0,08; 0,1; 0,4; 0,8; 1,0 ppm masing-masing diukur absoransinya menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,8 nm. Larutan standar Pb dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1; dan 1,5 ppm diukur absoransinya menggunakan SSA pada panjang gelombang 217 nm. Kemudian dari data yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara absorbansi (A) versus konsentrasi (C) sehingga diperoleh kurva standar berupa garis lurus.

Penentuan Kadar Logam Cd dan Pb pada Sampel Sedimen dengan Menggunakan SSA

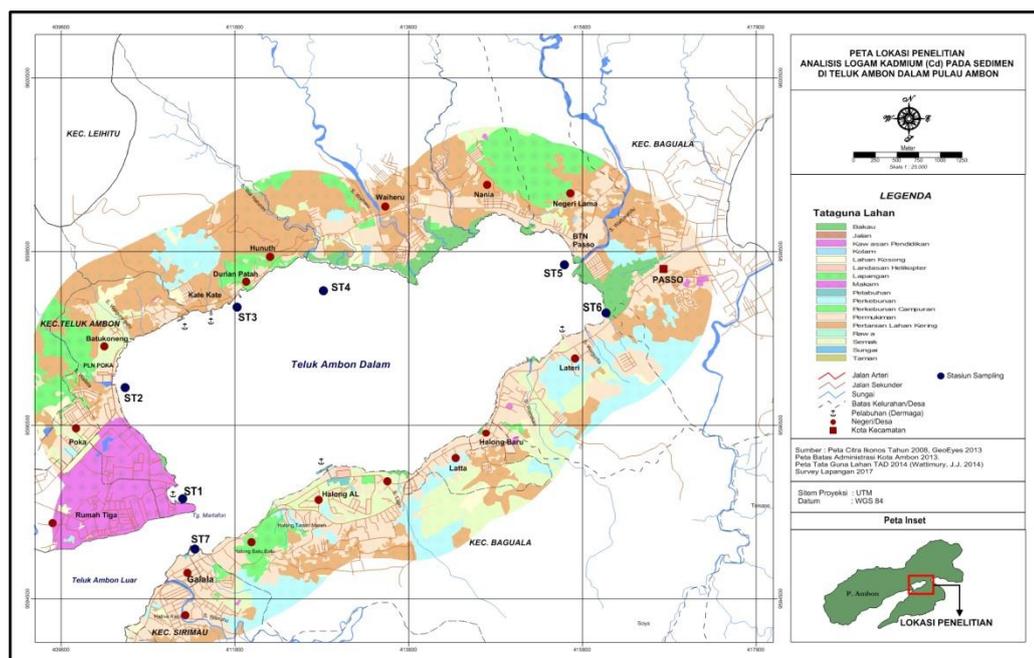
Larutan sampel dari setiap stasiun diukur absoransinya menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,8 nm untuk logam Cd, sedangkan untuk logam Pb setiap sampel diukur absoransinya menggunakan SSA pada panjang gelombang 217 nm. Absorbansi dari masing-masing sampel selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan regresi kurva standar untuk memperoleh konsentrasi masing-masing logam di dalam sampel sedimen setiap stasiun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Perairan Teluk Ambon bagian Dalam

Perairan Teluk Ambon bagian dalam (TAD) merupakan perairan dangkal dengan kisaran kedalaman 0–40 meter dan dipisahkan oleh ambang yang sempit dengan kedalaman hanya 12 meter, sehingga karakter tersebut menyebabkan sirkulasi masa air tidak berjalan lancar. Terhambatnya sirkulasi masa air tersebut disebabkan oleh perbedaan kedalaman penghubung yang relatif sempit dan dangkal serta kondisi pasang surut perairan (Mulyadi, 2015). Selain itu, ditinjau dari karakteristik morfologinya, TAD saat ini lebih banyak digunakan untuk berbagai aktivitas masyarakat yang sangat berpotensi menimbulkan pengaruh negatif terhadap kualitas perairan yaitu terdapatnya aktivitas transportasi laut berupa pelabuhan kapal PT. PELNI, kapal tradisional dan ferry antar pulau. Selain itu juga terdapat pemukiman penduduk, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangunan jembatan penyeberangan, pangkalan TNI Angkatan Laut dan POLAIRUD, tempat penambangan pasir dan batu, tempat rekreasi, lokasi pendidikan dan penelitian, aktivitas perikanan tangkap dan budidaya, serta area konservasi (Erlania dkk, 2014).

Lokasi pengambilan sampel diambil di 7 titik lokasi berbeda pada kawasan Teluk Ambon Bagian Dalam yang ditentukan dengan menggunakan GPS seperti terlihat pada Gambar 1. Pada tiap-tiap lokasi, sampel diambil sebanyak 3 kali pengulangan dengan menggunakan *Eickman Grab*. Sampel yang diperoleh berupa sedimen pada tiap lokasi menunjukkan keadaan fisik yang berbeda, faktor utama yang mempengaruhi keadaan fisik sedimen yaitu keadaan lingkungan perairan yang berbeda. Keadaan fisik dan perairan titik lokasi pengambilan sampel diperlihatkan pada Tabel 2.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Tabel 2. Keadaan fisik sedimen dan perairan

Stasiun	Kondisi Sedimen	Keterangan
1	Berupa pasir Berwarna coklat keabuan dan berbau	- Berada di dekat dermaga ferry poka - Kondisi perairan; ada sedikit sampah plastik
2	Berupa pasir krakal Berwarna coklat keabuan dan berbau	- Banyak limbah minyak dan limbah plastik, kotor dan berbau - Berada di dekat tempat berlabuhnya kapal
3	Berupa pasir lumpuran Berwarna coklat keabuan dan berbau	- Kondisi air laut kotor
4	Berupa lumpur pasiran Berwarna coklat keabuan dan berbau	- Kondisi air laut kotor - Berada sekitar ± 100 meter dari keramba ikan Balai Perikanan Waiheru
5	Berupa pasir lumpuran Berwarna coklat keabuan dan berbau	- Kondisi air laut bersih - Berada ± 100 meter dari lokasi air surut
6	Berupa pasir lumpuran Berwarna kecoklatan dan berbau	- Kondisi air laut agak kecoklatan
7	Berupa pasir lumpuran Berwarna kecoklatan dan berbau	- Kondisi air laut kehitaman, kotor dan berbau

Keterangan : Stasiun 1. Dermaga ferry Poka; 2. PLTD Poka; 3. Kate-kate; 4. Waiheru; 5. Lateri; 6. Passo; 7. PLTD Galala.

Penentuan Ukuran Butir Sampel Sedimen

Sampel sedimen yang diperoleh dilakukan penentuan ukuran butir sedimen dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara ukuran partikel sedimen dengan bahan organik yang dapat mempengaruhi presentase kadar logam berat pada sedimen. Menurut Boehm (1987) pada sedimen yang halus, presentasi bahan organik lebih tinggi dari pada sedimen yang kasar. Hal ini berhubungan dengan kondisi lingkungan yang tenang sehingga memungkinkan pengendapan sedimen lumpur yang diikuti oleh akumulasi bahan organik ke dasar perairan. Sedangkan pada sedimen yang kasar, kandungan bahan organiknya lebih rendah karena partikel yang lebih halus tidak mengendap. Demikian pula dengan bahan pencemar yang biasanya lebih tinggi pada partikel sedimen yang lebih halus.

Berdasarkan hasil penentuan ukuran butir sedimen yang diambil pada 7 titik lokasi dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikel sedimen yang ditampilkan pada Tabel 3. menunjukkan tekstur sedimen berupa lumpuran pasir, pasir lumpuran, pasir krakal, dan pasir dengan persentasi ukuran partikel sedimen yang berbeda.

Tabel 3. Penentuan ukuran butir sedimen

Stasiun	Persentase			Klasifikasi
	Krakal (%)	Pasir (%)	Lumpur (%)	
1	0,63	97,20	2,02	Pasir
2	10,22	84,43	1,23	Pasir krakal
3	7,52	55,09	32,35	Pasir lumpuran
4	0,88	46,98	51,91	Lumpur pasir
5	1,65	60,45	30,17	Pasir lumpuran
6	7,59	76,41	12,64	Pasir lumpuran
7	5,29	77,17	16,00	Pasir lumpuran

Secara umum ukuran butiran sedimen TAD di dominasi oleh pasir lumpuran. Hal ini dapat dilihat dengan presentasi keberadaan pasir di tujuh (7) titik sedimen TAD yang berkisar antara 46,98-97,20%. Distribusi ukuran butir di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis agen transportasi, gelombang, pasang surut, angin lokal, dan badai episodik yang masing-masing memiliki karakteristik spasial dan temporal. Arus juga berperan dalam distribusi sedimen di suatu perairan, khususnya terhadap sedimen tersuspensi (*suspended sediment*). Pada daerah dengan turbulensi tinggi, fraksi yang memiliki kenampakan makroskopis seperti kerikil dan pasir akan lebih cepat mengendap dibandingkan fraksi yang berukuran mikroskopis seperti lumpur (Nugroho dan Basit, 2014). Hal ini dapat dilihat pada stasiun 1 yang lebih didominasi oleh pasir, stasiun 2 oleh pasir dan kerikil, dan stasiun 3, 5, 6, dan 7 oleh pasir lumpuran. Berbeda dengan stasiun 4 dengan kondisi arus yang tidak stabil sehingga terjadi pengendapan fraksi sedang sampai kasar (pasir) sehingga terjadi perselingan lumpur dan pasir.

Penentuan Kadar Logam Cd pada Sampel Sedimen Menggunakan SSA

Pada pengukuran absorbansi larutan standar Kadmium (Cd) dengan Spektroskopi Serapan Atom diperoleh harga koefisien determinasi ($R^2=0,9996$) dari kurva standar dengan persamaan regresi yakni $y = 0.4535x + 0.0001$. Selanjutnya dari hasil pengukuran absorbansi sampel sedimen akan diplotkan pada persamaan regresi kurva standar. Hasil analisis kandungan logam Cd dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data logam Cd pada 7 titik TAD

Stasiun	Absorbansi	Konsentrasi Logam Cd	
		ppm	(mg/Kg)
1	0,0014	0,0028	0,1248
2	0,0020	0,0041	0,2042
3	0,0010	0,0020	0,0980
4	0,0062	0,0134	0,6640
5	0,0038	0,0081	0,4011
6	0,0034	0,0072	0,3592
7	0,0050	0,0107	0,3022

Berdasarkan hasil yang diperoleh, pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa kadar logam Cd yang terdapat di sedimen untuk stasiun 1-7 berkisar antara 0,0980 hingga 0,6640 mg/Kg. Kadar tertinggi adalah 0,0134 ppm atau sebesar 0,6640 mg/Kg pada stasiun 7 yaitu di Desa Waiheru. Kadar logam yang paling rendah terdapat pada desa Kate-Kate dengan konsentrasi sebesar 0,0020 ppm atau 0,0980 mg/Kg. Standar baku mutu air laut untuk wisata bahari berdasarkan Keputusan Menteri LH Nomor 51 Tahun 2004 adalah sebesar 0,002 ppm. Dengan demikian, dapat dikatakan terdapat enam stasiun (stasiun 1, 2, 4, 5, 6, dan 7) yang menjadi tempat pengambilan sampel telah terkontaminasi logam Cd dan melebihi ambang batas yang ditentukan, sedangkan stasiun 3 masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

Maslukah (2013) mengatakan bahwa pada umumnya sedimen yang mempunyai ukuran partikel yang lebih halus (dalam penelitian ini presentase lumpur lebih tinggi) akan diikuti dengan kenaikan jumlah bahan anorganik dan organiknya. Semakin halus sedimen, kemampuan dalam mengakumulasi bahan anorganik dan organik semakin besar. Kandungan bahan anorganik seperti logam pada umumnya akan tinggi pada sedimen lumpur (campuran silt dan clay). Hal ini terbukti dengan tingginya kadar logam Cd yang terdapat pada stasiun 4 yang mengandung lumpur.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Tuahattu dan Pattiasina (2009) dengan sampel sedimen pada daerah Galala, Passo, Waiheru, dan Poka yang diperoleh tahun 2007 dan 2009, nilai Cd mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada tahun 2009 dan pada tahun 2016 di daerah tertentu mengalami penurunan, hal ini dapat di lihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran logam Cd pada sedimen di tahun 2007, 2009, dan 2016

Tahun	Logam	Lokasi			
		Galala (ppm)	Passo (ppm)	Waiheru (ppm)	Poka (dermaga ferry-PLN) (ppm)
2007	Cd	0,0610	-	0,0570	0,0048
2009	Cd	1,1656	<0,0010	<0,0010	0,8036
2016	Cd	0,0108	0,0081	0,0134	0,0028–0,0042

Sumber : Data Primer (2016), Tuahattu dan Pattiasina (2009)

Hasil pengukuran tahun 2007 dan 2009 pada Tabel 5 dilakukan pada sedimen yang diambil di beberapa lokasi. Dari tabel diatas dapat diketahui nilai Cd mengalami peningkatan pada lokasi yang sama, namun ada pula yang berkurang. Nilai Cd pada tahun 2007 pada daerah Galala adalah 0.0610 ppm meningkat pada tahun 2009 menjadi 1.1656 ppm. Hal yang sama juga terjadi pada daerah poka. Penurunan nilai Cd terjadi pada desa Waiheru yakni 0.048 ppm pada Tahun 2007 dan menurun pada tahun 2009 menjadi <0.0010 (Tuahattu dan Pattiasina, 2009). Tingginya aktivitas di lahan yang disertai dengan tidak adanya pengelolaan limbah yang sesuai merupakan salah satu penyebab meningkatnya nilai Cd. Selain itu, aktivitas pada perairan Teluk Ambon itu sendiri seperti aktivitas perbaikan kapal, yang menyebabkan limbah masyarakat dan cat anti karat masuk ke perairan, dimana keduanya turut memberi kontribusi bagi hadirnya Cd di perairan. Sumber limbah yang banyak mengandung logam berat biasanya berasal dari aktivitas industri, pertambangan, pertanian dan pemukiman. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih, 1982 dalam Ohello, 2010).

Berbeda dengan hasil pengukuran kadar logam Cd pada sedimen pada tahun 2009 yang mengalami kenaikan, tahun 2016 terjadi penurunan pada daerah Galala menjadi 0,0017 ppm serta daerah Poka yakni 0,0028-0,0041 ppm, sedangkan pada daerah Passo dan Waiheru mengalami kenaikan yakni 0,0081 ppm dan

0,0134 ppm. Adanya kenaikan logam berat pada beberapa daerah disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Effendi (2003), sumber kadmium di alam yang terpenting berasal dari tanah pertanian yang tercemar, pembakaran sampah dan hasil industri kadmium banyak digunakan dalam pelapisan logam, baterai, peralatan elektronik, pelumas, gelas, keramik, tekstil, dan plastik.

Penentuan Kadar Logam Pb pada Sampel Sedimen Menggunakan SSA

Sedimen pada umumnya memiliki kadar logam berat lebih tinggi pada daerah perairan, hal ini disebabkan karena logam berat pada lingkungan perairan akan diserap oleh partikel kemudian terakumulasi pada sedimen (Susantoro dkk. 2015). Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan diperoleh kadar logam Pb dalam sampel sedimen pada masing-masing titik lokasi berada pada kisaran 5,755 mg/kg – 20,075 mg/kg yang diperlihatkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data logam Pb pada 7 titik TAD

Stasiun	Absorbansi	Konsentrasi
		Logam Pb (mg/Kg)
1	0,0056	8,588
2	0,0035	5,755
3	0,0127	18,619
4	0,0138	20,075
5	0,0037	5,951
6	0,0067	10,190
7	0,0099	14,664

Data pada Tabel 6 menunjukkan kadar logam Pb tertinggi diperoleh pada stasiun 4 dengan kadar sebesar 20,075 mg/kg, hal ini mengidentifikasi bahwa pada lokasi tersebut mengakumulasi logam Pb lebih banyak dibandingkan stasiun lainnya. Sedangkan stasiun yang memiliki kadar logam Pb terendah yakni pada stasiun 2 dan 5 dengan kadar yang hampir sama yaitu 5,755 mg/kg dan 5,951 mg/kg. Faktor yang mempengaruhi tingginya kadar logam berat pada sedimen umumnya dari tekstur sedimen, aktifitas dan kondisi pada perairan tersebut.

Kondisi perairan pada stasiun 2 memiliki konsentrasi logam Pb rata-rata 5,755 mg/kg merupakan lokasi yang dekat dengan PLTD Poka dengan kedalaman pengambilan sedimen

± 2 meter. Lokasi 2 merupakan yang terendah, hal ini dikarenakan tekstur sedimen yang terdiri dari 10,22% krakal, 84,43% pasir dan 1,23% lumpur. Dalam pengklasifikasiannya disebut pasir krakal. Tekstur dengan tipe substrat pasir krakal sangat sulit untuk mengikat logam. Hal ini disebabkan oleh ukuran sedimen yang lebih kasar dibandingkan dengan yang lain membuat logam dan bahan organik lainnya sulit mengendap. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen (Wilson dkk., 1985 dalam Arisandi 2001). Alasan tersebut juga berlaku untuk stasiun 1, 5, 6, dan 7 yang memiliki kadar logam Pb rata-rata rendah. Hal ini dikarenakan, tiap stasiun tersebut memiliki ukuran sedimen yang berupa pasir krakal dan pasir lumpuran yang masuk dalam kategori jenis sedimen yang sulit untuk mengendapkan logam berat.

Berdasarkan hasil analisis stasiun 4 dengan konsentrasi rata-rata logam Pb sebesar 20,075 mg/Kg menjadi lokasi dengan konsentrasi logam tertinggi, karena memiliki persentasi sedimen berupa 0,88% krakal, 46,98% pasir dan 51,91% lumpur. Kedalaman Pengambilan sedimen ± 21 meter. Lokasi ini memiliki ukuran partikel sedimen yang lebih halus seperti lumpur, sehingga mudah untuk mengikat logam. Menurut Kamaruzzaman dkk., (2008) bahwa semakin kecil ukuran fraksi sedimen, maka semakin besar akumulasi logam berat dalam sedimen tersebut. Hal ini juga dibenarkan oleh Benhard (1981) dalam Erlangga (2007) bahwa konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Tak berbeda jauh dengan stasiun 4, stasiun 3 juga memiliki kadar logam Pb rata-rata tertinggi kedua setelah stasiun 4. Dalam pengklasifikasiannya, stasiun 3 meskipun termasuk dalam klasifikasi pasir lumpuran tapi memiliki presentasi lumpur terbesar dibandingkan klasifikasi sejenisnya. Alasan tersebut yang menjadi penyebab tingginya kadar logam Pb rata-rata pada stasiun 3 dan 4. Pembeneran hal tersebut juga dikemukakan oleh Zanganeh dkk., (2008) yang mengatakan bahwa partikel halus akan memiliki daya adsorpsi logam yang lebih tinggi. Jadi, semakin halus tekstur sedimen maka semakin

tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir.

Menurut Suhendrayatna (2001), tipe sedimen dapat mempengaruhi kandungan logam berat dalam sedimen dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir. Konsentrasi logam berat yang lebih tinggi umumnya ditemukan pada sedimen lempung, debu dan lempung berpasir. Hal ini juga terlihat pada hasil penelitian yang dilakukan, dimana pada stasiun 4 dengan tekstur sedimen berupa lumpur pasir memiliki kandungan logam yang tertinggi dibandingkan dengan stasiun yang lain. Begitu juga dengan stasiun 2 yang menjadi stasiun dengan kandungan logam Pb terendah karena tekstur sedimen yang berpasir kasar sehingga sulit untuk mengikat logam berat. Dalam hal ini, jika dibandingkan dengan standar logam berat pada sedimen menurut Swendish Environmental Protection Agency (SEPA) untuk logam timbal adalah < 25 mg/Kg maka kandungan logam Pb pada lokasi Teluk Ambon Bagian Dalam belum melewati batas ambang yang ditetapkan.

Analisis Senyawa Logam dari Sedimen

Berdasarkan hasil analisis unsur pada sedimen di Teluk Ambon bagian Dalam dengan menggunakan metode XRF, kadar unsur tertinggi adalah logam Si yang mencapai 28,90 % w/w, sedangkan kadar unsur terendah adalah logam Ga yang hanya mencapai 0,0019 % w/w. Hasil uji XRF untuk kandungan logam pada sedimen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis kandungan unsur penyusun sedimen menggunakan metode XRF

No	Oksida	Jumlah (%)	Elemen	Jumlah (%)	Sd
1	SiO ₂	61,8000	Si	28,9000	0,1100
2	K ₂ O	3,3100	K	2,7400	0,0700
3	Fe ₂ O ₃	2,5900	Fe	1,8100	0,0600
4	P ₂ O ₅	0,1240	P	0,0541	0,0027
5	BaO	0,0364	Ba	0,0326	0,0065
6	NiO	0,0050	Ni	0,0039	0,0005
7	Ga ₂ O ₃	0,0025	Ga	0,0019	0,0003

Hasil analisis XRF di atas menunjukkan tidak adanya kandungan logam Cd dan Pb dalam sampel sedimen. Hal ini dikarenakan konsentrasi logam Cd dan Pb dalam mineral tidak memenuhi nilai ambang batas maksimum, dalam analisis

dengan XRF konsentrasi yang di butuhkan yaitu minimal 10 ppm dari konsentrasi sampel. Jumlah konsentrasi logam Cd dan Pb yang terkandung dalam sedimen yang di analisis menggunakan SSA belum mencapai konsentrasi minimum yakni 10 ppm dalam analisis dengan menggunakan XRF.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Material yang terkandung di dalam sedimen berdasarkan ukuran butiran sedimen di daerah ferry Poka adalah pasir (97,20 %), pasir kerakal (84,43% dan 10,22%) di PLN Poka, pasir lumpuran pada Desa Kate-kate (55,09 % dan 32,35%), lumpur pasiran (51,91 % dan 46,98 %) di Desa Waiheru, di Desa Passo adalah pasir lumpuran (60,45 % dan 30,17 %), pasir lumpuran (76,41 % dan 12,64 %) pada Desa Latta, dan pada Desa Galala pasir lumpuran (77,17 % dan 16,00 %).
2. Kadar logam Cd di perairan Teluk Ambon bagian Dalam (TAD) pada ferry Poka adalah sebesar 0,1248 mg/kg, PLN Poka sebesar 0, 2042 mg/kg, Kate-Kate sebesar 0, 0980 mg/kg, Waiheru sebesar 0,6640 mg/kg, Passo sebesar 0,3592 mg/kg, Latta sebesar 0, 3592 mg/kg dan Galala sebesar 0,3022 mg/kg.
3. Kadar logam Pb di perairan Teluk Ambon bagian Dalam (TAD) pada ferry Poka adalah sebesar 8,588 mg/kg, PLN Poka sebesar 5,755 mg/kg, Kate-Kate sebesar 18,619 mg/kg, Waiheru sebesar 20,075 mg/kg, Passo sebesar 5,951 mg/kg, Latta sebesar 10,190 mg/kg dan Galala sebesar 14,664 mg/kg.
4. Kadar logam Cd pada sedimen yang terdapat di enam stasiun (stasiun 1, 2, 4, 5, 6, dan 7) TAD telah terkontaminasi logam Cd dan melebihi ambang batas yang ditentukan, sedangkan stasiun 3 masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.
5. Kadar logam Pb pada sedimen di Teluk Ambon Bagian Dalam masih dikategorikan aman karena belum mengalami pencemaran dan belum melewati batas ambang yang ditetapkan oleh Swendish Environmental

Protection Agency (SEPA) yaitu sebesar < 25 mg/kg untuk logam Pb.

6. Kandungan unsur dalam sedimen di Teluk Ambon bagian Dalam (TAD) adalah Si (28,90 w/w), K (2,74 w/w), Fe (1,81 w/w), P (0,0541 w/w), Ba (0,0326 w/w), Ni (0,0039 w/w), Ga (0,0019 w/w).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Pattimura yang telah membiayai penelitian ini melalui kegiatan Penelitian Produk Unggulan Daerah Tahun 2017 dengan nomor kontrak : 08.74.2H/SPK-PJ/UN13-PPBJ/PUD-LP2M/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Djuangsih, N., A.K. Benito, H. Salim, 1982, Aspek Toksikologi Lingkungan, Laporan Analisis Dampak Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Edward, 1995, Analisis Kondisi Ekosistem Perairan Teluk Ambon dan Pengolaannya. *Jurnal pusat studi lingkungan perguruan tinggi seluruh indonesia*. Puslitbang Oseanologi-Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Istitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Erlangga. 2007, Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). Tesis. Program Pascasarjana: Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Erlania, Radiarta, I. N., Rasidi., 2014, Indeks Biologi Fitoplankton Sbagai Indikator Kondisi Perairan Pada Lokasi Budidaya Laut di Teluk Ambon Dalam Provinsi Maluku. <https://www.researchgate.net/publication/275214870>. Diakses tanggal 19 April 2017.
- Kamaruzzaman B.Y., Ong, M.C., Jalal, K.C.A., Shahbudin S, Nor , O. M., 200, Accumulation of Lead and Copper in *Rhizophora apiculata* from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia. *Journal of Environmental Biology*. Vol.3, Hal 821-824.
- King, C. A. M, 1974. *Introduction to Marine Geology and Geomorphology*. Edward Arnold (Publisher). London: 309.

- Maslukah, L., 2013, Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina Vol. 2* 55-62.
- Mulyadi, H. A., 2015, Urgensi Pengelolaan Kawasan Pesisir Teluk Ambon Ditinjau Dari Aspek Sumberdaya Meroplankton. <https://www.researchgate.net/publication/278671246>. Diakses Tanggal 19 April 2017.
- Nugroho, S. H., Basit, A., 2014, Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir Di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 6, No. 1, Hlm. 229-240*.
- Ohello, M. T., 2010, Kondisi Lingkungan Perairan Teluk Ambon Dalam dan Hubungannya dengan Perilaku Masyarakat. *Thesis*. Sekolah Pascasarjana. IPB, Bogor.
- Pipkin, B. W., D. S. Gorsline, R. E. Casey, D. E. Hammond. 1987, *Laboratory Exercises in Oceanography*. Second Edition. W. H. Treeman and Company. New York.
- Rahayuningsih, S. K. 2007, *Pedoman Analisa Sedimen Lepas di Laboratorium Geologi Laut Bidang Dinamika Laut*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Rumahlatu, D. 2011, Konsentrasi Logam Berat Kadmium pada Air, Sedimen dan *Deadema Setosum (Enchinodermata, Echinoidea)* di Perairan Teluk Ambon. *Jurnal Penelitian* Vol 16 (2) pp 78-85.
- Sipahelut, A., 2009, Penentuan Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Cr pada Daun Lamun *Enhacus Acoroides* di Perairan Teluk Ambon. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura Ambon.
- Suhendrayatna, 2001, Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: *Laporan kajian Kepustakaan*. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21.
- Susantoro, T. M., Sunarjanto, D., Adayani, A. 2015, Distribusi Logam Berat pada Sedimen di Perairan Muara dan Laut Provinsi Jambi. *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol. 10 No. 1. Hal 1-11.
- Svavarsson, J. A., Granmo, R., Ekelund, J. Szpunar, 2001, Occurrence and Effects of Organition on adult Common Whelk Buccinan Undatun (Molusca Gastropods) in Harbours and in a simulated Dredging Situation. *Mar. Poll. Bull.* 42: 370-376.
- Tarigan, 1987, Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb, Cd, dan Zn, dalam Air dan Biota di Teluk Ambon. *Laporan : Penelitian BSD-LIPI Ambon*.
- Tuahattu, J. W., B. J. Pattiasina., 2009, Komposisi dan Distribusi Sampah Domestik Pada Ekosistem Mangrove di Passo dan Waiheru Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Ichthyos* Vol. 4 No. 2. Hal 55-60.
- Zanganeh A.H.P., Lakhani. V. C, Vazyari, M., 2008, Geochemical Associations and Grain Size Partitioning of Heavy Metals in Nearshore Sediments Along the Iranian Coast of the Caspian Sea. *Journal Science*, Vol. 35 :192-202.