

Studi Pendahuluan Logam Berat pada Lamun *Cymodocea rotundata* di Teluk Doreri Kabupaten Manokwari

*Preliminary Study of Heavy Metals on the Seagrass *Cymodocea rotundata* in Doreri Bay Manokwari Regency*

Luky Sembel^{1,2)*}, Dwi Setijawati³⁾, Defri Yona³⁾, Emmanuel Manangkalangi^{2,4)}, Philipus Musyeri⁴⁾, Yenny Risjani³⁾*

¹⁾ Mahasiswa Program Doktor Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Indonesia

²⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Papua, Indonesia

³⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Indonesia

⁴⁾ Laboratorium Perikanan FPIK Universitas Papua, Indonesia

*Email: lukysembel76@gmail.com; risjani@ub.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima

Januari 2021

Disetujui

Januari 2021

Dipublikasikan

Januari 2021

Keywords:

Cymodocea rotundata,

Heavy metals, Metal

Pollution Index, Doreri

Bay, Manokwari

Abstrak

Sumber aktivitas di Teluk Doreri berasal dari pasar Sanggeng, pasar Wosi, pelabuhan, PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), Rumah Sakit, Perhotelan dan pemukiman penduduk. Ekosistem lamun mempunyai fungsi sebagai penyedia makanan, sebagai produktivitas primer dalam perairan, peredam datangnya gelombang, tempat pertumbuhan dan perkembangan biota serta perangkap sedimen. Penelitian dan informasi tentang akumulasi logam berat di lamun, khususnya *Cymodocea rotundata* masih sangat terbatas, khususnya di Teluk Doreri. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan akumulasi logam berat di lamun *Cymodocea rotundata*, meliputi daun, akar dan rhizome, membandingkan akumulasi logam berat di lamun *Cymodocea rotundata* setiap lokasi serta mengetahui indeks pencemaran dari setiap lokasi. Penelitian dilakukan di Teluk Doreri Manokwari Papua Barat pada bulan Agustus Tahun 2018. Lokasi pengambilan sampel lamun *Cymodocea rotundata* di sekitar Perairan Pelayaran, Wosi, Yankarwar, Anggrem dan Pulau Nusmapi. Hasil penelitian diperoleh konsentrasi Cu tertinggi di digambarkan dari setiap lokasi yakni berkisar 18,75 – 28,64 (mg.kg⁻¹), diikuti oleh logam berat Pb berkisar 0,46-19,31 (mg.kg⁻¹), selanjutnya logam berat Cd berkisar 1,11-4,97(mg.kg⁻¹) dan konsentrasi Cr⁶⁺ terendah di setiap lokasi berkisar 0,20 -0,52 (mg.kg⁻¹). Prosentasi konsentrasi logam di bagian akar dan rhizoma $\geq 50\%$, bahkan bisa mencapai 82,64%, yaitu logam Pb di Pantai Yankarwar. Sedangkan konsentrasi logam di bagian daun berkisar di antara 17,36-50,00% dan paling tinggi proporsinya ditemukan pada logam Pb di lokasi Pelayaran dan logam Cr⁶⁺ di lokasi Wosi. Hasil Perhitungan *Metal Pollution index* (MPI) logam berat Pb, Cd, Cu dan Cr⁶⁺ menunjukkan indeks logam berat tertinggi dari 5 lokasi terdapat di Pantai Anggrem dan terendah di Pantai Pelayaran.

Abstract

*Sources of activity in Dorei Bay come from the Sanggeng market, the Wosi market, the port, the PLTD (Diesel Power Plant), hospitals, hotels, and residential areas. The seagrass system has a function as a food provider, as primary productivity in waters, dampers the arrival of waves, a place for growth and development of biota and sediment traps. Research and information on the accumulation of heavy metals in seagrass, especially *Cymodocea rotundata* are still very limited, especially in Doreri Bay. This study aims to describe the accumulation of heavy metals in seagrass *Cymodocea rotundata*, including leaves, roots, and rhizome, comparing the accumulation of heavy metals in seagrass *Cymodocea rotundata* each location as well as knowing the pollution index of each location. The research was conducted in Doreri Bay, Manokwari, West Papua in August 2018. The sampling locations for *Cymodocea rotundata* seagrass were around the waters of Pelayaran, Wosi, Yankarwar, Anggrem, and Nusmapi Island. The results showed that the highest Cu concentrations were described from each location, which ranged from 18.75 to 28.64 (mg.kg⁻¹), followed by heavy metal Pb ranging from 0.46-19.31 (mg.kg⁻¹), then logm weight of Cd ranged from 1.11-4.97 (mg.kg⁻¹) and the lowest Cr6 + concentration in each location ranged from 0.20 -0.52 (mg.kg⁻¹). The percentage of metal concentrations in the roots and rhizomes is 50%, it can even reach 82.64%, namely Pb metal at Yankarwar Beach. Meanwhile, the metal concentration in the leaf area ranged between 17.36-50.00% and the highest proportion was found in Pb metal at the Pelayaran location and Cr6 + metal at the Wosi location. The calculation results of the Metal pollution Index (MPI) for heavy metals Pb, Cd, Cu, and Cr6 + show that the highest heavy metal index of 5 locations is on Anggrem Beach and the lowest is at Pelayaran Beach.*

PENDAHULUAN

Kota Manokwari merupakan ibu kota Provinsi Papua Barat yang sedang berkembang. Perkembangan kota sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan penduduk yang diikuti pula dengan meningkatnya kawasan pemukiman dan peningkatan produksi industri rumah tangga serta berkembangnya kawasan industri dalam memicu terjadinya peningkatan pencemaran pada wilayah pesisir. Sumber aktivitas di Teluk Doreri berasal dari Pasar Sanggeng, Pasar Wosi, pelabuhan, PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Disel), Rumah Sakit, Perhotelan dan pemukiman penduduk. (Sembel & Manan, 2018). Kegiatan-kegiatan tersebut telah menghasilkan konsentrasi yang tinggi di perairan Teluk Doreri seperti nitrat, fosfat dan logam berat kadmium yang telah melewati baku mutu KLH No 51 Tahun 2004 (Sembel et al., 2019). Kondisi ini dapat mempengaruhi ekosistem perairan yang bisa mengakibatkan degradasi ekologi lingkungan serta membahayakan bagi biota dan juga manusia melalui rantai makanan.

Salah satu ekosistem penting dalam keseimbangan lingkungan di wilayah pesisir adalah lamun (Pattipeilohy et al., 2020). Menurut (Lefaan, 2012) menyatakan bahwa ekosistem lamun mempunyai fungsi sebagai penyedia makanan, sebagai produktivitas primer dalam perairan, peredam datangnya gelombang, tempat pertumbuhan dan perkembangan biota serta perangkap sedimen. Selain fungsi tersebut lamun juga berfungsi sebagai perangkap bahan pencemar melalui akumulasi logam berat di lamun (Sembel et al., 2019). Lamun *Cymodocea rotundata* di Teluk Doreri tergolong lamun pioner, keberadaannya disetiap lokasi

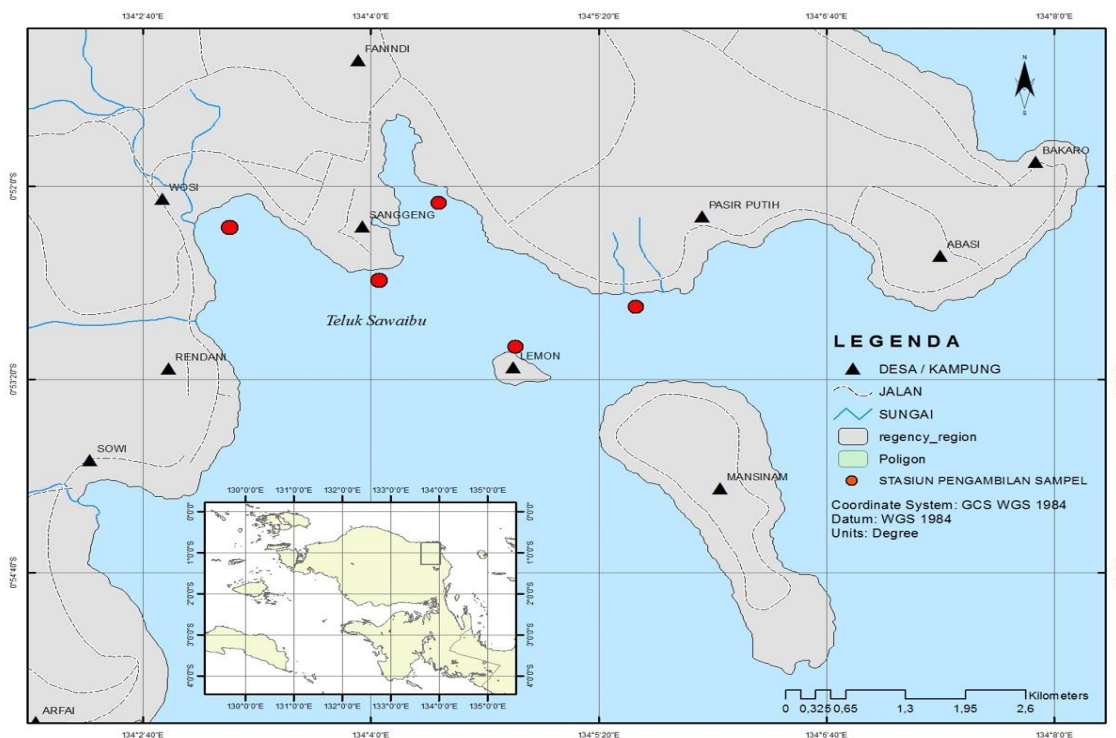
menunjukkan kemampuan beradaptasi pada kondisi yang terganggu, memiliki kepadatan yang tinggi di daerah yang dekat dengan sumber pencemar dan memiliki indeks nilai penting yang tinggi (Lefaan et al., 2013) .

Penelitian dan informasi tentang akumulasi logam berat di lamun, khususnya *Cymodocea rotundata* masih sangat terbatas, khususnya di Teluk Doreri. Menyadari akan pentingnya informasi konsentrasi logam berat sebagai bahan pencemar yang berbahaya bagi biota di perairan dan juga manusia melalui rantai makanan, maka perlu ada upaya pengelolaan yang baik dari hulu sampai hilir. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan akumulasi logam berat di lamun *Cymodocea rotundata*, meliputi daun, akar dan rhizome, membandingkan akumulasi logam berat di lamun *Cymodocea rotundata* setiap lokasi serta mengetahui indeks pencemaran dari setiap lokasi. Hasil ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kondisi perairan di Teluk Doreri dan sebagai bahan informasi dalam mengambil kebijakan untuk mengelola Kawasan pesisir Teluk Doreri.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Teluk Doreri Manokwari Papua Barat pada bulan Agustus - September Tahun 2018. Lokasi pengambilan sampel lamun *Cymodocea rotundata* di sekitar perairan Pelayaran, Wosi, Yankarwar, Anggrem dan Pulau Nusmapi. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Sumberdaya Akuatik UNIPA dan Laboratorium Prolink IPB Bogor. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel lamun *Cymodocea rotundata* di setiap lokasi pada kondisi air surut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Teluk Doreri Manokwari

Lamun yang diambil berukuran besar yang memiliki ukuran $\pm 15 - 20$ cm yang diambil mulai dari akar hingga daun. Kemudian lamun dibersihkan dari lumpur dan disimpan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label kemudian dimasukkan ke dalam *cool box*. Selanjutnya sampel lamun dikirim ke Laboratorium Prolink IPB Bogor untuk dianalisis.

Prosedur Analisis Logam Berat Pb Pada Lamun

Prosedur analisis kandungan logam berat pada lamun dilakukan menggunakan prosedur Pb SNI 6989.8:2009. Sampel dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 4 Jam. Selanjutnya dilakukan penghalusan sampai halus. Sampel yang akan diuji ditimbang sebanyak ± 1.00 g kemudian dimasukkan kedalam erlenmayer dan ditambahkan 25 ml aquades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Sampel ditambahkan 5-10 ml HNO₃ pekat dan diaduk hingga bercampur rata dan ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan dengan suhu yang telah di atur yaitu 105°C - 120°C. Larutan dipanaskan sampai volume yang tersisa 10 ml, kemudian diangkat dan dinginkan. Larutan ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat secara perlahan tetes demi tetes kemudian dipanaskan lagi menggunakan Waterbaht hingga timbul asap putih dan larutan sampel menjadi jernih. Selanjutnya sampel didinginkan dan lakukan penyaringan dengan kertas saring Whattman ukuran 0,45 μ m. Filtrat sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan di tambahkan aquades sampai tepat tanda batas. Kemudian sampel tersebut siap dianalisis menggunakan alat AAS.

Analisis Data

Data hasil analisis konsentrasi logam berat di lamun *Cymodocea rotundata* pada daun, akar dan rhizome setiap lokasi akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Analisis TF (Translokasi Faktor) digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun (Deng et al., 2004). Perhitungan TF yaitu :

$$TF = [X \text{ daun}] / [X \text{ akar, rhizome}]$$

Dimana : X = Konsentrasi logam
Nilai TF di kategorikan :
TF >1 = Mekanisme fitoekstraksi
TF < 1 = Meaknisme fitostabilisasi

MPI digunakan untuk membandingkan setiap total logam berat di lamun dari masing-masing lokasi (Usero et al., 2005). Perhitungan MPI :

$$MPI = (C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n)^{1/n}$$

Dimana : C₁, C₂ = konsentrasi setiap logam berat (lamun, Air dan sedimen)

C_n = jumlah logam berat di setiap lokasi

Nilai MPI menunjukkan indeks pencemaran setiap lokasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu dan Cr⁶⁺ pada lamun *Cymodocea rotundata* di Teluk Doreri (Tabel 1). Dari tabel tersebut dapat dilihat dari konsentrasi Cu tertinggi digambarkan dari setiap lokasi yakni berkisar 18,75 – 28,64 (mg.kg⁻¹), diikuti oleh logam berat Pb berkisar 0,46-19,31 (mg.kg⁻¹), selanjutnya logm berat Cd berkisar 1,11-4,97(mg.kg⁻¹) dan konsentrasi Cr⁶⁺ terendah di setiap lokasi berkisar 0,20 -0,52 (mg.kg⁻¹). Kondisi ini dapat berasal dari sumber antropogenik maupun pelapukan secara geologis Tinggi rendahnya logam berat tergantung dari sumber kegiatan dan aktivitas yang berada di sekitar Teluk Doreri, seperti pelabuhan, pengecetan kapal, pembuangan air *ballast*, *docking* kapal, plastic, cat dan pipa air serta pengisian bahan bakar yang mampu memberi kontribusi logam berat ke perairan (Sembel et al., 2019).

Jaringan lamun di kolom air (*aboveground*), biasanya mengandung konsentrasi Cu dan Zn yang lebih tinggi dibandingkan jaringan *belowground* di dalam sedimen, sedangkan Cr, Cd dan Pb lebih banyak di jaringan akar dan rhizome dari pada daun, namun semua ini tergantung faktor lingkungan seperti kekeruhan, suhu dan salinitas (Birch et al., 2018). Konsentrasi logam berat secara keseluruhan pada lamun *Cymodocea rotundata* di Teluk Doreri menunjukkan bahwa logam berat banyak terakumulasi di akar dan *rhizome* di bandingkan di daun. Kondisi ini menunjukkan bahwa mekanisme masuknya logam ke lamun melalui akar bersamaan dengan nutrient, kemudian di translokasikan ke rhizome dan ke daun (Li & Huang, 2012; Werorilangi et al., 2016).

Tabel1. Konsentrasi logam (mg.kg⁻¹) berdasarkan bagian lamun di setiap lokasi penelitian

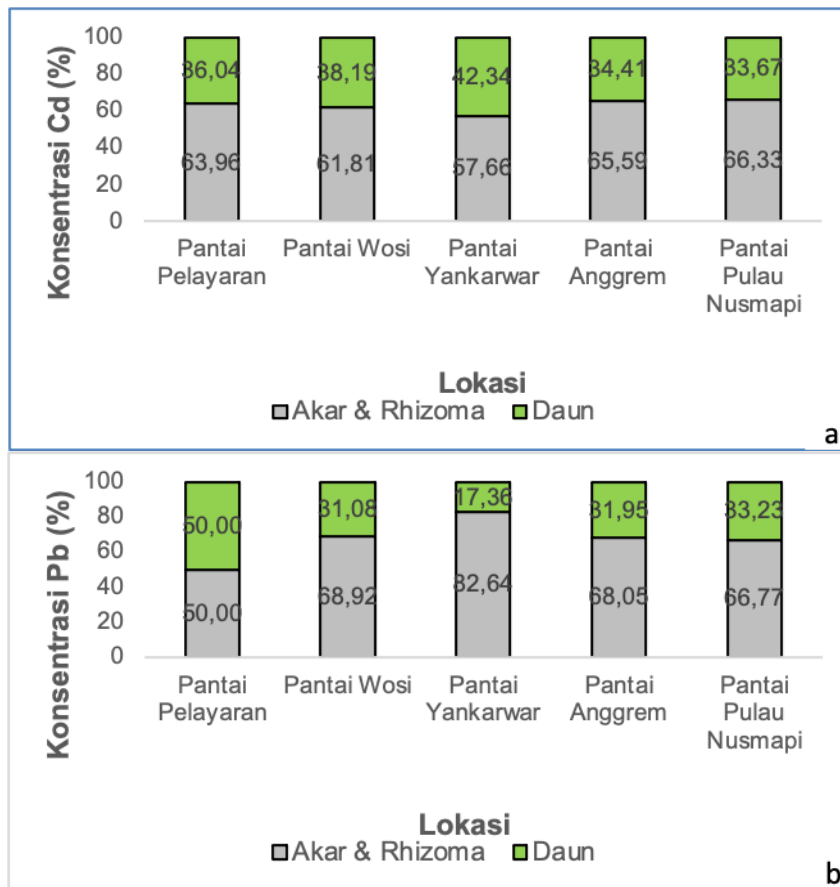
Logam	Bagian Lamun	Pelayaran	Wosi	Yankarwar	Anggrem	P. Nusmapi	Kisaran
Pb	Akar & Rhizoma	0,23	0,51	8,76	13,14	6,75	
	Daun	0,23	0,23	1,84	6,17	3,36	
	Total	0,46	0,74	10,60	19,31	10,11	0,46-19,31
Cd	Akar & Rhizoma	0,71	1,57	2,56	3,26	3,27	
	Daun	0,40	0,97	1,88	1,71	1,66	
	Total	1,11	2,54	4,44	4,97	4,93	1,11-4,97
Cu	Akar & Rhizoma	11,88	15,93	12,70	18,92	12,90	
	Daun	7,28	7,62	8,14	9,72	5,85	
	Total	19,16	23,55	20,84	28,64	18,75	18,75-28,64
Cr ⁶⁺	Akar & Rhizoma	0,13	0,10	0,25	0,42	0,21	
	Daun	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	Total	0,23	0,20	0,35	0,52	0,31	0,20-0,52

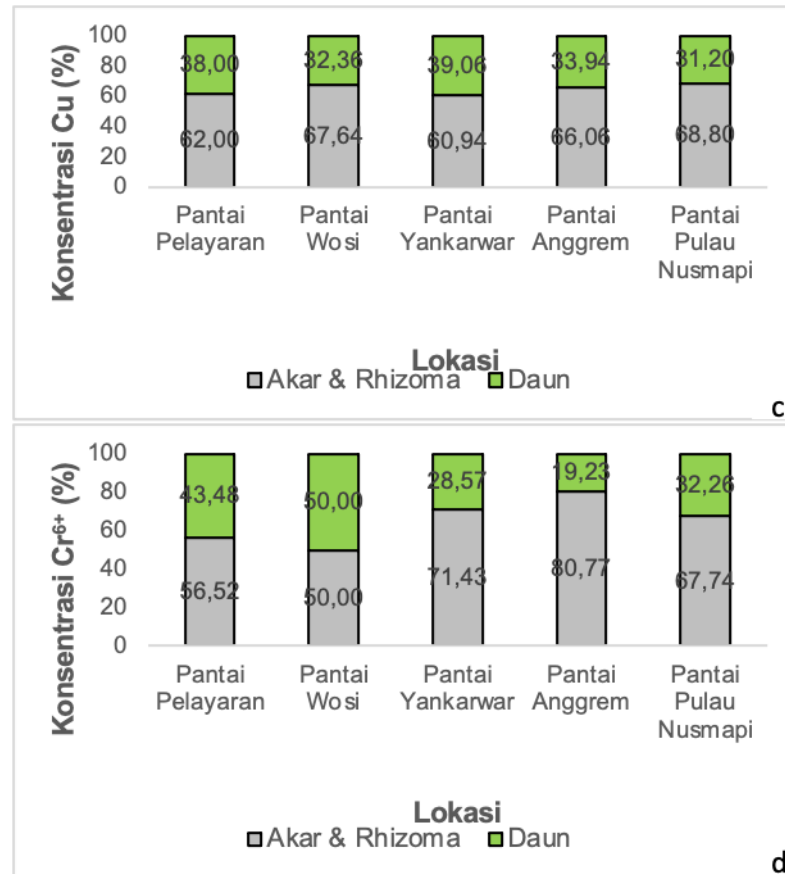
Menurut (Gopi et al., 2020) tingginya logam berat di akar dan rhizome disebabkan akar mempunyai permukaan yang lebih luas dan akar merupakan tempat paling aktif dalam melakukan penyerapan nutrisi. Dibandingkan dengan bagian tumbuhan lamun lainnya, daun juga merupakan tempat penyerapan nutrisi melalui kolom air. Akan tetapi di bagian daun tidak terdapat stomata melainkan kutikula yang tipis. Kutikula berfungsi untuk menyerap nutrien, walaupun dalam jumlah yang lebih sedikit dari yang diserap oleh akar (Bidayani et al., 2017).

Proporsi konsentrasi logam paling tinggi berada di bagian akar dan rhizoma dari lamun (Gambar 1). Konsentrasi logam dibagian akar dan rhizoma $\geq 50\%$, bahkan bisa mencapai 82,64%, yaitu logam Pb di Pantai Yankarwar. Sedangkan konsentrasi logam di bagian daun berkisar di antara 17,36-50,00% dan paling tinggi proporsinya ditemukan pada logam Pb di lokasi Pelayaran dan logam Cr⁶⁺ di lokasi Wosi. Logam-logam esensial seperti Cu dan Mn, secara umum terakumulasi pada daun dikarenakan kebutuhan metabolik, sementara logam non-esensial seperti Pb dan Cd terakumulasi pada biomassa bagian bawah (*belowground*) dari lamun (Werorilangi et al., 2016). Temuan penelitian ini mengkonfirmasi pola penyerapan tersebut untuk logam non-esensial (Pb dan Cd). Meski Nilai Cu (logam esensial) pada daun lebih rendah dibandingkan akar dan rhizome, konsentrasi dan proporsinya masih terbilang sangat tinggi.

Tingginya proporsi logam berat Pb pada bagian akar dan rhizome di Pantai Yankarwar dikarenakan oleh kondisi daerah tersebut yang agak terlindung sehingga mengakibatkan terperangkapnya logam berat yang bersamaan dengan sedimen serta terjadinya pengayakan dari logam berat Pb oleh akar (Gómez-Bernal et al., 2020). Menurut (Bidayani et al., 2017) tingkat penyerapan Pb lebih tinggi di akar karena akar merupakan bagian tubuh dari lamun yang langsung berasosiasi terhadap sedimen. Pengendapan yang terjadi di sedimen diserap oleh akar lamun, masuk ke dalam akar lamun dengan cara proses pengambilan nutrient oleh akar dari sedimen.

Logam berat Pb di bagian daun, proporsi yang tinggi terdapat di lokasi pelayaran, dikarenakan kondisi morfologi lamun di daerah tersebut seperti, Panjang daun, lebar daun dan jumlah daun. Setiap lokasi penelitian menunjukkan perbedaan jumlah konsentrasi yang diserap oleh lamun *Cymodocea rotundata*, keadaan ini berkaitan dengan kemampuan penyerapan logam berat oleh lamun dan kondisi lingkungan yang berbeda. Tingginya variasi intraspesifik kandungan element pada lamun menunjukkan bahwa tingkat serapan lebih banyak ditentukan oleh kondisi lingkungan faktor lingkungan spesifik setiap elemen (Vonk et al., 2018)





Gambar 2. Proporsi konsentrasi logam (%) berdasarkan bagian lamun di setiap lokasi penelitian a. Cadmium (Cd), b. Timbal (Pb), c. Tembaga (Cu) dan d. Kromium (Cr⁶⁺)

Hasil perhitungan nilai TF (Translokasi Faktor) logam berat Pb, Cd, Cu dan Cr⁶⁺ pada lamun *Cymodocea rotundata* (Tabel 2) menunjukkan rata-rata setiap lokasi TF < 1, nilai ini menggambarkan kemampuan mekanisme fitostabilisasi lamun *Cymodocea rotundata*.

Tabel 2. Translokasi Faktor(TF) lamun *Cymodocea rotundata*

Lokasi	Pb	Cd	Cu	(Cr ⁶⁺)
Pantai Pelayaran	1,00	0,56	0,61	0,77
Pantai Wosi	0,45	0,62	0,48	1,00
Pantai Yankarwar	0,21	0,73	0,64	0,40
Pantai Anggrem	0,47	0,52	0,51	0,24
Pulau Nusmapi	0,50	0,51	0,45	0,48

Fitostabilisasi adalah proses penyerapan logam berat oleh akar lamun dan tidak di translokasikan ke rhizome dan daun. Keadaan ini dapat di jadikan lamun *Cymodocea rotundata* sebagai tumbuhan yang dapat menyerap logam berat dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan rhizome serta dapat menjadi fitoremediasi dalam mereduksi logam berat di air dan sedimen (Paz-Alberto et al., 2015).

Hasil Perhitungan *Metal Pollution index* (MPI) logam berat Pb, Cd, Cu dan Cr⁶⁺ (Tabel 3) menunjukkan indeks logam berat tertinggi dari 5 lokasi yaitu Pantai

Anggrem dan terendah di Pantai Pelayaran. Kondisi disebabkan aktivitas disekitar lokasi Pantai Anggrem yang sangat padat, seperti tempat berlabuhnya kapal, jalur pelayaran, padat penduduk, industry rumah tangga dan banyaknya pertokoan serta merupakan daerah yang agak tertutup. Aktivitas-aktivitas tersebut dapat menyumbangkan pemasukan logam-logam berat ke perairan yang nantinya melalui sedimen ke lamun. Indeks yang tinggi menggambarkan potensi pencemaran suatu perairan yang dapat berdampak bagi ekologi perairan tersebut (Copat et al., 2012).

Tabel 3. *Metal Polittion index (MPI) lamun Cymodocea rotundata*

Lokasi	Konsentrasi Logam Di Lamun <i>Cymodocea rotundata</i> di Tahun 2018				
	Pb	Cd	Cu	(Cr ⁶⁺)	MPI
Pantai Pelayaran	0,46	1,11	19,16	0,23	1,22
Pantai Wosi	0,74	2,54	23,55	0,20	1,72
Pantai Yankarwar	10,60	4,44	20,84	0,35	4,30
Pantai Anggrem	19,31	4,97	28,64	0,52	6,15
Pulau Nusmapi	10,11	4,93	18,75	0,31	4,13

Pantai Pelayaran merupakan daerah yang agak terbuka, kurangnya aktivitas masyarakat dan sumber logam berat terbatas. Indeks rendah menggambarkan kemampuan keseimbangan ekosistem yang masih relatif baik terjaga secara alami. Tinggi rendahnya indeks logam berat tergantung juga dari sumber-sumber pencemar, kemampuan penyerapan logam berat oleh lamun dan factor-faktor lingkungan di sekitar lokasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Akumulasi logam berat yang diserap oleh lamun *Cymodocea rotundata* di Teluk Doreri banyak terdapat di akar dan rhizome. Lokasi yang banyak terpapar logam berat adalah Pantai Anggrem, kemudian Pantai Yankarwar, Pulau Nusmapi, Pantai Wosi dan terendah Pantai Pelayaran. Nilai indeks pencemaran logam tertinggi di Pantai Anggrem dan terendah Pantai Pelayaran. Lamun *Cymodocea rotundata* mempunyai kemampuan dalam menyerap logam berat di Teluk Doreri.

Saran

Hasil dari penelitian ini, penulis merekomendasikan analisis lebih lanjut terkait implikasi dari temuan yang diperoleh tentang hubungan konsentrasi logam berat di air dan sedimen serta pengaruh faktor lingkungan terhadap serapan logam. Kemudian menentukan model akumulasi logam berat di air dan sedimen serta lamun *Cymodocea rotundata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bidayani, E., Rosalina, D., & Utami, E. (2017). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Lamun *Cymodocea Serrulata* di Daerah Penambangan Timah Kabupaten Bangka Selatan. *Maspuri Journal*.
- Birch, G. F., Cox, B. M., & Besley, C. H. (2018). Metal concentrations in seagrass (*Halophila ovalis*) tissue and ambient sediment in a highly modified estuarine environment (Sydney estuary, Australia). *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.010>
- Copat, C., Maggiore, R., Arena, G., Lanzafame, S., Fallico, R., Sciacca, S., &

- Ferrante, M. (2012). Evaluation of a temporal trend heavy metals contamination in *Posidonia oceanica* (L.) Delile, (1813) along the western coastline of Sicily (Italy). *Journal of Environmental Monitoring*. <https://doi.org/10.1039/c1em10575b>
- Deng, H., Ye, Z. H., & Wong, M. H. (2004). Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China. *Environmental Pollution*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.030>
- Gómez-Bernal, J. M., Ruiz-Huerta, E. A., Armienta Hernández, M. A., Ramírez Romero, P., & Gallegos-Martínez, M. E. (2020). Evaluation of the accumulation of heavy metals in water, sediments and plants of a coastal zone of Mexico. *Water and Environment Journal*, n/a(n/a). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/wej.12655>
- Gopi, S., Arulkumar, A., Ganeshkumar, A., Rajaram, R., Miranda, J. M., & Paramasivam, S. (2020). Heavy metals accumulation in seagrasses collected from Palk Bay, South-eastern India. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111305>
- Lefaan, Paskalina.Th, ., Setiadi, Dede, ., & Djokosetiyanto, D, . (2013). Struktur Komunitas Lamun di Perairan Pesisir Manokwari. *Maspari Journal*.
- Lefaan, P. T. (2012). Kestabilan Habitat Lamun Ditinjau Dari Komposisi dan Kepadatan Jenis. *Jurnal Natural*. <https://doi.org/10.30862/jn.v8i1.333>
- Li, L., & Huang, X. (2012). Three tropical seagrasses as potential bio-indicators to trace metals in Xincun Bay, Hainan Island, South China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. <https://doi.org/10.1007/s00343-012-1092-0>
- Pattipeilohy, W. R., Pattiasina, T. F., Leatemia, S. P. O., & Talakua, S. (2020). Fish Community Structure in Seagrass Beds of Doreri Bay Manokwari Regency. *Musamus Fisheries and Marine Journal*, 3(1), 17–29. <https://doi.org/10.35724/mfmj.v3i1.2961>
- Paz-Alberto, A., Hechanova, M., & Sigua, G. C. (2015). Assessing Diversity and Phytoremediation Potential of Seagrass in Tropical Region. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*.
- Sembel, L., & Manan, J. (2018). Kajian Kualitas Perairan Pada Kondisi Pasang Surut di Teluk Sawaibu Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*.
- Sembel, L., Manangkalangi, E., Mardiyadi, Z., & Manumpil, A. W. (2019). Kualitas Perairan di Teluk Doreri Kabupaten Manokwari. *JURNAL ENGGANO*. <https://doi.org/10.31186/jenggano.4.1.52-64>
- Usero, J., Morillo, J., & Gracia, I. (2005). Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59(8), 1175–1181. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.089>
- Vonk, J. A., Smulders, F. O. H., Christianen, M. J. A., & Govers, L. L. (2018). Seagrass leaf element content: A global overview. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.066>
- Werorilangi, S., Samawi, M. F., Rastina, Tahir, A., Faizal, A., & Massinai, A. (2016). Bioavailability of Pb and cu in sediments of vegetated seagrass, enhalus acoroides, from spermonde islands, makassar, south sulawesi, indonesia. *Research Journal of Environmental Toxicology*. <https://doi.org/10.3923/rjet.2016.126.134>