

PERBEDAAN SEDIMEN TERHADAP DAYA SERAP TEMBAGA DAN TIMBAL PADA *Avicennia marina*

*(Differences in Sediments on the Absorption Capacity of Copper and Lead
in *Avicennia marina*)*

Vita Yanuar^{1*}, Isnawati²

^{1,2}Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Antakusuma
Jl. Iskandar No. 63 Telp. 0532-22287 Kode Pos 74112 Pangkalan Bun

*Penulis koresponden: vitayanuar15@gmail.com

Naskah Diterima : 21-09-2023

Naskah Disetujui : 05-10-2023

Naskah Diterbitkan: 07-10-2023



This is an open-access article under the CC-BY 4.0 License. Copyright © 2023 by authors

ABSTRACT

Mangroves are transitional habitats between the land and the sea, and as such, the presence of sediment, salinity, temperature, pH, DO, and other environmental conditions all affect the growth of these ecosystems. The ability of mangroves to absorb or bind heavy metals is one of their many functions. The objectives of this study were to (1) measure the concentration of copper and lead in water and soil, (2) measure the concentration of copper and lead in *Avicennia marina* roots and leaves, and (3) measure the impact of different soil textures (sediment) on the absorption of copper and lead by the mangrove *Avicennia marina*, (4) to calculate the *Avicennia marina*'s absorption rate of copper and lead in the Sungai Bakau Village's coastline waters. With differences in sediment on the absorption of copper and lead in *Avicennia marina* in the coastal waters of Sungai Bakau Village, a single factor CRD (Completely Randomized Design) study design was used. According to the findings, copper and lead heavy metal concentrations in the waterways were 0.027 and 0.132 parts per million, respectively, while they were 1.475 and 5.560 parts per million, respectively, in the soil (sediment). Heavy metal of copper and lead levels in mangrove roots were 14.223 ppm and 1.270 ppm, respectively, compared to 8.607 ppm and 0.577 ppm, respectively, in the leaves. Differences in sediment have a significant effect on the absorption capacity of the heavy metals copper (Cu) and lead (Pb) in the *Avicennia marina* mangrove in the coastal waters of Sungai Bakau Village. According to the percentage of copper and lead that the *Avicennia marina* mangrove absorbed in the Sungai Bakau Village's coastal waters, copper absorbed more than lead.

Keywords: *mangroves, heavy metals, sediments, Sungai Bakau Village*

ABSTRAK

Mangrove merupakan habitat peralihan antara daratan dan lautan sehingga keberadaan sedimen, salinitas, suhu, pH, DO, dan kondisi lingkungan lainnya semuanya mempengaruhi pertumbuhan ekosistem tersebut. Kemampuan mangrove dalam menyerap atau mengikat logam berat merupakan salah satu dari sekian banyak fungsinya. Tujuan dari penelitian ini adalah (1)

mengukur konsentrasi tembaga dan timbal dalam air dan tanah, (2) mengukur konsentrasi tembaga dan timbal pada akar dan daun *Avicennia marina*, dan (3) mengukur pengaruh perbedaan sedimen terhadap serapan tembaga dan timbal pada mangrove *Avicennia marina*, (4) menghitung laju penyerapan tembaga dan timbal *Avicennia marina* di perairan pesisir Desa Sungai Bakau. Desain penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktor tunggal dengan faktor perbedaan sedimen terhadap daya serap tembaga dan timbal pada *Avicennia marina* di perairan pesisir Desa Sungai Bakau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi tembaga (Cu) pada air (perairan) sebesar 0,027 ppm dan timbal (Pb) sebesar 0,132 ppm. Sedangkan pada sedimen, rerata konsentrasi tembaga (Cu) sebesar 1,475 ppm dan timbal (Pb) sebesar 5,560 ppm. Rerata konsentrasi tembaga (Cu) pada akar mangrove sebesar 14,223 ppm dan timbal (Pb) sebesar 1,270 ppm. Sedangkan pada daun mangrove, rerata konsentrasi tembaga (Cu) sebesar 8,607 ppm dan timbal (Pb) sebesar 0,577 ppm. Perbedaan sedimen berpengaruh nyata terhadap daya serap logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada mangrove *Avicennia marina* di perairan pesisir Desa Sungai Bakau. Berdasarkan persentase tembaga dan timbal yang terserap oleh mangrove *Avicennia marina* di perairan pesisir Desa Sungai Bakau, penyerapan tembaga lebih banyak dibandingkan timbal.

Kata Kunci: mangrove, logam berat, sedimen, Desa Sungai Bakau

PENDAHULUAN

Salah satu komunitas pesisir di Kecamatan Kumai Kabupaten Kotawaringin Barat dan banyak ditumbuhi mangrove adalah Desa Sungai Bakau. Mangrove adalah ekosistem peralihan antara daratan dan lautan, keberadaan sedimen, salinitas, suhu, pH, DO, dan kondisi lingkungan lainnya dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove. Tanah (sedimen) merupakan komponen utama yang membantu meningkatkan komposisi mangrove yang sehat.

Wilayah pesisir pantai Desa Sungai Bakau berbatasan langsung dengan Desa Kubu dan Desa Teluk Bogam sehingga mudah terkena dampak kegiatan manusia seperti tempat restorasi, tempat pariwisata dan rekreasi serta berdekatan dengan pemukiman warga. Seluruh aktivitas masyarakat akan berdampak terhadap ekosistem perairan terutama vegetasi mangrove.

Mangrove merupakan tanaman asli yang tumbuh di lingkungan pasang surut pantai. Hutan bakau sangat penting untuk menyediakan penghijauan bagi wilayah pesisir dan lahan di sekitarnya (Khairuddin

dkk. 2018). Namun, jika tingkat polusi di lingkungan muara melebihi kapasitas air untuk pembersihan alami maka akan terjadi penumpukan sampah di kawasan hutan bakau ini (Kariada 2014).

Mangrove mempunyai kemampuan mengikat atau menyerap logam berat sebagai salah satu aktivitasnya. Ketika konsentrasi suatu zat pencemar melampaui ambang batas kualitas yang ditetapkan, zat tersebut menjadi berbahaya dan biasanya mencemari perairan. Alasan utama logam berat merugikan lingkungan adalah karena logam berat tidak dapat terdegradasi (*non-degradable*) dan mudah diserap oleh biota setempat (Hamzah 2013).

Adanya bahan pencemar seperti logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) yang dibawa oleh aktivitas manusia merupakan tanda bahwa ekosistem perairan telah terganggu. Logam-logam ini akan merusak ekosistem dan terus meningkatkan potensi bahayanya jika berkumpul di wilayah tertentu (MacFarlane dan Burchett 2001). Suatu jenis makhluk hidup akan memperoleh logam, yang kemudian akan masuk ke rantai makanan. Hal ini mempunyai dampak langsung terhadap makhluk hidup yang

dikandungnya, dan seiring berjalannya waktu, akan berdampak pada kesehatan manusia (Hadiputra 2013).

Meski banyak penyebab pencemaran namun mangrove termasuk Api-api (*Avicennia marina*) memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat. Dengan menggunakan proses yang disebut pengenceran untuk mengurangi dampak racun, seperti menyimpan banyak air untuk mengurangi konsentrasi logam berat di jaringan tubuhnya, *Avicennia marina* mampu melawan zat berbahaya (Utami dkk. 2018).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi tembaga dan timbal dalam air dan sedimen, akar dan daun, daya serap serta persentase serapan *Avicennia marina* pada sedimen yang berbeda di perairan pesisir Desa Sungai Bakau.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Desa Sungai Bakau, Kecamatan Kumai, Kabupaten Kotawaringin Barat dijadikan sebagai lokasi penelitian ini. Pengujian sampel mangrove *Avicennia marina* dilakukan di Laboratorium Produksi Pertanian dan Laboratorium Produksi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Antakusuma serta Laboratorium Nutrisi Ternak Perah Institut Pertanian Bogor (IPB). Penelitian ini berlangsung selama tujuh bulan, yaitu pada bulan April hingga Oktober 2022. Gambar 1 menunjukkan peta Desa Sungai Bakau.



Gambar 1. Peta Desa Sungai Bakau (Google Maps 2022).

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental sejati untuk menyelidikannya. Penelitian eksperimen menurut Jaedun (2011) adalah penelitian yang proses manipulasinya dilakukan dengan cara memberikan berbagai perlakuan pada objek penelitian kemudian mengamati/mengukur dampaknya (data yang akan datang).

Teknik Pengambilan Sampel

Tiga lokasi observasi terdiri dari tiga transek, digunakan untuk pengambilan sampel. Parameter ini dipilih berdasarkan faktor lingkungan yang paling sesuai dengan wilayah studi. Keadaan tempat pengambilan sampel yang dipecah menjadi 3 stasiun adalah sebagai berikut:

1. Stasiun I, kondisi lingkungan tiap-tiap transek memiliki tekstur tanah berpasir, terkena pasang surut air laut dan terdapat daerah aliran sungai.
2. Stasiun II, kondisi lingkungan tiap-tiap transek memiliki tekstur tanah pasir berlumpur, terkena pasang surut air laut dan terdapat daerah aliran sungai.
3. Stasiun III, kondisi lingkungan tiap-tiap transek memiliki tekstur tanah berlumpur, terkena pasang surut air laut dan terdapat daerah aliran sungai.

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan membuat jalur transek di kawasan hutan mangrove Desa Sungai Bakau. Setiap tempat pengamatan ditentukan dengan tiga stasiun. Setiap stasiun memiliki jarak 1 km, di setiap stasiun terdiri dari tiga plot transek yang memiliki jarak antar plot 20 meter.

Pengambilan sampel mangrove dilakukan secara *random sampling* (sampel acak). Menurut Sugiyono (2017), *random sampling* adalah pengambilan anggota sampel dari populasi yang dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi itu. Ulqodry (2001) juga menambahkan bahwa mangrove yang dijadikan bahan sampel yaitu pohon. Akar dan daun dari bagian pohon *Avicennia marina* dapat digunakan sebagai sampel.

Desain Penelitian

Desain/ rancangan penelitian dilakukan dengan RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktor tunggal yaitu perbedaan tekstur tanah (sedimen) terhadap daya serap tembaga dan timbal pada *Avicennia marina* (akar dan daun) di 3 stasiun dengan ulangan sebanyak 3 kali sehingga menghasilkan 27 kombinasi perlakuan.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Observasi merupakan aktivitas penelitian dalam rangka mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian melalui proses pengamatan langsung di lapangan. Observasi adalah metode pengumpulan data dimana peneliti mencatat informasi sebagaimana yang dihasilkan selama penelitian (Gulo 2002). Observasi dipilih sebagai teknik pengumpulan data dalam penelitian ini. Observasi yang dilakukan yaitu dengan mengamati dan mengambil sampel tumbuhan mangrove *Avicennia marina* (akar dan daun) dan habitatnya (sedimen dan air) di perairan pesisir Desa Sungai Bakau. Sampel tersebut kemudian diuji di laboratorium.

ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan Uji Lanjutan Duncan merupakan metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2006), penerapan percobaan satu faktor dalam rancangan acak lengkap biasanya digunakan jika kondisi unit percobaan yang digunakan relatif homogen.

Parameter/ Variabel Pengamatan

Parameter/ variabel pengamatan dalam penelitian ini menggunakan rumus:

1. Analisis konsentrasi tembaga dan timbal dilakukan untuk mengetahui berapa banyak konsentrasi tembaga dan timbal yang ada di air dan sedimen, serta akar dan daun *Avicennia marina* yang ada di pesisir Desa Sungai Bakau dengan rumus sebagai berikut:

a. BCF (*Bio-Concentration Factor*)

Analisis BCF ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akumulasi logam

berat Cu dan Pb dari sedimen ke tanaman mangrove *Avicennia marina*. Perbandingan antara senyawa di jaringan atau tubuh organisme dan di dalam lingkungan dikenal dengan *bio-concentration factor* (BCF) (Supriyanti dkk. 2017). BCF dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BCF_{Cu, Pb} = \frac{[\text{logam berat Cu,Pb}] \text{ pada akar/daun}}{[\text{logam berat Cu,Pb}] \text{ sedimen}}$$

b. TF (*Translocation Factor*)

Analisa TF digunakan untuk menghitung proses translokasi atau perpindahan akumulasi logam berat Cu dan Pb dari akar ke daun. Perhitungan TF yang digunakan oleh Santana dkk. (2018), yaitu:

$$TF = \frac{\text{konsentrasi di daun}}{\text{konsentrasi di akar}}$$

Hasil data tersebut kemudian ditabulasikan menggunakan Windows Excel 2007 dan dianalisa dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan Uji Lanjutan Duncan. Menurut Mattjik dan Sumertajaya (2006), bentuk umum dari Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal menggunakan ANOVA, yaitu:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

2. Analisis persentase komposisi serapan tembaga dan timbal menurut Santana dkk. (2018) dihitung menggunakan formula:

$$\% \text{ serapan} = \frac{\text{Konsentrasi pada akar atau daun}}{\text{konsentrasi pada tanah (sedimen)}} \times 100$$

Data yang diperoleh akan dibandingkan dengan persyaratan baku mutu air laut untuk biota laut yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KepMeneg LH) No. 51 Tahun 2004. Kriteria kualitas sedimen logam berat untuk Indonesia belum ditetapkan.

Pedoman kualitas yang diterbitkan oleh ANZECC/ARMCANZ (2000) dari Australia dan Selandia Baru mengenai kandungan

logam dapat digunakan sebagai panduan pembandingan (Tabel 1).

Tabel 1. Baku mutu parameter lingkungan

Parameter	Baku Mutu
Air	
Logam berat Cu	0,008 (mg/L)*
Logam berat Pb	0,008 (mg/L)*
Sedimen	
Logam berat Cu	65-270 ppm**
Logam berat Pb	50-220 ppm**

Sumber: * KLH (2004).

**ANZECC/ARMCANZ (2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Perairan dan Tanah (Sedimen) di Kawasan Mangrove *Avicennia marina*

Tabel 2 menampilkan hasil pengukuran konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada perairan dan tanah (sedimen) di kawasan mangrove *Avicennia marina*.

Tabel 2. Konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di perairan dan tanah (sedimen) pada kawasan *Avicennia marina*

Sampel	Kadar Cu (ppm)			Kadar Pb (ppm)			Rata-rata		Baku Mutu	
	Stasiun									
	I	II	III	I	II	III	Cu	Pb	Cu	Pb
Air	0,024	0,029	0,029	0,092	0,167	0,135	0,027	0,132	0,008 (mg/L)*	0,008 (mg/L)*
Sedimen	0,474	0,975	2,975	2,602	4,780	9,297	1,475	5,560	65-270 ppm**	50-220 ppm**

Sumber: *KLH (2004).

**ANZECC/ARMCANZ (2000).

Data diolah (2022).

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Perairan di Kawasan Mangrove *Avicennia marina*

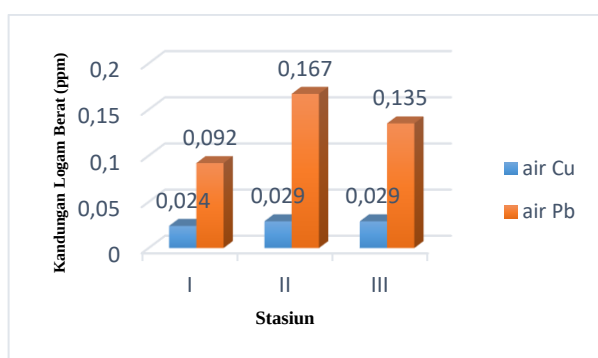
Berdasarkan Tabel 2 menunjukan bahwa rata-rata jumlah logam berat tembaga (Cu) perairan di kawasan mangrove *Avicennia marina* sebesar 0,027 ppm. Jumlah logam berat timbal (Pb) rata-rata sebesar 0,132 ppm. Menurut KLH Nomor 51 Tahun 2004 tentang kriteria baku mutu air laut bagi biota laut yang menetapkan batasan konsentrasi Cu dan Pb sebesar 0,008 ppm, secara keseluruhan konsentrasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di perairan

Desa Sungai Bakau telah melampaui baku mutu.

Tingginya konsentrasi tembaga dan timbal di dalam perairan dapat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia. Aktivitas manusia tersebut di antaranya pertanian dan pemukiman penduduk yang banyak mengandung logam berat, kendaraan bermotor, sampah rumah tangga yang dibuang ke sungai dan badan air lainnya yang kemudian akan terakumulasi. Namun, aktivitas manusia bukanlah satu-satunya sumber logam berat yang mencemari lingkungan. Menurut Aprianto (2016), hal

ini belum tentu disebabkan oleh aktivitas manusia misalnya, siklus alam dapat memindahkan logam berat dari batuan ke tanah dan makhluk hidup, kemudian ke air, lalu mengendap di sedimen sebelum kembali ke batuan.

Yunasfi dkk. (2020), selain mengganggu lingkungan, pencemaran logam berat pada perairan sungai atau laut juga dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan secara tidak langsung merugikan organisme di sekitarnya. Gambar 2 menunjukkan konsentrasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada perairan kawasan mangrove *Avicennia marina*.



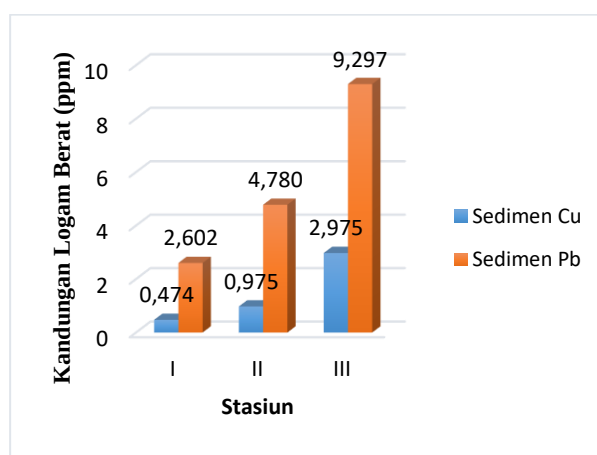
Gambar 2. Diagram konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada perairan di kawasan mangrove *Avicennia marina* (Data diolah 2022).

Berdasarkan Gambar 2 menunjukan bahwa pada lokasi penelitian Stasiun II dan Stasiun III memiliki konsentrasi tembaga (Cu) tertinggi dengan nilai yang sama yaitu sebesar 0,029 ppm. Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi terdapat pada Stasiun II sebesar 0,167 ppm. Sedangkan konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) terendah terdapat di Stasiun I. Perbedaan konsentrasi ini dikarenakan adanya perbedaan waktu saat pengambilan sampel air dan dipengaruhi juga dengan pasang surutnya air laut. Adapun waktu pengambilan sampel air, yaitu pada Stasiun I pukul 16.15 WIB, Stasiun II pukul 07.10 WIB, dan Stasiun III pukul 09.05 WIB. Selain itu, Yusli (2014), arus air dapat

menyebabkan logam berat larut dalam air dari permukaan ke semua arah.

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Tanah (Sedimen) di Kawasan Mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata konsentrasi tembaga (Cu) sebesar 1,475 ppm pada tanah (sedimen) kawasan mangrove *Avicennia marina*. Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan konsentrasi rata-rata 5,560 ppm. Konsentrasi logam minimum yang masih dapat ditoleransi dalam sedimen, menurut ANZECC/ ARMCANZ (2000) dari Australia dan Selandia Baru, adalah 65-270 ppm untuk logam berat tembaga (Cu) dan 50-220 ppm untuk logam berat timbal (Pb). Oleh karena itu, pencemaran tembaga dan timbal di kawasan mangrove *Avicennia marina* Desa Sungai Bakau dikatakan masih dapat ditoleransi. Walaupun demikian, apabila penggunaan tembaga (Cu) dan timbal (Pb) terus digunakan maka konsentrasinya dapat terus meningkat seiring dengan penggunaannya dan mencapai level berbahaya. Gambar 3 merupakan diagram konsentrasi tembaga dan timbal dalam tanah (sedimen) *Avicennia marina*.



Gambar 3. Konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) tanah (sedimen) *Avicennia marina* (Data diolah 2022).

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum tembaga (Cu) dalam tanah (sedimen) sebesar 2,975 ppm dan

konsentrasi terendah sebesar 0,474 ppm. Konsentrasi timbal (Pb) dalam tanah (sedimen) terbesar dan terendah masing-masing sebesar 9,297 ppm dan 2,602 ppm. Oleh karena itu, tingginya konsentrasi logam berat dalam tanah (sedimen) Cu dan Pb diduga berkaitan dengan variasi jenis tanah (sedimen) di setiap lokasi (stasiun).

Konsentrasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di kawasan mangrove *Avicenna marina* secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cu dan Pb di dalam tanah (sedimen) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasinya di perairan kawasan tersebut. Hal ini dijelaskan oleh Fitriyah (2013), diyakini logam berat mudah mengikat bahan organik, tenggelam ke dasar air, dan bergabung dengan sedimen sehingga meningkatkan konsentrasi logam berat dalam sedimen dibandingkan dengan air.

Sedimen seringkali mengandung sejumlah besar logam berat. Hal ini disebabkan oleh sifat logam dalam air yang lama kelamaan mengendap dan menumpuk di dasar laut (Cahyani dkk. 2012). Karena fungsinya sebagai tempat terakhir sampah, sedimen berperan penting dalam menentukan kualitas air. Selain itu, lumpur dapat mengubah parameter fisik dan kimia sekaligus menyebarkan polutan ke kolom air (Permanawati dkk. 2013).

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina*

Tabel 3 menampilkan hasil pengujian konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) yang terdapat dalam akar dan daun *Avicennia marina*.

Tabel 3. Konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam akar dan daun *Avicennia marina*

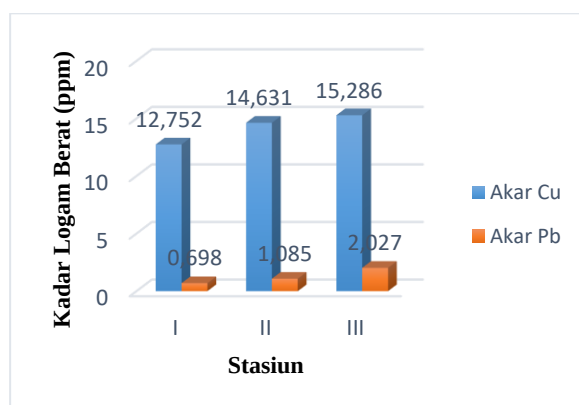
Sampel	Kadar Cu			Kadar Pb			Rata-rata	
	Stasiun						Cu	Pb
	I	II	III	I	II	III		
Akar	12,752	14,631	15,286	0,698	1,085	2,027	14,223	1,270
Daun	7,268	8,773	9,781	0,477	0,603	0,652	8,607	0,577

Sumber: Data diolah (2022).

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Akar Mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi tembaga (Cu) pada akar *Avicennia marina* sebesar 14,223 ppm. Rata-rata konsentrasi timbal (Pb) sebesar 1,270 ppm. Gambar 4 menggambarkan keberadaan logam berat Cu dan Pb dalam akar *Avicennia marina*.

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) dalam akar *Avicennia marina* memiliki nilai tertinggi sebesar 15,286 ppm dan terendah sebesar 12,752 ppm. Selanjutnya, konsentrasi timbal (Pb) dengan nilai tertinggi adalah 2,027 ppm dan terendah adalah 0,698 ppm.



Gambar 4. Konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) akar mangrove *Avicennia marina* (Data diolah 2022).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Stasiun III mempunyai konsentrasi

tembaga (Cu) dan timbal (Pb) yang paling tinggi pada akar mangrove *Avicennia marina*. Sedangkan Stasiun I, konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) paling rendah yang ditemukan pada akar *Avicennia marina*.

Secara umum konsentrasi tembaga (Cu) akar *Avicennia marina* lebih tinggi daripada timbal (Pb). Hal ini karena tembaga (Cu) pada akar berkaitan dengan logam berat esensial yang masih dibutuhkan dalam pertumbuhan jaringan tumbuhan. Akar akan mentranslokasikan logam berat tersebut ke jaringan tumbuhan lainnya. Namun dalam jumlah yang melebihi batas toleransi juga dapat mengganggu proses pertumbuhan jaringan tumbuhan tersebut.

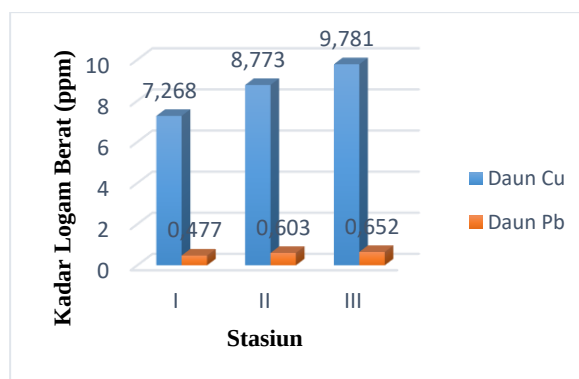
Avicennia marina merupakan salah satu spesies mangrove yang menurut Nugrahanto (2014), sangat selektif dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerapnya sama sekali. Ini menunjukkan bahwa akar bakau sebagai penghalang untuk mencegah komponen logam berat mencapai berbagai jaringan tanaman yang halus.

Konsentrasi Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Daun Mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata konsentrasi tembaga (Cu) dalam daun mangrove jenis *Avicennia marina* sebesar 8,607 ppm. Logam berat Pb menyumbang 0,577 ppm dari konsentrasi rata-rata. Gambar 5 menggambarkan keberadaan tembaga (Cu) dan timbal (Pb) daun mangrove *Avicennia marina*.

Daun mangrove *Avicennia marina* mempunyai konsentrasi tembaga (Cu) yang bervariasi, dengan nilai tertinggi sebesar 9,781 ppm dan terendah sebesar 7,268 ppm. Timbal (Pb) terdapat pada daun *Avicennia marina* dengan konsentrasi yang bervariasi, dengan nilai tertinggi sebesar 0,652 ppm dan terendah sebesar 0,477 ppm (ditunjukkan pada Gambar 5). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Stasiun III mempunyai konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) tertinggi pada daun mangrove *Avicennia*

marina. Sedangkan konsentrasi paling rendah terdapat pada Stasiun I.



Gambar 5. Konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada daun mangrove *Avicennia marina* (Data diolah 2022).

Mangrove *Avicennia marina* memiliki konsentrasi logam berat keseluruhan (tembaga dan timbal) yang lebih rendah pada daun dibandingkan pada akar. Hal ini disebabkan akar adalah bagian yang bersentuhan langsung dengan sisa-sisa tanah dan air yang terkontaminasi. Unsur hara dapat berinteraksi langsung dengan permukaan akar melalui tiga cara berbeda, menurut Setiawan (2013) melalui difusi dalam larutan tanah, disalurkan secara pasif oleh aliran air tanah, dan karena akar berinteraksi dengan unsur hara tersebut dalam matriks tanah.

Mekanisme pada akar mencegah masuknya logam berat ke daun sehingga menyebabkan penumpukan logam berat di sana. Menurut Hamzah dan Agus (2010), melaporkan bahwa ketika konsentrasi logam berat dalam sedimen tinggi, mangrove secara aktif membatasi penyerapan logam berat berdasarkan mekanisme fisiologis. Meskipun masih terjadi, penyerapan dilakukan dengan sangat sedikit dan menumpuk di akar. Sel endodermal yang berfungsi sebagai filter dalam proses penyerapan logam berat juga terdapat pada akar. Logam akan berpindah dari akar ke jaringan lain seperti batang dan daun dimana logam tersebut akan menjadi

kompleks dengan senyawa lain seperti fitokelatin.

Uji Anova Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Sampel Tanah (Sedimen) di Kawasan Mangrove *Avicennia marina*

Tabel 4 menampilkan hasil uji Anova tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada sedimen di kawasan mangrove *Avicennia marina* menggunakan SPSS 26.

Tabel 4. Uji Anova tembaga (Cu) dan timbal (Pb) sampel tanah (sedimen) di kawasan mangrove *Avicennia marina*

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.*
Logam berat Cu	Between Groups	31,528	2	15,764	358,759	,000
	Within Groups	1,055	24	,044		
	Total	32,583	26			
Logam berat Pb	Between Groups	209,931	2	104,965	253,749	,000
	Within Groups	9,928	24	,414		
	Total	219,859	26			

*Signifikan pada nilai Sig. < 0,05.

Sumber: Data diolah (2022).

Terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi tembaga dan timbal dalam tanah (sedimen) di kawasan mangrove *Avicennia marina* karena nilai signifikansinya sebesar 0,000 (sig. < 0,05) (Tabel 4). Oleh karena itu harus dilakukan

pengujian tambahan, dalam penelitian ini menggunakan Uji Duncan, Tabel 5 menampilkan hasil Uji Duncan tembaga dan timbal dalam tanah (sedimen) menggunakan SPSS 26.

Tabel 5. Uji Duncan tembaga dan timbal sedimen di kawasan *Avicennia marina*

Uji Duncan Sampel Sedimen	Hasil Rata-rata Stasiun		
	I	II	III
Cu	0,47367 ^a	0,97489 ^b	2,97511 ^c
Pb	2,97511 ^a	4,78000 ^b	9,29722 ^c

Ket: a.b.c = notasi yang sama; berarti tidak ada perbedaan nyata pada taraf Uji Duncan memiliki nilai 5%.

Sumber: Data diolah (2022).

Berdasarkan hasil Uji Duncan, tembaga (Cu) dan timbal (Pb) menunjukkan bahwa pada Stasiun I logam berat Cu tanah (sedimen) memiliki rata-rata sebesar 0,47367^a, Stasiun II sebesar 0,97489^b, dan Stasiun III sebesar 2,97511^c. Sedangkan pada logam berat Pb tanah (sedimen) memiliki rata-rata pada Stasiun I sebesar 2,97511^a, Stasiun II sebesar 4,78000^b, dan Stasiun III sebesar 9,29722^c. Perlakuan pada

Stasiun I berbeda nyata dengan perlakuan pada Stasiun II dan III. Perlakuan pada Stasiun II berbeda nyata pada Stasiun I dan III. Perlakuan pada Stasiun III memiliki perbedaan nyata pada Stasiun I dan II.

Berdasarkan sampel tanah (sedimen) pada Stasiun I sampai III menunjukkan rata-rata konsentrasi tembaga dan timbal pada tanah (sedimen) yang berbeda. Konsentrasi tembaga dan timbal pada Stasiun III (lumpur)

lebih tinggi dibandingkan Stasiun I (pasir) dan Stasiun II (pasir yang berlumpur). Sasdin (2021) menyatakan bahwa tanah yang bertekstur liat atau lumpur memiliki tekstur tanah lebih halus daripada tekstur pasir. Tanah (sedimen) yang teksturnya halus akan lebih mudah menyerap air dan mengikat sejumlah besar unsur hara karena setiap satuan berat mempunyai luas permukaan yang lebih besar. Selain itu, tanah bertekstur halus akan lebih aktif melakukan interaksi kimia dibandingkan tanah bertekstur kasar.

Akibatnya, tanah (sedimen) di Stasiun III memiliki konsentrasi tembaga dan timbal yang lebih tinggi dibandingkan Stasiun I dan II.

Persentase Serapan Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Desa Sungai Bakau

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan rerata persentase serapan tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada mangrove *Avicennia marina*.

Tabel 6. Analisis rerata persentase serapan mangrove *Avicennia marina*

Stasiun	Akar Cu	Daun Cu	Akar Pb	Daun Pb
I	2.702,31	1.552,42	27,37	18,57
II	1.512,62	909,08	22,61	12,64
III	519,07	332,90	22,00	7,08

Sumber: Data diolah (2022).

Berdasarkan Tabel 6, serapan tembaga (Cu) lebih tinggi dibandingkan timbal (Pb). Serapan tembaga (Cu) tertinggi pada akar sebesar 2.702,31% dan terendah sebesar 519,07%. Serapan tembaga (Cu) tertinggi pada daun sebesar 1.552,42% dan terendah 332,90%. Sedangkan serapan timbal (Pb) tertinggi pada akar sebesar 27,37% dan terendah 22,00%. Serapan timbal (Pb) tertinggi pada daun sebesar 18,57% dan terendah sebesar 7,08%.

Tingginya nilai persentase serapan tembaga (Cu) pada akar dan daun dikarenakan tingginya konsentrasi tembaga (Cu) dalam akar dan daun mangrove *Avicennia marina* serta rendahnya konsentrasi tembaga (Cu) yang ada pada tanah (sedimen) di kawasan mangrove *Avicennia marina*. Dalam hal ini, mengingat logam berat dapat diserap dan disimpan dalam jaringan tanaman *Avicennia marina*. Salah satunya adalah logam berat tembaga (Cu) yang merupakan logam berat esensial dalam kelompok mikro yang masih dibutuhkan oleh organ tumbuhan untuk melakukan proses metabolisme. Hal inilah yang menyebabkan tingginya tembaga (Cu)

pada akar dibandingkan pada tanah (sedimen).

Selain itu, dalam penyerapan tembaga (Cu), *Avicennia marina* juga merupakan tumbuhan yang dikategorikan sebagai tumbuhan akumulator. Akumulator merupakan tumbuhan yang dapat menimbun konsentrasi logam yang tinggi dalam jaringan bahkan melebihi konsentrasi di dalam tanah (Santana dkk. 2018). Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan *Avicennia marina* mempunyai kemampuan dalam menyerap tembaga (Cu) dari lingkungan perairan di Desa Sungai Bakau. Menurut Kusumastuti dkk. (2011) akar lebih sering ditemukan mengandung logam berat. Hal ini menunjukkan bahwa mangrove yang bersifat sedimen mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat yang cukup besar. Namun, kapasitas tanaman untuk menahan logam berat ini bergantung pada umur dan produksi biomasnya.

Rendahnya nilai persentase serapan timbal (Pb) akar dan daun dikarenakan rendahnya konsentrasi timbal (Pb) di dalam akar dan daun *Avicennia marina* serta tingginya konsentrasi timbal (Pb) pada tanah (sedimen) di kawasan *Avicennia marina*. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hamzah dan

Agus (2010), Pb adalah logam berat yang bersifat pasif, mempunyai kelarutan yang sangat kecil, dan kemampuan berpindah dari akar ke organ tanaman lainnya sangat kecil.

Hal inilah yang menyebabkan mangrove *Avicennia marina* dikategorikan sebagai tumbuhan *excluder*. *Excluder* adalah tanaman yang secara efektif mengecualikan masuknya logam berat ke bagian atas tanaman namun konsentrasi logam di sekitar akarnya masih cukup besar (Santana dkk. 2018). Selain itu timbal (Pb) bersifat berbahaya dan tidak esensial bagi tanaman, oleh karena itu mangrove *Avicennia marina* akan memilih logam berat mana yang masuk ke dalam tanaman. Menurut Arisandy dkk. (2012), penyerapan logam berat tanaman *Avicennia marina* cukup selektif dalam penyerapan timbal (Pb) dan hampir tidak terserap sedikitpun.

KESIMPULAN

1. Rerata jumlah logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di perairan Desa Sungai Bakau masing-masing sebesar 0,027 ppm dan 0,131 ppm. Rerata konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam tanah (sedimen) masing-masing sebesar 1,475 ppm dan 6,560 ppm.
2. Rerata konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam akar *Avicennia marina* di Desa Sungai Bakau masing-masing sebesar 14,223 ppm dan 1,270 ppm. Rerata konsentrasi tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada daun *Avicennia marina* masing-masing sebesar 8,607 ppm dan 0,577 ppm.
3. Kemampuan mangrove *Avicennia marina* dalam menyerap tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di perairan pesisir Desa Sungai Bakau sangat dipengaruhi oleh variasi tekstur tanah (sedimen). Konsentrasi tembaga (Cu) dalam tanah (sedimen) mempunyai rerata pada Stasiun I sebesar 0,47367a, Stasiun II sebesar 0,97489b, dan Stasiun III sebesar 2,97511c, berdasarkan hasil Uji Duncan terhadap tembaga (Cu) dan timbal (Pb). Rerata konsentrasi timbal (Pb) dalam

tanah (sedimen) adalah 2,97511 pada Stasiun I, 4,78000 pada Stasiun II, dan 9,29722 pada Stasiun III.

4. Banyaknya tembaga (Cu) dan timbal (Pb) yang terserap oleh *Avicennia marina* di perairan pesisir Desa Sungai Bakau menunjukkan bahwa tembaga (Cu) yang terserap lebih banyak dibandingkan dengan timbal (Pb). Hal ini ditunjukkan dengan akar yang mempunyai serapan tembaga (Cu) terbesar (2.702,31%) dan serapan terendah (519,07%). Serapan tembaga (Cu) pada daun berkisar antara 332,90% hingga 1.552,42%. Akar mempunyai serapan timbal (Pb) terbesar (27,37%), sedangkan daun mempunyai serapan paling rendah (22,0%). Timbal (Pb) diserap oleh daun dengan laju berkisar antara 7,08% sampai 18,57%.

DAFTAR PUSTAKA

- [ANZECC & ARMCANZ] Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. 2000. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. *National Water Quality Management Strategy*. Vol. 1 No. 4. Canberra.
- Aprianto H. 2016. Konsentrasi logam Cu di sedimen dan akar mangrove pada kerapatan mangrove yang berbeda di Kelurahan Ampallas Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat [skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Arisandy KR, Herawati EY, Suprayitno E. 2012. Akumulasi logam berat timbal (Pb) dan gambaran histologi pada jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. No. 1 Vol. 1. Malang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

- Cahyani MD, Ria Azizah TN, Bambang Yulianto. 2012. Studi kandungan logam berat tembaga (Cu) pada air, sedimen, dan kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*. Vol. 1 No. 2. Semarang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Fitriyah K. 2013. Studi pencemaran logam berat kadmium (Cd), merkuri (Mg) dan timbal (Pb) pada air laut, sedimen dan kerang bulu (*Anadara antiquate*) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan [skripsi]. Malang: UIN Malang.
- Gulo W. 2002. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT Gramedia Widhiarsa Indonesia.
- Hadiputra MA, Damayanti A. 2013. Kajian Potensi Makrozobentos Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Tembaga (Cu) di Kawasan Ekosistem Mangrove Wonorejo Pantai Timur Surabaya. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII Program Studi MMT-ITS. Surabaya, 27 Juli 2013. Surabaya: Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hamzah F, Agus S. 2010. Akumulasi logam berat Pb, Cu dan Zn di hutan mangrove Muara Angke Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 2 No. 2.
- Hamzah F, Pancawati Y. 2013. Fitoremediasi logam berat dengan menggunakan mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 18 No. 4.
- Jaedun A. 2011. *Metodologi Penelitian Eksperimen*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kariada N. 2014. Potensi *Avicennia marina* sebagai fitoremediasi logam Cu pada tambak bandeng wilayah Tapak Semarang. *Saintekrol*. Vol. 12 No. 2. Universitas Negeri Semarang.
- Kepmen LH. 2004. *Baku Mutu Air Laut (Lampiran III)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51.
- Khairuddin, Yamin M, Abdul Syukur. 2018. Analisis kandungan logam berat pada tumbuhan mangrove sebagai bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*. Vol. 18 No. 1. Nusa Tenggara Barat: Universitas Mataram.
- Kusumastuti W, Hendarto Boedi, Sutrisnanto Danny. 2011. Evaluasi Lahan Basah Buatan Vegetasi Mangrove dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 9 No. 2. Semarang: Universitas Diponegoro.
- MacFarlane GR, Burchett MD. 2001. Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress in the grey mangrove, *Avicennia marina* (forsk.) Vierh. *Mar Pollut Bull*. Vol. 42 No.3.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2006. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan MINITAB*. Edisi Ke-2. Bogor: IPB Press.
- Nugrahanto NP, Bambang Y, Ria A. 2014. Pengaruh pemberian logam berat Cu dan Pb terhadap akar, daun, dan pertumbuhan anakan mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. Vol. 2 No. 3. Semarang: Fakultas Perikanan dan

- Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Permanawati Y, Rina Z, Andrian I. 2013. Kandungan logam berat (Cu, Pb, Zn, dan Cr) dalam air dan sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*. Vol. 11 No. 1. Jakarta.
- Santana IKYT, Pande GSJ, Ni PPW. 2018. Akumulasi logam berat seng (Zn) pada akar dan daun lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Sanur Bali. *Jurnal Current Trends in Aquatic Science*. Vol. 1 No. 1. Bali: Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana.
- Sasdin. 2021. Sifat fisik tanah pada penerapan sistem agroforestri model agrisilvikultur di Desa Sanglepongan Kecamatan Curio Kabupaten Enrekang [skripsi]. Makassar: Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
- Setiawan H. 2013. Akumulasi dan distribusi logam berat pada vegetasi mangrove di perairan pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. Vol. 7 No. 1. Makassar: Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta.
- Supriyantini E, Nuraini RAT, Dewi CP. 2017. Daya serap mangrove *Rhizophora* sp. terhadap logam berat timbal (Pb) di Perairan Mangrove Park Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*. Semarang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Ulqodry TZ. 2001. Kandungan logam berat dalam jaringan mangrove *Sonneratia alba* dan *Avicennia marina* di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora Kabupaten Timika Papua [skripsi]. Semarang: Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Utami R, Wini R, Kastana S. 2018. Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018. Palembang, 20 Maret 2018. Bogor: IPB Fakultas Ekonomi dan Manajemen.
- Yunasfi, Tampubolon DS, Utomo B. 2020. Logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada mangrove *Avicennia marina* dan pengaruhnya terhadap kualitas air laut di Kawasan Pesisir Belawan Sumatera Utara. *Talenta Conference Series: Agricultura & Natural Resource*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Yusli. 2014. Analisis dan evaluasi kontaminasi logam berat tembaga (Cu) dan besi (Fe) pada air, sedimen serta akumulasi pada rumput laut *Eucheuma cottonii* di Perairan Amal Kota Tarakan. Tarakan: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan.