

AKUMULASI LOGAM BERAT (Cu DAN Hg) PADA MANGROVE *Rhizophora Mucronata* DI PANTAI TIMUR SURABAYA (PAMURBAYA)

HEAVY METALS (Cu AND Hg) ACCUMULATION IN *Rhizophora Mucronata* ON THE EAST COAST OF SURABAYA (PAMURBAYA)

Mahmiah, Nor Saadah, Engki Andri Kisnarti, & Fachrani Vebranti Millenia

Prodi Oseanologi, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah
Jl. Arif Rahman Hakim 150 Surabaya

e-mail : mahmiah@hangtuah.ac.id

Diterima tanggal: 26 Februari 2023; diterima setelah perbaikan: 17 April 2023; Disetujui tanggal: 20 April 2023

ABSTRAK

Cemaran logam berat seperti tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) di Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) dikhawatirkan memberikan dampak terhadap kualitas perairan. Mangrove yang tumbuh di Pamurbaya dapat digunakan sebagai indikator cemaran logam berat. Kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat ditunjukkan melalui nilai bioakumulasi (BAF), biokonsentrasi (BCF), dan translokasi faktor (TF). Salah satu mangrove yang terdapat di Pamurbaya adalah *R.mucronata*. Mangrove ini memiliki akar penyangga, selain fungsinya untuk membantu tegaknya pohon, akar jenis ini juga dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan pencemar ke area yang lebih luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bioakumulasi cemaran logam berat Cu dan Hg pada mangrove *R. mucronata*, air, dan sedimen di Pantai Timur Surabaya. Sampel penelitian diambil pada tiga lokasi melalui *purposive sampling*. Analisis logam berat Cu dan Hg menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan parameter fisika-kimia oseanografi diukur secara *in situ* dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan kadar logam berat Cu pada air lebih tinggi dibandingkan sedimen berturut-turut Stasiun 1>Stasiun 2>Stasiun 3. Hasil cemaran logam Hg pada mangrove *R. mucronata*, air dan sedimen menunjukkan nilai di bawah baku mutu dengan kisaran $0,0004 < \text{Hg} < 0,0006$ ppm. Berdasarkan perhitungan nilai *bioconcentration factor* (BCF) dan *translocation factor* (TF), diketahui bahwa kemampuan mangrove *R.mucronata* sebagai tumbuhan *excluder* dan fitoekstraksi sehingga mampu mengurangi polutan logam berat dari lingkungan melalui proses penyerapan melalui akar dan translokasi menuju daun.

Kata kunci: Cu, Hg,, *R. mucronata*, Pantai Timur Surabaya, fitoekstraksi.

ABSTRACT

On Surabaya's East Coast (Pamurbaya), there may be heavy metal contamination from copper (Cu) and mercury (Hg), which could affect the water's quality. Pamurbaya's mangroves can serve as a sign of heavy metal contamination. The bioconcentration values (BCF) and translocation factors used to show that mangroves can accumulate heavy metals (TF). R.mucronata is one of the mangroves in Pamurbaya. This mangrove has a support root it serves to keep the tree upright and to hold and strengthen soil sediment, preventing the spread of pollutants over a larger area. This research aims to identify the bioaccumulation of Cu and Hg heavy metal contamination in the R. mucronata mangroves, water, and sediments in Pamurbaya. Purposive sampling was used to gather samples for the study at three different locations. Oceanographic physico-chemical parameters were determined in situ with three replicates and heavy metal analysis of Cu and Hg using the Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) method. The results showed that the concentration of Cu in the water was higher than the increasing larger sediments at Station 1, Station 2, then Station 3. Results of Hg metal contamination ranged from 0.0004 to 0.0006 ppm in R. mucronata mangroves, water, and sediments, that is values below the quality standard. Based on the calculation of the bioconcentration factor (BCF) and translocation factor (TF) values, it is known that R. mucronata mangroves have a potential to function as excluder plants and phytoextraction so as to be capable of absorbing heavy metal contamination of the environment through the absorption process through the roots and translocation to the leaves.

Keywords: Cu, Hg, *R. mucronata*, East Coast of Surabaya, fitoextraction.

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat yang terjadi di lingkungan perairan akan mempengaruhi kualitas perairan. Tingginya cemaran dapat disebabkan aktivitas antropogenik dan industri. Salah satu limbah yang berpotensi mencemari perairan adalah logam berat. Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas $>5 \text{ g/cm}^3$ dalam air laut. Logam berat yang masuk ke kawasan pesisir biasanya dipengaruhi oleh aktivitas-aktivitas yang ada di daratan, sumber pencemar logam berat dapat masuk ke perairan pesisir melalui aktivitas masyarakat seperti dari asap kendaraan, pertanian yang menggunakan pestisida, perbengkelan, kegiatan industri serta pembuangan sisa limbah rumah tangga (Amin, 2011). Logam berat mempunyai sifat *non-degradable*. Selain itu, logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan seperti kolom air dan sedimen serta terabsorpsi ke dalam biota laut. Kehadiran logam berat pada konsentrasi yang tinggi di kolom perairan akan membahayakan organisme perairan mulai dari menghambat proses metabolisme hingga menyebabkan kematian biota (Sari *et al.*, 2017).

Pamurbaya merupakan Pantai Timur Surabaya yang terbentang dari Kenjeran sampai muara Sungai Dadapan yang merupakan perbatasan Surabaya dengan Sidoarjo dengan panjang pantai 26,5 km. Kawasan Pantai Timur Surabaya merupakan daerah penyangga yang dapat dikembangkan menjadi kawasan hutan mangrove. Peran hutan mangrove yang tumbuh di sekitar sungai sebagai penampung terakhir bagi limbah yang dapat berasal dari industri, rumah tangga, atau sampah organik/anorganik yang terbawa aliran sungai. Limbah berbentuk padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas (Indirawati, 2017).

Mangrove merupakan tumbuhan halofilik yang memiliki karakteristik mampu menangani perubahan salinitas garam yang tinggi dan hipoksia pada air laut (Mahmiah *et al.*, 2019). Salah satu kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat ditunjukkan melalui nilai biokonsentrasi (BCF) dan translokasi faktor (TF). Menurut Simbolon (2019), ekosistem mangrove dapat digunakan sebagai akumulator pencemar logam berat. Mangrove memiliki beberapa manfaat diantaranya untuk membantu mencegah erosi pantai dan dalam restorasi habitat mangrove. Salah satu jenis mangrove yang banyak dijumpai di Pamurbaya dan diduga memiliki kemampuan dalam mendegradasi logam berat adalah

Rhizophora mucronata. Mangrove *R. mucronata* memiliki sistem akar tunjang dengan diameter 1,2 cm sehingga dapat menyerap logam berat/polutan melalui epidermis akar. Ion-ion tersebut selanjutnya bergerak menuju xilem melalui sistem sitoplasma (Wulandari, *et al.*, 2018).

Penelitian Ismail *et al.* (2020) di Teluk Kayeli Kabupaten Buru menunjukkan akumulasi logam berat air raksa (Hg) tertinggi terdapat pada bagian akar *R. mucronata*. Penelitian Arimbi (2019) di Kawasan Ekowisata Mangrove Surabaya menunjukkan bahwa akar *R. mucronata* dan *Sonneratia caseonalis* memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Cu. Joseph *et al.* (2019) menyatakan bahwa mangrove *Avicennia officinalis*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia casolaris* mampu menyerap logam berat Fe, Cu, As, Cr, Cd, dan Pb di Cochin, India. Beberapa parameter seperti DO, suhu, pH, dan salinitas berpengaruh terhadap kadar logam berat yang terdapat pada air dan sedimen. Penelitian yang dilakukan oleh Simbolon & Purbonegoro (2021) di Pulau Pari, Kepulauan Seribu menunjukkan mangrove *Rhizophora apiculate* tergolong sebagai bioakumulator dan hiperakumulator yang baik dalam menyerap logam berat Hg pada bagian atas tumbuhan yaitu daun dengan nilai *bioaccumulation factor* (BAF) sebesar 1,57 dan nilai TF sebesar 2,84.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini diperlukan untuk mengidentifikasi kualitas perairan di kawasan Pantai Timur Surabaya dan bioakumulasi logam berat Cu dan Hg pada *R. mucronata*, sedimen dan air menggunakan metode *Spektroskopi Searapan Atom* (AAS). Adapun parameter oseanografi yang diukur adalah salinitas, suhu, DO, pH, curah hujan. Hasil penelitian ini sebagai monitoring berkala terhadap kualitas perairan karena kawasan ini banyak digunakan oleh masyarakat untuk budidaya perikanan dan habitat biota perairan.

BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian berupa sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove *R. mucronata* yang dikoleksi dari Kawasan Pamurbaya di 3 (tiga) stasiun. Pengambilan sampel dilakukan pada November 2021 pada musim Peralihan II. Lokasi penelitian di Mangrove Pamurbaya, Surabaya disajikan pada Gambar 1 dan dalam Tabel 1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Hang Tuah Surabaya dan analisis logam berat Cu dan Hg menggunakan AAS di Balai Standarisasi Surabaya.

Pengukuran data primer yaitu pengukuran parameter

Tabel 1. Lokasi stasiun penelitian di Perairan Pamurbaya
 Table 1. Location of Research Station in Pamurbaya Waters

Stasiun	Koordinat titik	Keterangan
1.	7°17'40.54''S - 112°48'57.02''E	Habitat Mangrove <i>R. mucronata</i>
2.	7°18'9.62''S - 112°50'47.56''E	Estuari
3.	7°17'52.91''S - 112°51'41.50''E	Laut lepas



Gambar 1. Lokasi penelitian di Perairan Pantai Timur Surabaya.
 Figure 1. Surabaya's East Coast Waters as a Research Location.

fisika kimia perairan yang terdiri dari suhu, pH, salinitas, dan DO sedangkan data sekunder curah hujan diperoleh dari BMKG. Pengambilan sampel pohon mangrove, yaitu terdiri dari daun, batang, akar mangrove *R. mucronata*, air dan sedimen. Sampel air dan sedimen pada setiap stasiun dilakukan tiga kali replikasi. Sampel sedimen diambil menggunakan sedimen grab. Sampel mangrove *R. mucronata* yang digunakan adalah bagian akar, daun, dan batang. Preparasi sampel mangrove meliputi sortasi basah, sortasi kering, pengecilan ukuran menggunakan mesin pencacah.

Analisis Logam Berat Cu dan Hg

Pengukuran kandungan logam berat pada sampel air, sedimen dan bagian mangrove dilakukan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) mengacu pada metode SNI 2354.5:2011 (analisis Cu) dan SNI 01-2354.6:2006 (Analisis Hg).

Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Perhitungan BCF bertujuan untuk melihat kadar logam berat pada bagian organisme yang berasal dari lingkungan yang dihitung menurut rumus BCF (MacFarlane *et al.*, 2003).

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam berat pada organisme}}{\text{Konsentrasi Logam berat dalam sedimen}}$$

Menurut Baker (1981) dalam Awaliyah *et al.* (2018), akumulasi logam berat dalam tanaman dibedakan menjadi 3 bagian yaitu $BCF > 1$ = akumulator, $BCF < 1$ = Excluder, $BCF = 1$ = Indikator

Perhitungan Faktor Translokasi (TF)

Perhitungan TF bertujuan untuk melihat perpindahan akumulasi logam berat dari akar ke tunas yang dihitung menurut rumus TF (MacFarlane, *et al.*, 2007).

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Logam berat pada daun}}{\text{Konsentrasi Logam berat pada akar}}$$

Nilai TF menunjukkan status tumbuhan, apabila $TF > 1$

Tabel 2. Bobot sampel sedimen dan mangrove *R. mucronata*
 Table 2. Sediment and mangrove sample weights of *R. mucronata*

Bagian mangrove	Stasiun	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Rendemen (%)
Daun		Habitat Mangrove <i>R. mucronata</i> Estuari	2.037,5	38,48
Kulit batang			722	87,05
Akar		Laut lepas	2.337,5	36,17
Sedimen			4.027	79,98
	1		4.361	45,40
	2		1.395	76,27
	3			

= fitoekstraksi dan TF<1 = fitostabilisasi (Awaliyah *et al.*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pantai Timur Surabaya (Pamurbaya) merupakan kawasan yang memiliki peran penting bagi kota Surabaya yaitu sebagai penjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Hutan mangrove berfungsi penting sebagai *barrier* proses abrasi, intrusi air laut (Wulandari *et al.*, 2018). Cemaran limbah padat dan cair yang dibuang ke sungai akan bermuara ke Pamurbaya. Oleh karena itu, penting dilakukan monitoring berkala untuk melihat kualitas perairan Pamurbaya.

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada musim Peralihan II. Pada musim ini, angin bertiup tidak menentu dan setiap awal periode musimnya, angin musim sebelumnya masih berpengaruh kuat (Nontji, 2005). Tahapan penelitian meliputi koleksi sampel air, sedimen dan bagian mangrove *R. mucronata*; pengukuran parameter fisika-kimia perairan dan analisis logam berat Cu dan Hg. Rendemen sampel sedimen dan mangrove disajikan dalam Tabel 2.

Besarnya rendemen yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan sampel sudah terjadi penyusutan/pengurangan kadar air. Pengecilan ukuran semua bagian mangrove bertujuan untuk memperbesar luas permukaan bagian mangrove sehingga mudah

untuk dilakukan proses selanjutnya. Sampel sedimen selanjutnya dilakukan pengayakan untuk melihat tipe sedimen yang terdapat pada masing-masing stasiun. Tipe sedimen pada setiap stasiun disajikan dalam Tabel 3.

Parameter Fisika Kimia Perairan

Kondisi lingkungan perairan diukur secara *insitu* di lapangan. Parameter fisika-kimia perairan yang diamati pada penelitian ini adalah parameter suhu, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO) dan salinitas. Hasil parameter fisika dan kimia perairan dapat dilihat dalam Tabel 4.

Analisis Logam Berat Cu dan Hg di Perairan Pamurbaya

Logam berat adalah golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya pada pengaruh yaitu logam ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat dapat mencemari daerah pesisir

Tabel 3. Tipe sedimen pada 3 stasiun pengamatan
 Table 3. Sediment and mangrove sample weights of *R. mucronata*

Stasiun	Tipe Sedimen
1	Lumpur berpasir
2	Lumpur berpasir
3	Pasir halus

Tabel 4. Nilai parameter fisika kimia perairan di Perairan Pantai Timur Surabaya
 Table 4. Parameter value of aquatic physics and chemistry in the East Coast of Surabaya

Stasiun	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	DO (ppm)
1	38,9	14	8,6	7,76
2	31,3	9	7,6	5,3
3	30,7	28	7,8	6,35
Baku Mutu	28-32	s/d 34	7,-8,6	>5

seperti mangrove dan mengalir menuju daerah estuari kemudian laut. Logam berat yang terlalu banyak dan dapat mengendap di dasar perairan dapat menyebabkan kematian makhluk hidup perairan (Atici *et al.*, 2008). Adapun hasil analisis kandungan logam berat Cu dan Hg dapat dilihat dalam Tabel 5.

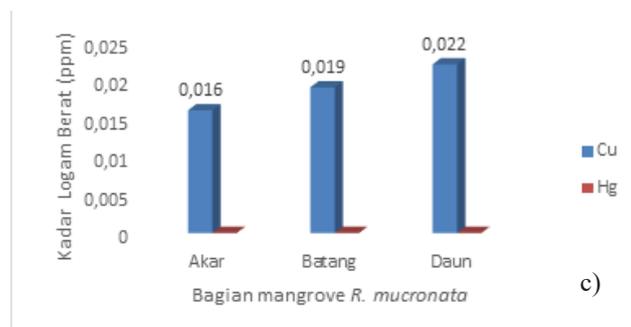
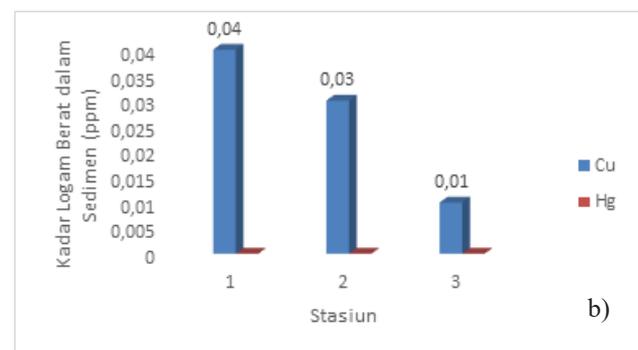
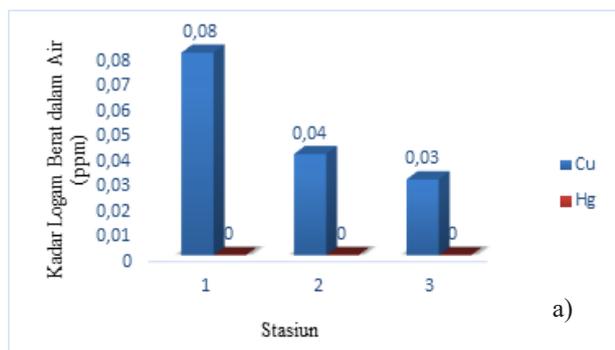
Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 2, analisis logam berat Cu dan Hg pada Stasiun 1 mengandung cemaran Cu lebih tinggi dibandingkan Stasiun 2 dan 3. Kandungan Cu pada air > sedimen. Cemaran Hg pada semua stasiun dan bagian mangrove sangat kecil.

Hubungan Parameter Fisika-Kimia Perairan Terhadap Logam Berat Cu dan Hg

Kandungan logam berat Cu pada air dan sedimen berturut-turut ditunjukkan pada Stasiun 1 > Stasiun 2 > Stasiun 3. Hal tersebut tidak terlepas dari pengaruh parameter fisika-kimia perairan seperti suhu, salinitas, pH, dan DO. Selain itu, pada Stasiun 1 merupakan stasiun yang dekat dengan aktivitas nelayan, tambak ikan dan udang serta pemukiman penduduk yang berpotensi mengalirkan limbah ke perairan tersebut. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas (Indirawati, 2017). Kawung *et al.*, (2018) yaitu

Tabel 5. Kandungan Cu dan Hg mangrove *R. mucronata*, sedimen, air di Perairan Pantai Timur Surabaya
Table 5. Cu and Hg content of *R. mucronata* mangroves, sediments, water in the East Coast of Surabaya

No.	Sampel	Stasiun	Cu (ppm)	Hg (ppm)	Baku Mutu Cu (ppm)	Baku Mutu Hg (ppm)
1	Akar	1	0,016	<0,0004		
2	Batang	1	0,019	<0,0004	4-15*	0,3-0,5*
3	Daun	1	0,022	<0,0004		
4	Air	1	0,08	<0,0006	0,008**	0,001**
5		2	0,04	<0,0006		
6		3	0,03	<0,0006		
7	Sedimen	1	0,04	<0,0004	18,7***	0,13***
8		2	0,03	<0,0004		
9		3	0,01	<0,0004		



Gambar . Grafik distribusi logam berat pada: a. Air; b. sedimen; c. *R. mucronata*.
Figure2. Heavy metal distribution graph on : a. water b. sediment c. *R. mucronata*.

tingginya tekanan lingkungan pada ekosistem perairan disebabkan adanya buangan dari berbagai aktivitas manusia di daratan yang dapat mengalir ke laut melalui sungai buangan-buangan tersebut dapat berupa bahan anorganik ataupun organik. Stasiun 1 juga merupakan daerah hutan mangrove yang tumbuh di sekitar sungai dan tambak berperan sebagai penampung terakhir bagi limbah dari industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang terbawa aliran sungai. Adanya mangrove di lokasi ini, sangat membantu untuk mengatasi cemaran air melalui proses bioakumulasi logam berat.

Hubungan suhu terhadap logam berat Cu dan Hg adalah suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air dan sedimen. Suhu yang tinggi menyebabkan senyawa logam berat akan larut di air, sedangkan suhu yang lebih rendah akan menyebabkan logam berat banyak mengendap bersama sedimen (Sujono, 2009). Saputra (2009) menyatakan bahwa suhu air laut terutama di bagian permukaan mempunyai kaitan yang cukup erat dengan pemanasan matahari dan besarnya intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan. Suhu air yang terdapat pada stasiun 1 lebih tinggi juga menunjukkan kandungan logam berat di air lebih tinggi.

Salinitas yang terdapat di setiap stasiun, akan mempengaruhi kandungan logam berat. Ion halida (Cl⁻, I⁻, dan Br⁻) akan bereaksi dengan logam berat Cu dan Hg di perairan menghasilkan garam Cu dan Hg yang larut air. Selain itu, pembentukan senyawa kompleks menyebabkan kandungan logam berat di air>sedimen. Nilai pH pada Stasiun 1 tertinggi dibandingkan stasiun 2 dan 3 karena di stasiun ini dekat dengan pemukiman penduduk yang membuat nilai pH tertinggi karena hal tersebut sesuai dengan pendapat (Safitri & Putri, 2013) banyaknya buangan yang berasal dari rumah tangga, industri-industri kimia, dan bahan bakar fosil ke dalam suatu perairan dapat mempengaruhi nilai pH didalamnya dan sesuai dengan yang diungkapkan Mahida (1981) yang menyatakan bahwa perubahan nilai pH dapat dipengaruhi oleh buangan industri dan rumah tangga. Hubungan pH dengan logam berat tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) dapat terbentuk menjadi persamaan reaksi (Vogel, 1979).



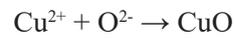
Merkuri (II) oksida tidak larut dalam air



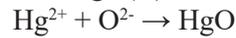
Tembaga (II) hidroksida tidak larut dalam air

Nilai DO pada Stasiun 1, 2, dan 3 berdasarkan hasil penelitian >5 mg/O₂/L yang artinya kandungan oksigen terlarut di perairan memenuhi baku mutu. Tingginya

kadar Oksigen di perairan dapat menyebabkan reaksi oksidasi pada logam berat Cu dan Hg menghasilkan tembaga oksida (CuO) dan merkuri oksida (HgO) yang bersifat beracun dan mengendap di sedimen. CuO⁻ dan HgO dapat terbentuk oleh campuran dua unsur dasar, Cu dan O₂, Hg dan O² menurut persamaan reaksi (Vogel, 1979).



Tembaga (II) oksida tidak larut dalam air



Merkuri (II) oksida tidak larut dalam air

Tipe sedimen yang terdapat di lokasi penelitian mempengaruhi kandungan logam berat Cu dan Hg. Urutan tipe sedimen dari butiran halus ke besar serta kemampuan dalam mengikat logam berat adalah lumpur>lumpur berpasir>pasir (Awaliyah, *et al*, 2018). Stasiun 1 dan 2 memiliki tipe sedimen yang sama yaitu lumpur berpasir, sehingga kandungan logam berat Cu lebih besar dibandingkan stasiun 3 dengan tipe pasir halus.

Distribusi Logam Berat Cu dan Hg pada Mangrove *R. mucronata*

Kadar Cu di setiap bagian mangrove *R. mucronata* lebih tinggi daripada kadar Hg. Tingginya kadar Cu pada daun dibandingkan dengan bagian akar dan batang disebabkan karena daya translokasi logam berat Cu dari sedimen yang tinggi. Akar mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat yang terdapat dalam kolom air karena akar mangrove terendam air pada saat kondisi pasang (Supriyantini & Sunardjo, 2016). Daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chaney *et al.* (1997), logam berat akan didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses *uptake* pada akar, ditahan pada jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun. Tingginya aktivitas manusia di lokasi penelitian akan menyebabkan kualitas udara rendah dan terjadi pencemaran udara yang dapat masuk kedalam jaringan stomata daun. Hal tersebut diduga menjadi salah satu faktor penyebab tingginya Cu pada bagian daun *R. mucronata* (Awaliyah *et al*, 2018).

Nilai konsentrasi logam berat merkuri (Hg) pada mangrove *R. mucronata* dari akar, batang, daun menunjukkan nilai di bawah limit deteksi (<0,0004

Tabel 6. Perhitungan BCF dan TF cemaran logam berat Cu
 Table 6. Calculation of BCF and TF of Cu heavy metal contamination

Bagian mangrove	Cu	
	BCF	TF
daun	0,55	1,375
batang	0,48	
akar	0,40	

ppm) yang menandakan tidak terjadinya penimbunan logam berat Hg pada bagian mangrove *R. mucronata*. Konsentrasi logam berat Hg pada akar, batang dan daun mangrove *R. mucronata* yang diperoleh dalam penelitian masih dibawah nilai kritis logam Hg untuk tanaman berdasarkan Alloway & Ayres (1995) yaitu berada pada kisaran nilai dibawah 0,3 - 0,5 ppm sehingga tidak berbahaya pada tanaman mangrove *R. mucronata* dan lingkungan perairan. Distribusi kadar logam berat dalam organisme diukur berdasarkan nilai BCF dan TF seperti yang disajikan dalam Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, nilai BCF dari semua bagian < 1 menjadikan *R. mucronata* di lokasi penelitian sebagai tumbuhan *excluder* yang dapat mencegah masuknya logam berat dari sedimen ke akar. Hal ini dibuktikan meskipun logam berat Cu tinggi di perairan tetapi pada bagian akar cukup rendah. Nilai TF pada Tabel 6 menunjukkan bahwa harga TF >1 mengindikasikan tumbuhan mangrove *R. mucronata* sebagai fitoekstraksi yang mampu mentranslokasikan logam berat dari akar ke bagian organisme lain. Terbukti bahwa kadar Cu pada bagian akar < batang < daun. Nilai BCF dan TF yang diperoleh menunjukkan bahwa mangrove *R. mucronata* mampu mengurangi polutan logam berat dari lingkungan melalui proses penyerapan melalui akar dan translokasi menuju daun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil cemaran logam Hg pada mangrove *R. mucronata*, air dan sedimen menunjukkan nilai di bawah baku mutu dengan kisaran 0,0004 < Hg < 0,0006 ppm. Berdasarkan perhitungan nilai *bioconcentration factor* (BCF) dan *translocation factor* (TF), diketahui bahwa kemampuan mangrove *R. mucronata* sebagai tumbuhan *excluder* dan fitoekstraksi sehingga mampu mengurangi polutan logam berat dari lingkungan melalui proses penyerapan melalui akar dan translokasi menuju daun.

Saran

Perlu dilakukan monitoring berkala pada setiap musim dan melakukan uji logam berat lain yang biasanya mencemari perairan seperti Pb, Cd, dan As. Selain itu, penelitian ini dapat ditambahkan beberapa bagian mangrove spesies lain sebagai bioakumulator logam berat yang ada di Pamurbaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Hang Tuah melalui LPPM-Universitas Hang Tuah yang telah memberikan bantuan dana Hibah Penelitian Internal TA 2021/2022 dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian nomor : B/024/UHT.C2/IV/2022 tanggal 21 April 2022. Seluruh penulis adalah kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J., & Ayres, D. C. (1995). *Chemical Principles of Environmental Pollution* (2nd Ed). London: Blackie Academic and Profesional Chapman and Hill.
- Amin, B., Afriyani, E., & Saputra, M. A. (2011). Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal teknobiologi*, 2(1), 1-8.
- Arimbi, D. A. (2019). *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada Akar dan Daun, Mangrove Rhizophora mucronata dan Sonneratia caseolaris serta Sedimen di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur*. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
- Atici, T., Ahiska, S., Altindag, A., & Aydin, D. (2008). Ecological effects of some heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) pollution of phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Sarýyar Dam Reservoir in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 7(12), 1972-1977. DOI:10.5897/AJB2008.000-5044
- Awaliyah, H. F., Yona, D., & Pratiwi, D. C., (2018). Akumulasi logam berat (Pb dan Cu) pada Akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur. *Depik*, 7(3), 187-197.

CCME (Canadian Council of Ministers of the

- Environment). (2001). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.
- Chaney, R. L., Malik, M., Li, Y. M., Brown, S. L., Brewer, E. P., Angle, J. S., & Baker, A. J. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current opinion in Biotechnology*, 8(3), 279-284.
- Indirawati, S. M., (2017). Pencemaran logam berat Pb dan Cd dan keluhan kesehatan pada masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 2(2), 54-60.
- Ismail, I., Mangesa, R., & Irsan, I. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Mangrove Jenis *Rhizophora mucronata* Di Teluk Kayeli Kabupaten Buru. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 9(2), 139-153.
- Joseph, P., Bijoy Nandan, S., Adarsh, K. J., Anu, P. R., Varghese, R., Sreelekshmi, S., Preethy, C. M., Jayachandran, P. R., & Joseph, K. J. (2019). Heavy metal contamination in representative surface sediments of mangrove habitats of Cochin, Southern India. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8499-2>
- Kawung, N., Rompas, R., Paulus, J., Lasut, M., Mantiri, D., & Rumampuk, N. (2018). Analisis akumulasi kandungan logam kadmium pada akar dan daun mangrove di Perairan Basaan-Belang Kabupaten Minahasa Tenggara dan Likupang Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal pesisir dan laut tropis*, 6(1), 98-106. DOI: <https://doi.org/10.35800/jplt.6.1.2018.20569>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Tentang Baku Mutu Air Laut.
- MacFarlane, G. R., Pulkownik, A., & Burchett, M. D. (2003). Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution*, 123(1), 139-151. DOI: 10.1016/s0269-7491(02)00342-1
- MacFarlane, G. R., Koller, C. E., & Blomberg, S. P. (2007). Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere*, 69(9), 1454-1464.
- Mahida, U. N. (1981). *Water pollution and disposal of waste water on land*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, India
- Mahmiah, M., & Sudjarwo, G. W. (2019). Standardisasi Ekstrak Metanol Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* Poiret dari Perairan Pantai Timur Surabaya. *Science, Technology, Engineering, Economics, Education, and Mathematics*, 1(1), 371-376.
- Nontji, A (2005). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Priyanto, B., & Prayitno, J. (2007). Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat. *Jurnal Tanaman*, 1(2), 2-10.
- Rachmawati, R., Yona, D. and Kasitowati, R.D., (2018). Potensi mangrove *Avicennia alba* sebagai agen fitoremediasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Surabaya. *Depik*, 7(3), 227-236.
- Safitri, M., & Putri, M. R. (2013). Kondisi Keasaman (pH) Laut Indonesia. *Prosiding Fakultas Ilmu Dan Teknologi Kebumihan. ITB*. Bandung. pp. 73-87.
- Saputra, A. (2009). Pengamatan Logam Berat pada Sedimen Perairan Waduk Cirata. *Media Akuakultur*, 4(1), 84-88.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 22(1), 1-9.
- Simbolon, A. R., (2019). Bioakumulasi kadmium dan merkuri pada kerang hijau, serta analisis multi medium risiko kesehatan di kawasan pemukiman pesisir. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(2), 119-126.
- Simbolon, A.R., dan Purbonegoro, T., (2021). Bioakumulasi Merkuri (Hg) pada Lamun *Enhalus acoroides* dan Mangrove *Rhizophora apiculata* di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 6(3),

- Supriyantini, E., & Soenardjo, N. (2016). Kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada akar dan buah mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 98-106.
- Vogel. (1979). Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro. Edisi V, PT Kalman Media Pusaka, Jakarta.
- Wulandari, T., Hastuti, R. B., & Hastuti, E. D. (2018). Kemampuan akumulasi timbal (Pb) pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* (forsk.) dan *Rhizophora mucronata* (lamk.) di lahan Tambak Mangunharjo Semarang. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(1), 89-96.
- Wulandari, Y. W., & Setiawan, R. P. (2016). Penilaian Tingkat Keberlanjutan Kawasan Pantai Timur Surabaya sebagai Kawasan Konservasi Berkelanjutan. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2), C65-C69.

