

Fitoakumulasi Logam Berat Pb dan Cr pada *Rhizophora mucronata* di Sekitar Kawasan Bekas Tambang Bauksit, Pulau Bintan

Diana Azizah^{1*}, Rasoel Hamidy², Mubarak³, Efriyeldi⁴

¹Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

^{2,3}Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana, Universitas Riau, Pekanbaru

⁴Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau, Pekanbaru

*Koresponden E-mail: diana_azizah@umrah.ac.id

(Diterima 17 Februari 2021 | Disetujui 30 Juni 2021 | Diterbitkan 19 Juli 2021)

Abstract: *Bintan Island has a high potential for bauxite mining. Many ex-mining areas have not been reclaimed properly, resulting in erosion and accumulation of heavy metals Pb and Cr which are high in the sediment (red-mud) and deposited in the roots of mangrove forests on the coast of Bintan. Rhizophora mucronata is one of the species that dominates the Bintan mangrove forest. The purpose of this study was to determine the phytoaccumulation of Pb and Cr metals in R. mucronata in the former bauxite mining area of Bintan Island. This research was conducted by survey, digested and analysed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The concentration of Pb and Cr in the sediment, as well as the roots, stems and leaves of R. mucronata were used for the analysis of phytoaccumulation types. The results of the Pb concentration test were higher than Cr. Based on the sampling location, the concentration of Pb metal accumulation in the sediment is Tembeling < Sei Carang < Wacopek < Senggarang, while Cr metal is Tembeling < Wacopek < Sei Carang < Senggarang. The highest metals accumulation in R. mucronata was found in the roots (Pb = 3,3482 ppm, Cr = 0,7664 ppm), while the leaves (Pb = 1,1076 ppm, Cr = 0,0413 ppm) had the lowest concentration. Based on the type of accumulation, R. mucronata absorbs Pb metal with a rhizofiltration mechanism (TF < 1), which means that the roots of R. mucronata effectively translocate Pb as a pollutant to its body from the soil. In addition, the bio-concentration factor (BCF) concentration of R. mucronata < 1 indicates the role of R. mucronata as a plant that accumulates very little Pb (low accumulator/non-hyperaccumulator). This adaptation mechanism is important information in the rehabilitation of mangrove areas using R. mucronata, because it can still live and grow in an environment contaminated with Pb metal by absorbing a little Pb from the soil and translocating it effectively in its organs.*

Keywords: *Rhizophora mucronata, Heavy metal phytoaccumulation, Bauxite ex-mining area, Bintan Island*

PENDAHULUAN

Pulau Bintan merupakan salah satu pulau besar di Kepulauan Riau yang ekosistem hutan mangrovenya ada yang mengalami degradasi. Penyebab utamanya adalah aktivitas pertambangan bauksit yang melakukan pembukaan lahan secara *open-mining*. Banyak bukaan lahan bekas tambang yang tidak diberi perlakuan untuk memulihkan kembali (restorasi). Kawasan hutan mangrove di Pulau Bintan yang dekat dengan lokasi tambang mengakibatkan rentan terkontaminasi polutan, karena tambang bauksit menghasilkan polutan seperti logam berat yang berbahaya jika terakumulasi dalam jumlah berlebihan bagi organisme-organisme pada ekosistem mangrove. Konsentrasi logam dari penambangan bauksit terdiri dari Fe, Ni, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd dan Cr (Cabllk, 2007). Hasil penelitian Putra & Apriadi (2018), menunjukkan bahwa sedimen di lahan bekas penambangan bauksit mengalami kontaminasi logam berat Pb tergolong tinggi (EF > 40), sedangkan kontaminasi logam Cr tergolong sedang (EF < 5). Secara

alami, lapisan tanah di Pulau Bintan mengandung logam bauksit, namun dengan adanya pembukaan lahan di sekitar hutan mangrove untuk penambangan bauksit serta tidak adanya upaya reklamasi lahan bekas tambang tersebut, diduga terus memberikan potensi pengendapan logam berat pada sedimen di sekitar ekosistem tersebut.

Hutagalung (1989) menyatakan bahwa mangrove yang berada di muara sungai dan tepi pantai dapat mengakumulasi unsur logam dengan menyerapnya sebagai zat hara pada sistem produksi (metabolisme). Nilai serapan logam berat yang dilakukan oleh setiap tumbuhan berbeda-beda. Jaringan tumbuhanlah yang menentukannya (Knox et al., 2000). Menurut Hidayati (2016), sifat hiperakumulator ditemukan pada beberapa jenis vegetasi, yang dapat menyerap unsur logam dengan jumlah yang besar sehingga tersimpan pada jaringan akar dan tajuk. Handayani (2011) menyatakan bahwa mangrove berperan sebagai penahan abrasi, juga bisa sebagai indikator akumulasi logam berat secara biologi.

Rhizophora mucronata merupakan jenis mangrove yang paling dominan dijumpai di Pulau Bintan. Unsur Pb tergolong kedalam unsur mikro yang salah satu diantara unsur-unsur logam terkecil proporsinya dari aktivitas pertambangan bauksit, sedangkan unsur Cr merupakan unsur makro yang tergolong besar proporsinya dalam pertambangan bauksit. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini menganalisis fitoakumulasi logam berat Pb dan Cr menggunakan *R. mucronata* di kawasan pesisir Pulau Bintan. Pengamatan ini bermanfaat dalam kegiatan rehabilitasi hutan mangrove sebagai salah satu pengelolaan kawasan bekas tambang bauksit di Pulau Bintan melalui fitoremediasi mangrove.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli Tahun 2020, secara survey di empat lokasi hutan mangrove yang merupakan kawasan yang diduga dipengaruhi oleh kawasan bekas tambang bauksit di pesisir Bintan (Gambar 2). Lokasi sampling terdiri dari wilayah Kabupaten Bintan (Kampung Wacpek dan Kelurahan Tembeling Tanjung) serta Kota Tanjungpinang (Sungai Carang dan Kelurahan Senggarang). Kawasan hutan mangrove Sei Carang, Senggarang dan Tembeling Tanjung berada sangat dekat dengan kawasan bekas tambang bauksit (ketebalan hutan mangrove < 50 m), karena aktifitas tambang bauksit dahulunya dilakukan dengan memanfaatkan area bibir pantai untuk pengangkutan pasir bauksit. Sedangkan hutan mangrove di Wacpek berada lebih jauh dari area bekas tambang bauksit (ketebalan hutan mangrove > 100 m). Sampel sedimen dan organ *R. mucronata* dianalisis di Laboratorium Bioproses Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat sampling utama yaitu *coresampler* untuk sedimen pada kedalaman 1 meter, meteran, pisau untuk mengiris organ akar, batang dan daun *R. mucronata*, serta aluminium foil dan plastik sampel untuk penyimpanan. Analisa di laboratorium menggunakan alat pipet ukur 10 ml, labu ukur 50, 100 dan 1000 ml, cawan porselin, desikator, timbangan analitik, oven, hotplate *Lab Tech*, batang pengaduk, spatula, mortar dan alu serta larutan HNO₃ pekat (65%) dan aquadest untuk destruksi

sampel serta AAS merk *Spectra AA* untuk mendapatkan nilai akumulasi Pb dan Cr.

Prosedur Sampling

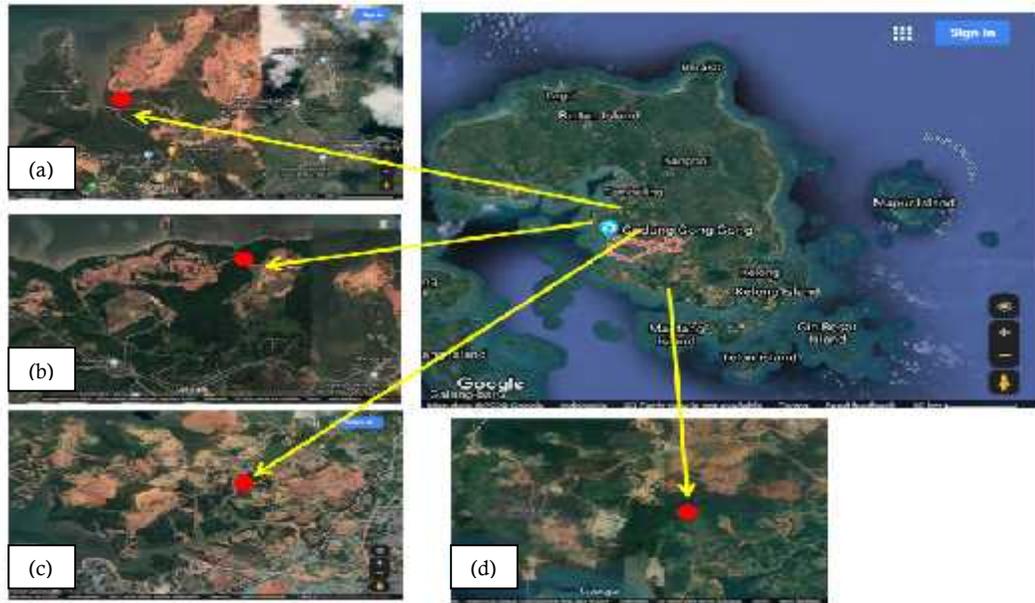
Penentuan lokasi sampling tegakan *R. mucronata* ditentukan secara *purposive sampling* mengacu pada teknik cluster plot menurut Mangold (1997) dan USDA-FS (1999) (Gambar 2). Pohon yang diambil hanya yang berada dalam plot dan memiliki lingkaran batang yang berkisar antara 35-50 cm. Sampel daun diambil yang berwarna hijau tua sebanyak 500 gram. Akar diambil pada bagian yang terendam dalam tanah, diukur sepanjang ± 10-20 cm (sebanyak 500 gram). Sampel batang diambil dengan mengiris batang termasuk kulit luar/epidermis) seluas 10x10cm setebal ± 2cm (English *et al.*, 1994). Pengujian di laboratorium menggunakan teknis dekomposit sampel untuk sedimen dan organ perbagian tubuh *R. mucronata*. Semua sampel dianalisis kandungan logam Pb dan Cr di laboratorium.

Sampel sedimen dihaluskan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama ± 3 jam. Setelah kadar air berkurang, sampel sedimen ditumbuk dan ditimbang sebanyak 1 gr, ditambahkan 4 ml HNO₃ pekat dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian sampel dipanaskan pada suhu 150°C selama 10 menit. Ditambahkan aquadest sehingga volume sampel menjadi 20 ml. sampel sedimen yang telah mengendap disaring, kemudian dianalisis menggunakan AAS kandungan logamnya.

Sampel akar, batang dan daun dipotong menjadi kecil-kecil kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 105°C selama ± 3 jam. Kemudian sampel ditumbuh halus. Diambil sampel sebanyak 1 gr kemudian ditambahkan 4 ml HNO₃ pekat dan didiamkan selama 24 jam. Sampel akar, batang dan daun kemudian diletakkan di atas *hotplate* dan dilabel. Kemudian masing-masing sampel dipanaskan dengan suhu 200°C selama 10 menit. Setelah airnya kering, ditambahkan aquadest hingga volume menjadi 20 ml, lalu disaring menggunakan kertas saring. Larutan yang telah disaring dianalisis menggunakan AAS untuk diuji kandungan logamnya.

Pengolahan dan Analisis Data

Hasil analisis sampel logam pada sedimen dan organ *R. mucronata* ditabulasikan. Kemudian dilakukan uji anova dan uji lanjut *Mutiple Comparisons Tukey* untuk mengetahui perbedaan akumulasi Pb dan Cr antar organ yang telah disampling.



Gambar 1. Peta lokasi penyamplingan di Pulau Bintan: (a) Tembeling, (b) Senggarang, (c) Sungai Carang dan (d) Wacopek.

Akumulasi logam berat akan menunjukkan mekanisme fitoakumulasi logam berat oleh tegakan mangrove dengan menentukan nilai TF (Translocation Factor) dan BCF (Bio-Concentration Factor) berdasarkan persamaan berikut (Gosh & Singh (2005) dalam Yafyet et al., 2016):

$$TF_{\text{daun/atau batang}} = \frac{\text{Logam pada daun atau batang}}{\text{Logam dalam akar}}$$

$$BCF = \frac{\text{Logam pada tumbuhan}}{\text{Jumlah logam dalam sedimen}}$$

Keterangan :

- BCF dan TF < 1 = Rizofiltrasi
- BCF dan TF > 1 = Fitoekstraksi
- BCF > 1000 ppm = Hiperakumulator
- 1000 > BCF > 250 ppm = Akumulator sedang
- BCF < 250 = Akumulator rendah

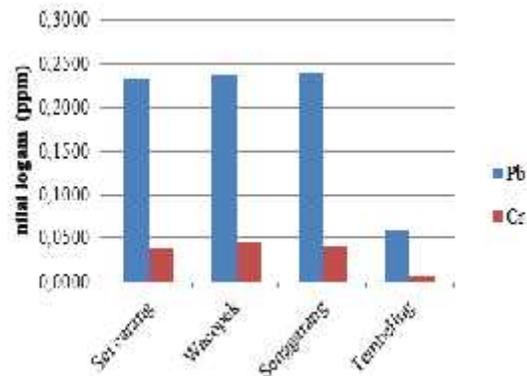
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Pb Dan Cr Pada Sedimen

Keberadaan logam berat pada sedimen di kawasan pesisir sangat bergantung pada aktivitas di sekitar kawasan pesisir. Semakin tinggi aktivitas yang menghasilkan logam berat maka semakin besar pula akumulasi logam terendap pada sedimen di sekitar perairan. Logam berat yang masuk dan terakumulasi di sedimen cenderung lebih tinggi dibandingkan logam yang terlarut dalam air.

Kawasan pesisir Pulau Bintan sangat rawan terhadap pencemaran akibat akumulasi logam berat. Selain karena aktivitas masyarakat disekitar pesisir, secara alami daratan Pulau Bintan memang mengandung mineral logam bauksit yang tinggi dan berpotensi ekonomis. Hasil analisis Pb dan Cr di sedimen pesisir Pulau Bintan memiliki nilai yang bervariasi

pada tiap titik samplingnya. Hasil tersebut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi Pb dan Cr pada sedimen di pesisir Pulau Bintan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan Pb dalam sedimen lebih tinggi daripada kandungan Cr. Rata-rata nilai Pb di seluruh lokasi sampling berkisar 0,0596-0,2387 ppm, sedangkan rata-rata nilai Cr berkisar 0,0054-0,0460 ppm. Urutan lokasi penelitian berdasarkan nilai rata-rata tertinggi logam Pb adalah Senggarang> Wacopek> Sei Carang> Tembeling. Sedangkan urutan nilai rata-rata tertinggi logam Cr adalah Wacopek> Senggarang> Sei Carang> Tembeling. Secara umum, nilai Pb dan Cr dalam sedimen di seluruh lokasi mengindikasikan sedimen di Pesisir Pulau Bintan yang berada di kawasan bekas tambang bauksit mengandung logam berat yang tinggi.

Kandungan kromium pada sedimen tergantung pada bahan organik. Di alam unsur kromium tidak pernah dalam bentuk logam murni (Nugroho, 2009). Meski jumlahnya di alam tergolong sedikit, sumber

kromium di perairan adalah limbah yang berasal dari industri logam, industri tekstil, pabrik kertas, pabrik kulit dan olahan benang wol, serta lainnya (Effendi, 2003). Nilai rata-rata Cr yang rendah di pesisir Bintan mengindikasikan bahwa sumber pencemar yang menggunakan bahan-bahan mengandung Cr lebih sedikit dibandingkan Pb. Demikian juga yang hasil penelitian Putra & Apriadi (2018) yang menyatakan bahwa di kawasan bekas tambang bauksit di Bintan nilai Pb lebih tinggi daripada Cr. Putra & Apriadi (2018) juga menyebutkan bahwa kawasan Wacopek memiliki nilai konsentrasi Pb tertinggi (0,421 ppm) dan kawasan Sei Carang Tanjungpinang memiliki nilai Pb terendah (0,273 ppm). Selanjutnya nilai Cr tertinggi ditemukan lebih tinggi di Sei Carang (0,046 ppm) dibandingkan Wacopek (0,018 ppm). Menurut *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) *US Department of Commerce* (2005), baku mutu untuk Pb adalah 30,24 ppm dan Cr 52,30 ppm.

Jika dibandingkan dengan nilai hasil kajian Putra & Apriadi (2018), maka kandungan logam Pb dan Cr dalam sedimen di kawasan bekas pertambangan bauksit Pulau Bintan lebih kecil atau mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya. Hal ini kemungkinan karena logam-logam yang terendap disedimen telah diserap oleh vegetasi mangrove yang hidup di kawasan tersebut. Selain itu juga diduga karena aktifitas tambang yang telah lama dihentikan mengakibatkan tidak ada penambahan pembukaan *topsoil* baru, sehingga hujan hanya mengikis permukaan sedimen yang diduga telah mengalami penipisan akumulasi logam beratnya. *Runoff* air yang mengalir ke kawasan mangrove pun mengalami penurunan konsentrasi logam yang terlarut. Selain itu, adanya deposisi, arus, pasang dan surut serta adsorpsi dapat menyebabkan variasi perbedaan kandungan endapan logam (Amin et al., 2010). Berdasarkan nilai NOAA maka nilai Pb dan Cr di pesisir Bintan tergolong sangat sedikit dan belum melewati ambang batas baku mutu kualitas sedimen.

Kandungan Pb Dan Cr Pada Organ *R. mucronata*

Biasanya semua vegetasi bisa mengakumulasi logam, tapi beberapa jenis tertentu saja yang hiperakumulator (Baker & Brooks, 1989). Hasil analisis konsentrasi total Pb dan Cr di bagian akar, batang dan daun *R. mucronata*, diperoleh nilai tertinggi akumulasi logam Pb dan Cr terdapat pada akar dan terendah pada daunnya. Hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kandungan Pb dan Cr Pada *R. mucronata*

Lokasi	Sampel	Hasil Uji Logam Berat (ppm)	
		Pb	Cr
Sei Carang	Akar	2,7677	0,3738
	Batang	2,3077	0,3363
	Daun	1,6418	0,2592
Wacopek	Akar	2,8812	0,4980
	Batang	2,7155	0,3834
	Daun	2,3057	0,2973
Senggarang	Akar	3,3482	0,7664
	Batang	2,9794	0,6474
	Daun	2,8970	0,3305
Tembeling	Akar	1,3503	0,0617
	Batang	1,0748	0,0517
	Daun	1,1076	0,0413

Berdasarkan tabel tersebut, kandungan logam Pb dan Cr dari akar, batang serta daun *R. mucronata* di Tembeling memiliki nilai terendah dibandingkan stasiun sampling lainnya. Rerata nilai Pb dari akar *R. mucronata* berkisar 1,3503–3,3482 ppm, pada batangnya berkisar 1,0748–2,9794 ppm, dan pada daunnya berkisar 1,1076–2,8970 ppm. Nilai akumulasi konsentrasi Pb pada *R. mucronata* di Pulau Bintan lebih rendah dibandingkan hasil kajian Sugiyanto et al., (2016) & Yafyet et al., (2016). Sugiyanto et al., (2016) menemukan bahwa *R. mucronata* di pesisir Probolinggo, Jawa Timur mampu menyerap Pb dengan kisaran nilai antara 0,202–0,267 ppm. Sedangkan Yafyet et al., (2016) menemukan bahwa *R. mucronata* mampu menyerap Pb di pesisir Sungai Tallo, Makassar dengan kisaran nilai antara 16,01–35,46 ppm.

Berdasarkan uji anova dan uji lanjut menggunakan *multiple comparisons* (Tabel 2) untuk akumulasi logam pada bagian organ *R. mucronata*, diperoleh nilai signifikansi akar terhadap batang sebesar 0,750 lebih dari 0,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa rata-rata hasil nilai sampling akar dan batang *R. mucronata* tidak memiliki perbedaan. Sedangkan antara akar dan daun memiliki perbedaan karena nilai signifikansi sebesar 0,018. Kemudian batang *R. mucronata* tidak memiliki perbedaan dengan akar dan daun. Sementara itu, daun memiliki perbedaan dengan akar, namun tidak dengan batang.

Tabel 2. Hasil uji anova (a) dan uji lanjut *Multiple Comparisons* (b) nilai kandungan logam pada organ *R. mucronata*

Bagian Organ	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Akar	.883	.038	.807	.959
Batang	.844	.038	.768	.920
Daun	.729	.038	.653	.806

(I) Bagian Organ	(J) Bagian Organ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
akar	batang	.038606	.0531450	.750	-.091297
	daun	.153383*	.0531450	.018	.023481
batang	akar	-.038606	.0531450	.750	-.168508
	daun	.114778	.0531450	.092	-.015124
daun	akar	-.153383*	.0531450	.018	-.283286
	batang	-.114778	.0531450	.092	-.244680

Menurut Charlena (2004), Pb bisa diserap jika data keadaan tanah tidak subur dan minim organik tetapi kapasitas tukar kation (KTK) tanahnya tinggi. Mobilitas timbal di dalam tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan memiliki konsentrasi normalnya, normalnya konsentrasi logam Pb pada tumbuhan berkisar 0,5-3 ppm. Berdasarkan nilai tersebut, maka rata-rata nilai akumulasi Pb dalam akar, batang dan daun *R. mucronata* di kawasan bekas tambang bauksit Pulau Bintang masih berada dalam rentang baku mutu normal.

Menurut Connell (1995) distribusi unsur hara dan bahan mineral yang ditemukan di organ vegetasi tidak selalu sama (Tam & Wong (1997) menyatakan bahwa akar mangrove bagian terbesar sebagai penyimpan logam. Namun, mobilitas dan sifat kelarutannya juga menentukan nilai penyerapan logam tersebut. Urutan logam yang diserap oleh tumbuhan adalah Mangan > Kromium > Tembaga > Kadmium > Timbal (Sinha, 1998). Selain kemampuan untuk mengakumulasi logam berbeda masing-masing jenis tumbuhan, kandungannya antar jaringan tumbuhan seperti pada perakaran, cabang dan tajuk juga berbeda dalam satu spesies. Hal tersebut menunjukkan kemampuan penyerapan unsur-unsur yang diperlukan oleh tumbuhan dalam jumlah banyak maupun sedikit memungkinkan konsentrasi unsur-unsur dalam tanah (sedimen) menjadi berkurang (Kartikasari *et al.*, 2002).

Mekanisme Fitoakumulasi Pb dan Cr Pada Tumbuhan Bakau *R. mucronata*

Kemampuan menyerap logam Pb dan Cr pada *R. mucronata* di kawasan bekas tambang bauksit Pulau Bintang diketahui dari nilai BCF (Bio-Concentration Factor) dan TF (Translocation Factor). Nilai kandungan logam berat yang diserap oleh sistem akar maupun organ lain pada tumbuhan bisa diketahui menggunakan TF. Tinggi atau rendahnya proporsi BCF diperoleh dengan membandingkan

akumulasi total logam pada seluruh organ *R. mucronata* pada sedimen. (Barman *et al.*, 2000). Menurut Sugiyanto *et al.*, (2016) kandungan logam yang terdapat dalam tumbuhan dan logam di sekitarnya adalah parameter BCF. MacFarlane *et al.*, (2000) menyebutkan bahwa BCF maupun TF dapat dipakai untuk mengetahui kondisi vegetasi bersifat fitoekstraksi (jika nilai TF besar dari 1) dan fitostabilisasi (jika nilai TF kecil dari 1). Hasil perhitungan BCF dan TF logam Pb dan Cr pada *R. mucronata* disajikan pada Tabel 3.

Nilai translokasi logam Pb dan Cr *R. mucronata* dilihat berdasarkan akumulasi logam pada daun dan batangnya terhadap akumulasi logam pada akar serta sedimen. Nilai faktor translokasi (TF) pada batang dan daun terhadap akar menunjukkan nilai <1, sedangkan nilai faktor biokonsentrasi (BCF) *R. mucronata* menunjukkan nilai $250 > BCF > 1$. Maka mekanisme translokasi *R. mucronata* terhadap penyerapan logam Pb dan Cr tergolong fitoakumulasi secara *fitostabilisasi* atau *rizhofiltrasi*. Faktor biokonsentrasi *R. mucronata* yang menunjukkan nilai <250 mengindikasikan bahwa fitoakumulasi *R. mucronata* tergolong tumbuhan *non-hiperakumulator* yang artinya hanya menyerap sedikit logam Pb dan Cr yang ada di lingkungannya melalui sistem perakaran (rhizofiltrasi).

Akar merupakan bagian terpenting pada *R. mucronata* sebagai penghalang diserapnya unsur polutan ke organ yang lainnya. *Iron plaques* (plak besi) terbentuk guna mencegah logam masuk dengan bantuan oksigen dari tanah yang dilepaskan oleh akar. *Rhizofiltrasi* terjadi sebagai upaya menyaring logam yang masuk agar tidak tersirkulasi bebas dalam bagian jaringan tubuh *R. mucronata* lainnya. Kathiresan & Bingham (2001) menyebutkan bahwa rhizophora tergolong tumbuhan yang menyerap sedikit logam berat dari lingkungan atau rendahnya *bioavailabilitas* (penyerapan) dari sedimen karena adanya pengeluaran (eksklusi) logam berat dan adanya adaptasi fisiologi yang mencegah akumulasi logam oleh bakau.

Tabel 3. Nilai TF dan BCF akumulasi Logam Pb dan Cr pada *R. mucronata*

No.	Jenis logam	lokasi	Nilai		
			TF daun	TF batang	BCF
1	Pb	Sei Carang	0,59	0,83	28,92
		Wacopek	0,80	0,94	33,27
		Senggarang	0,87	0,89	38,65
		Tembeling	0,82	0,80	59,31
2	Cr	Sei Carang	0,69	0,90	24,66
		Wacopek	0,60	0,77	25,64
		Senggarang	0,43	0,84	42,93
		Tembeling	0,67	0,84	28,45

Adaptasi *R. mucronata* terhadap logam Pb dan Cr yang terakumulasi di sedimen dapat dimanfaatkan sebagai informasi untuk menentukan daya tahan jenis mangrove ini sebagai bibit dalam upaya rehabilitasi mangrove di kawasan bekas tambang bauksit Pulau Bintan. Kemampuannya yang baik dalam mengakumulasi logam dari lingkungan di sekitarnya menjadikan *R. mucronata* dapat bertahan hidup meskipun perubahan lingkungannya mengalami penurunan kualitas. Mekanisme *rizhofiltrasi* yang dilakukan *R. mucronata* dalam menyerap unsur Pb dan Cr yang terendap di sedimen, menunjukkan bahwa *R. mucronata* dapat menjadi salah satu upaya bioremediasi logam berat dalam mengendalikan pencemaran akibat pertambangan bauksit.

SIMPULAN

Tumbuhan bakau *R. mucronata* yang hidup di sekitar kawasan bekas tambang bauksit Pulau Bintan, tergolong mampu mengakumulasi timbal dan kromium yang terendap dalam sedimen disekitarnya. Kandungan timbal dan kromium yang terakumulasi di akar *R. mucronata* tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap batangnya, sedangkan nilai timbal dan kromium yang terdapat di akar *R. mucronata* memiliki perbedaan yang signifikan terhadap daunnya.

Kandungan timbal dan kromium yang terdapat di organ *R. mucronata* menunjukkan kisaran normal yang masih berada di bawah nilai maksimal baku mutu. *R. mucronata* tergolong jenis fitostabilisasi melalui *rizhofiltrasi* logam yang masuk ke organ tubuhnya tetapi tidak bersifat hiperakumulator terhadap logam Pb dan Cr yang terendap di sekitar kawasan bekas tambang bauksit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Rasa terima kasih disampaikan kepada Deded Ananda, Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan FIKP

UMRAH Tanjungpinang, yang telah berkontribusi dalam survey dan sampling; serta kepada *Analisis* di Laboratorium Bioproses Fakultas Teknik Universitas Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B., E. Afriyani, & M.A Saputra. (2010). Distribusi Spasial Logam Pb & Cu Pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal teknobiologi* 2 (1) : 1-8.
- Baker, A. J. M., & Brooks, R. R. (1989). Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements – A review of their distribution, Ecology and Phytochemistry, *Biorecovery*, 1 : 81-126.
- Barman, S. C., Sahu, R. K., Bhargava, S. K., & Chatterjee, C. (2000). Distribution of Heavy Metals in Wheat, Mustard and Weed Grains Irrigated with Industrial Effluents. *Bull. Environmental, Contamination and Toxicology*, 64 : 489-496.
- Cablik, V. (2007). Characterization dan Applications Of Red Mud From Bauxite Processing. The British Library "The World's Knowledge", 27-38 p.
- Charlena. (2004). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. <http://www.rudyc.com/PPS702-pb/09145/charlena.pdf>.
- Connell, D.W. (1995). Bioakumulasi Senyawa Xenobiotic. Penerjemah: Kastoer. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- English, S., Wilkinson, C. & Baker, V. (1994). Survey Manual For Tropical Marine Resources. ASEAN Australian Marine Science Project: Living Coastal Resources, Townsville. 368 pp
- Handayani, T. (2011). Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* Dan *Avicennia marina* Di Muara Angke Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7 (3) : 266 – 270. DOI <https://doi.org/10.29122/jtl.v7i3.389>
- Hidayati, N. (2016). Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14 (2) : 75 – 82. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v14i2.1424>
- Hutagalung, P. (1989). Mercury dan Cadmium Content in Mangrove From Jakarta Bay. *Bull. Environmental, Contamination, Toxicology*. 42 (6) : 323-324.
- Kartikasari, V., Tandjung, S. H., & Sunarto. (2002). Akumulasi Logam Berat Cr dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina* Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang dan Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, IX (3): 137-147. <https://doi.org/10.22146/jml.18596>

- Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). Biology of Mangroves dan Mangroves Ecosystem. *Marine Biology*, 40 : 81-251.
- Knox, A. S., Seaman, J., Andriano, D. C., & Pierszynski, G. (2000). Chemo stabilization Of Metals In Contaminated Soils. Di dalam Wise, D. L., Trantolo, D. J., Chicon, E. J., Inyang, H. I., Stottmeister, U. (ed). *Bioremediation Of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. 811-836 p.
- MacFarlane, G.R., & M.D. Burchett. (2000). Cellular Distribution of Copper, Lead & Zinc in the Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Aquatic Botany* 68:45-59.
- Mangold, R. (1997). *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide (International Indonesia)*. Washington DC: USDA Forest Service. 300 p.
- NOAA. (2005). *Sediment Quality Guidelines. National Oceanic And Atmospheric Admisnitration (NOAA) Departement Commerce*.
- Nugroho, A. (2009). Konsentrasi Kromium dan Seng Dalam Air, Seston, Biota dan Fraksinasinya Dalam Sedimen Di Perairan Delta Berau Kalimantan Timur. Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Putra, R. D., & Apriadi, T. (2018). Studi Kontaminasi Logam Berat (Pb dan Cr) Pasca Pertambangan Bauksit Sebagai Potensi Lokasi Kegiatan Budidaya Perikanan. *Jurnal Intek Akuakultur*, 2 (1) : 1-15. E-ISSN 2579-6291.
- Sinha, S. (1998). Accumulation of Cu, Cd, Cr dan Pb from Artificially Contaminated Soil by *Bacopa Monnieri*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 57 : 253-264.
- Sugiyanto, R. A. N., Yona, D., & Julianda, S. H. (2016). Analisis Daya Serap Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* Terhadap Logam Berat Pb dan Cu Di Pesisir Probolinggo, Jawa Timur. Seminar Nasional Perikanan Dan Kelautan VI, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Tam, N. F.Y. & Wong, Y. S. (1997). Retention dan Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Waste Water. *Environmental Pollution*, 94 : 283-291.
- USDA-FS. (1999). *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide (International 1999)*. Asheville NC: USDA Forest Service Research Triangle Park.
- Yafyet, Liong, S., & Hala, Y. (2016). Fitoakumulasi Cr dan Pb Dalam Tumbuhan Bakau *Rhizophora mucronata* Di Daerah Aliran Sungai Tallo Makassar. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
-