

Acacia auriculiformis DAN Eragrostis chariis: VEGETASI POTENSIAL DARI LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH PULAU BANGKA SEBAGAI FITOREMEDIATOR Pb DAN Sn

Acacia auriculiformis and Eragrostis chariis: Potential Vegetations from Tin-Mined Lands in Bangka Island as Pb and Sn Phytoremediator

Eka Sari^{1*)}, Giyanto²⁾, dan Untung Sudadi³⁾

¹⁾ Gedung Daya (F), Kampus Terpadu Balunijuk Universitas Bangka Belitung, Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

²⁾ Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

³⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

ABSTRACT

Lead (Pb) and Tin (Sn) are heavy metals most commonly found in tin-mined lands, Bangka Island. A heavy metal contaminated soil can be remediated by applying phytoremediation technology. This research was aimed to analyze vegetation composition and structure in tin-mined lands, to evaluate Pb and Sn accumulation in soils and tissues of the dominant vegetations, and to determine potential vegetations to be utilized as Pb and Sn phytoremediator. The observation were conducted at reclaimed tin-mined lands (LBTR), unreclaimed tin-mined lands (LBTB), and secondary forest lands as the control. Dominant vegetation was determined by species area curve and vegetation analysis using Square method. Accumulation of Pb and Sn in soil and tissue of the dominant vegetation were respectively determined using Morgan extractant and toxicity characteristic leaching procedure (TCLP). The results showed that soil-Sn was undetected. The total soil-Pb in LBTR and LBTB exceeded its quality standard. The highest level of total soil-Pb was found in LBTR. The content of tissue-Pb and -Sn in the dominant vegetation did not exceed their each normal limits. Acacia auriculiformis in secondary forest and Eragrostis chariis in LBTB were found potential to be utilized as Pb and Sn phytoremediator.

Keywords: Acacia auriculiformis, Eragrostis chariis, Pb, phytoremediator, Sn

ABSTRAK

Timbal (Pb) dan Timah (Sn) merupakan logam berat yang paling umum ditemukan di lahan bekas tambang timah, Pulau Bangka. Pemulihan tanah tercemar logam berat dapat dilakukan dengan teknologi fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi dan struktur vegetasi di lahan bekas tambang timah, mengevaluasi akumulasi Pb dan Sn di dalam tanah dan jaringan vegetasi dominan, serta menentukan vegetasi potensial untuk dimanfaatkan sebagai fitoremediator Pb dan Sn. Pengamatan dilakukan di lahan bekas tambang timah yang sudah direklamasi (LBTR), lahan bekas tambang timah yang belum direklamasi (LBTB), dan lahan hutan sekunder sebagai kontrol. Vegetasi dominan ditentukan berdasarkan kurva spesies area dan analisis vegetasi dengan metode Kuadrat. Akumulasi Pb dan Sn dalam tanah dan jaringan vegetasi dominan masing-masing ditetapkan menggunakan pengekstrak Morgan dan *toxicity characteristic leaching procedure* (TCLP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sn-tanah tidak terdeteksi. Kadar total Pb-tanah di LBTR dan LBTB melebihi baku mutu. Kadar total Pb-tanah tertinggi terukur di LBTR. Kadar Pb dan Sn pada jaringan vegetasi dominan tidak melebihi batas normal. *Acacia auriculiformis* di lahan hutan sekunder dan *Eragrostis chariis* di LBTB berpotensi sebagai fitoremediator Pb dan Sn.

Kata kunci: *Acacia auriculiformis, Eragrostis chariis, Pb, fitoremediator, Sn*

PENDAHULUAN

Kepulauan Bangka Belitung merupakan daerah penghasil timah terbesar di Indonesia. Lokasi tambang timah di kepulauan ini tersebar di seluruh wilayahnya. Salah satunya adalah tambang timah primer terbuka (*open pit*) di Desa Pemali, Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka. Kontribusi pertambangan timah di Kabupaten Bangka terhadap produksi timah PT Timah (Persero) Tbk hingga tahun 2008 sebesar 17.61%. Cadangan timah di Pemali diprediksi dapat ditambang hingga tahun 2025

dengan total produksi 8,346 ton Sn (PT Timah (Persero) Tbk., 2010). Meskipun memberikan kontribusi terbesar terhadap PDRB dan peningkatan perekonomian wilayah, dampak negatif pertambangan timah terhadap lingkungan perlu terus diupayakan remediasinya.

Aktivitas pertambangan timah di Pulau Bangka dan Belitung juga berdampak negatif terhadap perubahan bentang alam dan kondisi lahan pasca tambang yang tidak mendukung pertumbuhan vegetasi (Nurtjahya, 2008); degradasi hutan dan terakumulasinya limbah (*tailing*) yang mencemari lingkungan perairan (PT. Timah (Persero)

*) Penulis Korespondensi: Telp. +62822281133985; Email. ekasari090@gmail.com

Tbk., 2009); deposisi limbah padat pada tanah (Nouri *et al.*, 2009); munculnya masalah air asam tambang (Alshaeby *et al.*, 2009); perubahan sifat fisik dan kimia tanah (Sujitno, 2007), serta terbentuknya danau atau kolam bekas galian tambang berisi air yang disebut “kolong” (Tjhiaw dan Djohan, 2009). Lebih lanjut, degradasi hutan di Pulau Bangka setiap tahunnya meningkat akibat penambangan timah sehingga mengubah, menurunkan dan menghilangkan komposisi dan struktur vegetasi serta memicu krisis keanekaragaman hayati.

Penambangan dan pengolahan bijih timah juga menyisakan limbah batuan dan mineral-mineral ikutan yang mengandung logam berat. Kadar Pb di lokasi bekas tambang semprot *open pit* Pemali yang berusia lebih dari 40 tahun mencapai 60.1 ppm (Veriady, 2007). Kadar Sn pada *tailing* tambang timah di Merbuk/Nibung, Kabupaten Bangka Tengah mencapai 350 ppm (Herman, 2005). Pb dan Sn bukan hara esensial bagi tumbuhan, sehingga jika tertransfer ke rantai makanan berpotensi merugikan kesehatan manusia dan hewan (Chayed, 2009). Toksisitas kedua logam berat tersebut terhadap manusia antara lain mempengaruhi sel darah merah, menyebabkan kerusakan otak, saluran ginjal, sistem reproduksi, dan bahkan kematian (Palar, 2004).

Dalam rangka meminimalkan risiko pencemaran logam berat di lingkungan bekas tambang mineral, maka perlu dilakukan upaya remediasi. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi berbasis vegetasi untuk meremediasi tanah tercemar logam berat (Malik dan Biswas, 2012). Teknologi ini prospektif untuk dikembangkan pada lahan bekas tambang timah karena lebih murah, ramah lingkungan dan mudah diterapkan dibandingkan dengan metode fisik dan kimia. Vegetasi seperti *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina* (Hamzah dan Setiawan, 2010), dan *Acacia mangium* (Ang *et al.*, 2010) dilaporkan dapat digunakan sebagai fitoremediator Pb.

Vegetasi terestrial yang tumbuh dominan di lahan bekas tambang timah menunjukkan kemampuan adaptifnya di habitat terkontaminasi logam berat, sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator terkait kegiatan reklamasi lahan bekas tambang timah. Data mengenai hal ini di lahan bekas tambang timah di Desa Pemali, Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka belum pernah dilaporkan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis komposisi dan struktur vegetasi di lahan bekas tambang timah, mengevaluasi akumulasi Pb dan Sn di dalam tanah dan jaringan vegetasi dominan, serta menentukan vegetasi potensial untuk dimanfaatkan sebagai fitoremediator Pb dan Sn.

BAHAN DAN METODE

Penelitian lapang dilaksanakan selama 12 bulan sejak Mei 2014 hingga April 2015 di area tambang timah primer *open pit* Desa Pemali, Kecamatan Pemali, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Area penelitian terdiri atas lahan bekas tambang timah yang sudah direklamasi (LBTR), lahan bekas tambang timah yang sudah ditinggalkan 3-12 bulan dan belum direklamasi (LBTB), dan lahan hutan sekunder sebagai lokasi kontrol, masing-masing dengan 3 ulangan.

Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan, pemilihan lokasi lahan penelitian, dan penentuan koordinatnya. Pemilihan lokasi didasarkan atas kondisi serta gradien topografi dan vegetasi (Ashraf *et al.*, 2011), dengan mempertimbangkan informasi dari masyarakat melalui wawancara.

Pengambilan Sampel Tanah dan Spesimen Vegetasi

Vegetasi dominan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran luas kurva spesies area (KSA) dengan analisis vegetasi menggunakan metode Kuadrat (Setiadi dan Muhadiono, 2001). Vegetasi contoh ditetapkan secara acak dan spesimen dari masing-masing jenis vegetasi dikompositkan untuk dibuatkan herbarium kering. Identifikasi nama jenis vegetasi dilakukan di Herbarium Bangka Belitungense, Bangka dan Herbarium Bogoriense, LIPI, Bogor. Spesimen vegetasi dibagi atas stadium semai/vegetasi bawah dan komposit dari semua bagian tajuk (daun, batang, buah, dan biji) serta akar. Kadar Pb dan Sn dalam jaringan vegetasi dominan dianalisis dengan pengekstrakan Morgan dan ditetapkan menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) di Laboratorium Balai Penelitian Tanah, Bogor dengan metode standar SNI 7387:2009 (BSN, 2009).

Sampel tanah diambil di rizosfer 5 vegetasi dominan di ketiga jenis lahan penelitian pada kedalaman 0-40 cm menggunakan bor tanah dan dikompositkan menjadi ± 1 kg. Jarak antar titik sampling tanah 50 cm (Nurtjahya *et al.*, 2009a). Analisis dilakukan terhadap sifat fisika dan kimia tanah (kadar air, bobot isi, tekstur, pH H₂O, pH KCl, C-organik, N-total, C/N, P- dan K-potensial, P- dan K-tersedia, kapasitas tukar kation (KTK), Ca-dd, Mg-dd, K-dd, dan Na-dd, kejenuhan basa (KB), Al-dd, H-dd, serta kadar Pb dan Sn). Kadar Pb dan Sn tanah diekstrak menggunakan pengekstrakan Morgan (untuk kadar tersedia) dan TCLP (untuk kadar total) serta ditetapkan menggunakan SSA dengan metode standar SNI 06-6992, 3-2004 (BSN, 2004) di Laboratorium Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Karakterisasi Akumulasi Logam oleh Vegetasi

Karakterisasi akumulasi logam berat Pb dan Sn dalam jaringan vegetasi dominan didasarkan atas nilai *translocation factor* (TF), *bioconcentration factor* (BCF), dan *bioaccumulation coefficient* (BAC) untuk selanjutnya digunakan menetapkan jenis vegetasi yang menunjukkan potensi fitoekstraksi dan/atau fitostabilisasi (Zabin dan Howladar, 2015). TF didefinisikan sebagai nisbah kadar logam di tajuk terhadap kadar logam di akar (Li dan Yang, 2008). BCF dihitung sebagai nisbah kadar logam di akar terhadap kadar logam di tanah (Mnganga *et al.*, 2011). BAC dihitung sebagai nisbah kadar logam di tajuk terhadap kadar logam di tanah (Sekabira *et al.*, 2011). Kategorisasi karakteristik akumulasi logam berat oleh vegetasi didasarkan atas nilai TF, BCF, dan BCA (Balabanova *et al.*, 2015; Tsibangu *et al.*, 2014) seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi akumulasi logam berat oleh vegetasi berdasarkan TF, BCF dan BAC

TF <1		BCF		BAC	
		<1	>1	<1	>1
<i>Non-accumulator</i> (<0.01)	dan/ atau	-	<i>Phytostabilisator</i>	<i>Metal excluder</i>	-
<i>Low accumulator</i> (0.01-0.1)					
<i>Moderate accumulator</i> (0.1-1)					
TF >1 - 10					
<i>Hyperaccumulator</i>		-	<i>Phytoextractor</i>	-	<i>Phytoextractor</i>

TF: *translocation factor*; BCF: *bioconcentration factor*; BAC: *bioaccumulation coefficient*.

Sumber: Tsibangu *et al.* (2014); Balabanova *et al.* (2015).

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Data juga dianalisis secara statistika multivariat dengan metode *cluster analysis* dan *principal component analysis biplots* (PCA biplot) menggunakan Minitab 17. PCA biplot menghasilkan penyajian secara simultan hubungan antara obyek dan peubah-peubah dalam satu grafik berdimensi dua (Bro dan Smilde, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Spesies Area, Komposisi dan Struktur Vegetasi

Analisis KSA digunakan untuk menetapkan luas petak minimum yang mewakili tegakan vegetasi (Setiadi dan Muhadiono, 2001). Hasil KSA menunjukkan bahwa luas petak minimum di lahan hutan sekunder 0.2 ha, di LBTR 0.0128 ha dan di LBTB 0.0004 ha. Data dari tahun 2005 hingga 2012 (tidak disajikan) menunjukkan penurunan luas petak minimum tegakan vegetasi di Pulau Bangka. Penurunan luas petak minimum hutan di Pulau Bangka kemungkinan disebabkan oleh perubahan fungsi lahan akibat kegiatan pemanfaatan kayu, perkebunan, permukiman, dan penambangan timah. Semakin kecil luas petak minimum, semakin rendah komposisi (jumlah individu, jumlah jenis dan jumlah famili) vegetasi (Tabel 2) dan struktur vegetasi (indeks nilai penting [INP], indeks dominansi, indeks diversitas, indeks *spesies richness*, indeks *evenness*, dan indeks similiaritas).

Penurunan luas petak minimum, komposisi dan struktur vegetasi mengindikasikan terjadinya penurunan luasan dan keanekaragaman hayati. Komposisi dan struktur vegetasi di lahan hutan sekunder diduga dipengaruhi oleh kondisi tanahnya yang cenderung lebih subur dibandingkan di kedua lahan bekas tambang timah, sehingga suksesi vegetasi pada lahan hutan sekunder telah mengalami klimaks. Hal ini dikarenakan semua fase pertumbuhan vegetasi ditemukan di hutan sekunder.

Dari hasil *cluster analysis* berdasarkan tingkat INP diperoleh dua cluster, yaitu *cluster* 1 hutan sekunder

dan LBTR serta *cluster* 2 LBTB. Artinya, vegetasi di LBTR memiliki karakter yang lebih mirip dengan vegetasi di hutan sekunder daripada di LBTB. Berdasarkan akumulasi nilai INP pada semua fase pertumbuhan, vegetasi dominan di hutan sekunder dan di LBTR adalah *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex. Benth, sedangkan di LBTB adalah *Eragrostis chariis* (Schult.) Hitch (Tabel 3).

Kadar Pb dan Sn pada Tanah dan Vegetasi

Kadar Pb dan Sn tanah dan vegetasi dominan di hutan sekunder, LBTR dan LBTB disajikan pada Tabel 4. Variasi kadar logam dari satu tipe lahan ke tipe lahan lainnya diduga terkait dengan distribusi mineral dan akumulasi logam akibat proses penambangan timah secara terbuka dengan metode *hydromining*. Selain itu, variasi kadar logam berat tersebut diduga berkaitan dengan sifat fisika dan kimia tanah serta jenis dan sifat logam (Widowati *et al.*, 2008; Klos *et al.*, 2012). Pb dan Sn tanah di hutan sekunder lebih rendah dibandingkan di kedua lahan bekas tambang timah. Kerapatan vegetasi di hutan sekunder kemungkinan menyebabkan Pb dan Sn tanah dapat ditranslokasikan ke akar dan tajuk vegetasi, sehingga menyebabkan penurunan kadar Pb dan Sn tanah. Veriady (2007) menyatakan bahwa tumbuhan dapat menyerap Pb pada saat kondisi kesuburan tanah rendah, terutama akibat kadar bahan organik dan KTK tanah yang rendah seperti di lahan hutan sekunder di lokasi penelitian.

Kadar Pb akar dan tajuk semua jenis vegetasi di semua tipe lahan penelitian berada dalam batas normal. Menurut Malik *et al.* (2010), kadar normal Pb dalam vegetasi berkisar 5 ppm berat kering. Kriteria kadar normal Sn di dalam jaringan vegetasi belum tersedia di Indonesia. adar Pb dan Sn tumbuhan di lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka dilaporkan bervariasi, yaitu 0.34 - 0.50 ppm Sn dan 0.06 - 0.12 ppm Pb pada padi (Nurtjahya *et al.*, 2009b). Menurut Kumar *et al.* (2009), akumulasi logam berat di jaringan vegetasi yang bervariasi antar lokasi dapat dikaitkan dengan peningkatan kelarutan logam dalam tanah yang terkontaminasi dan mobilitasnya dalam jaringan vegetasi.

Tabel 2. Jumlah individu, jenis dan famili vegetasi pada tiga tipe lahan penelitian

Tipe Lahan	Jumlah individu					Jumlah jenis					Jumlah famili				
	SM	SP	TG	PN	Total	SM	SP	TG	PN	Total	SM	SP	TG	PN	Total
Hutan Sekunder	663	101	94	24	882	16	15	4	3	38	13	13	4	3	33
LBTR	364	16	0	0	380	15	6	0	0	21	10	5	0	0	15
LBTB	45	0	0	0	45	5	0	0	0	5	3	0	0	0	3

LBTR: lahan bekas tambang timah sudah direklamasi; LBTB: lahan bekas tambang timah sudah ditinggalkan 3-12 bulan dan belum direklamasi; SM: semai/vegetasi bawah; SP: sapihan; TG: tiang; PN:pohon.

Tabel 3. Lima vegetasi dominan berdasarkan akumulasi nilai INP semua fase pertumbuhan

Tipe lahan	Spesies	INP (%)			
		Semai	Sapuhan	Tiang	Pohon
Hutan Sekunder	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. Ex. Benth	1.87	37.19	234.80	260.83
	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth	7.49	29.88	36.97	26.57
	<i>Panicum sarmentosum</i> Roxb.	89.6	0.00	0.00	0.00
	<i>Melastoma polyanthum</i> Blume	10.96	40.77	0.00	0.00
	<i>Vitex pinnata</i> L.	11.69	36.40	0.00	0.00
LBTR*	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. Ex. Benth	4.27	112.50	0.00	0.00
	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv	66.82	0.00	0.00	0.00
	<i>Panicum sarmentosum</i> Roxb.	47.32	0.00	0.00	0.00
	<i>Baccaurea lanceolata</i> (Miq) Mull.Arg.Di.Dc	0.00	29.17	0.00	0.00
	<i>Trema orientalis</i> (L.) Bl.	5.10	14.58	0.00	0.00
LBTB*	<i>Eragrostis chariis</i> (Schult.) Hitchc.	94.43	0.00	0.00	0.00
	<i>Scleria laevis</i> Retz	48.52	0.00	0.00	0.00
	<i>Cyperus haspan</i> L.	35.43	0.00	0.00	0.00
	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. Ex. Benth	14.47	0.00	0.00	0.00
	<i>Lepironia articulata</i> (Retz.) Domin	7.23	0.00	0.00	0.00

INP: indeks nilai penting; *lihat keterangan pada Tabel 2.

Tabel 4. Kadar Pb dan Sn pada tanah dan vegetasi dominan di lahan penelitian

Tipe Lahan	Tumbuhan		Logam pada tanah (ppm)				Logam pada vegetasi (ppm)			
			Tersedia		Total		Akar		Tajuk	
			Pb	Sn	Pb	Sn	Pb	Sn	Pb	Sn
Hutan Sekunder	<i>A. auriculiformis</i>	Rerata	0.37	-	2.70	0.20	0.05	0.03	0.04	0.03
		Std	0.06	-	1.25	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02
LBTR*	<i>A. auriculiformis</i>	Rerata	1.73	-	50.53	-	0.15	-	0.06	-
		Std	0.91	-	45.69	-	0.08	-	0.01	-
LBTB*	<i>E. chariis</i>	Rerata	0.97	-	21.40	1.07	0.17	-	0.14	-
		Std	0.93	-	7.88	0.68	0.08	-	0.09	-

*Lihat keterangan Tabel 2; - : tidak terdeteksi; std: standard deviasi.

Logam Pb lebih banyak ditemukan di akar daripada di tajuk vegetasi (Gambar 1). Menurut Zarinkamar *et al.* (2013), hal tersebut disebabkan oleh: (1) detoksifikasi dimulai segera setelah akumulasi awal Pb di dalam akar dan/atau (2) imobilitas Pb dan keberadaan endodermis akar menghalangi transportasi Pb dengan cara penyimpanan di dalam dinding dan vakuola sel akar dengan ikatan terhadap *metallothionin* dan *phytochelatin*.

Menurut PP No. 85 tahun 1999 tentang baku mutu TCLP zat pencemar dalam limbah untuk penentuan karakteristik sifat racun, baku mutu untuk Pb adalah 5 ppm. Dengan demikian, kadar Pb tanah di LBTR dan LBTB telah melewati baku mutu dan berpotensi toksik atau mencemari lingkungan. Baku mutu toksisitas logam Sn dalam tanah belum tersedia di Indonesia.

Karakteristik Akumulasi Logam oleh Vegetasi Dominan

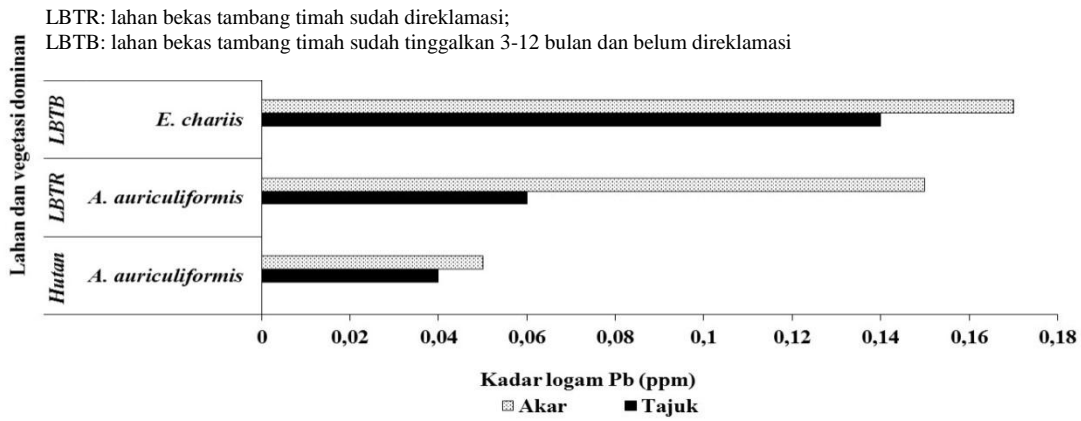
Karakteristik akumulasi Pb dan Sn oleh vegetasi dominan berdasarkan nilai TF, BCF dan BAC disajikan pada Tabel 5. Vegetasi dengan nilai TF>1 adalah *A. auriculiformis* dari hutan sekunder untuk logam Pb dan Sn serta *E. chariis* dari LBTB untuk logam Pb. Hal ini mengindikasikan bahwa vegetasi tersebut termasuk *hyperaccumulator* dan *phytoextractor* sehingga berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai fitoremediator. Vegetasi lainnya termasuk ke dalam *moderate accumulator* dan *metal excluder* karena memiliki TF<1 dan BAC<1. Nilai TF<1 mengindikasikan bahwa logam tidak mengalami translokasi dari akar ke tajuk. Nilai BAC<1 menunjukkan bahwa vegetasi tidak memiliki kemampuan untuk mentransfer logam dari tanah ke tajuk.

Semua vegetasi di ketiga tipe lahan memiliki BCF<1 baik untuk Pb maupun Sn. Ashraf *et al.* (2011) melaporkan bahwa beberapa vegetasi dominan dari lahan bekas tambang timah di Bestari Jaya, Peninsular Malaysia juga memiliki nilai BCF<1 untuk Pb dan Sn.

Nilai BCF<1 menunjukkan rendahnya kapasitas fitoekstraksi dari vegetasi sehingga logam tidak tertransfer dari tanah ke akar (Tsibangu *et al.*, 2014). Efisiensi fitoekstraksi tergantung pada beberapa faktor, antara lain tingkat kontaminasi logam, bioavailabilitas logam, jenis logam, serta kemampuan vegetasi untuk menahan, menyerap, dan mengakumulasi logam di jaringan vegetasi (Al-qahani, 2012). Nilai TF dan/atau BCF dan BAC yang <1 mengindikasikan terjadinya salah satu dari mekanisme pertahanan vegetasi dalam mengadaptasi atau merespon toksisitas logam.

Hubungan antara Komposisi dan Struktur Vegetasi dengan Sifat Fisika dan Kimia Tanah

Hubungan antara komposisi dan struktur vegetasi dengan sifat fisika dan kimia tanah dapat dikaji melalui analisis PCA biplot. Hasil analisis PCA biplot (Gambar 2) menunjukkan bahwa komposisi dan struktur vegetasi paling dominan ditemukan di lahan hutan sekunder. Sifat fisika dan kimia tanah yang mempengaruhi komposisi dan struktur vegetasi di lahan hutan sekunder adalah kadar C-organik, N-total, klei dan pH, sedangkan di LBTR yang lebih berpengaruh adalah kadar Ca-dd, K-potensial, debu, K-tersedia, Mg-dd, KB, P-potensial, H-dd, kadar air, Al-dd, Pb-total, Pb-tersedia dan Na-dd. Kadar pasir, Sn-total, KTK dan P-tersedia lebih berpengaruh pada rizosfer *E. chariis* di LBTB.

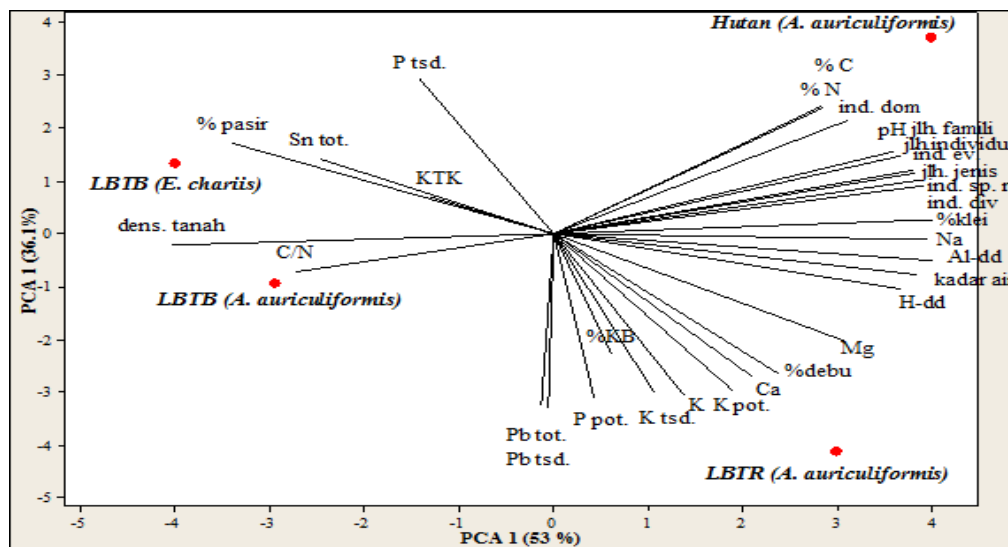


Gambar 1. Kadar Pb pada akar dan tajuk vegetasi dominan di lahan penelitian.

Tabel 5. Nilai TF, BCF, BAC dan status akumulasi Pb dan Sn pada vegetasi dominan di lahan penelitian

Tipe lahan	Tumbuhan	Titik lokasi	TF		BCF		BAC		Status	
			Pb	Sn	Pb	Sn	Pb	Sn	Pb	Sn
Hutan Sekunder	<i>A. auriculiformis</i>	1	0.50	1.33	0.27	-	0.13	-	mac;mte	hpa
		2	0.75	-	0.10	-	0.08	-	mac;mte	-
		3	1.67	0.33	0.08	-	0.13	0.05	hpa	mac;mte
	Rerata	0.97	0.83	0.15	-	0.11	0.05	-	-	
LBTR*	<i>A. auriculiformis</i>	1	0.41	-	0.11	-	0.04	-	mac;mte	-
		2	0.86	-	0.08	-	0.07	-	mac;mte	-
		3	0.27	-	0.08	-	0.02	-	mac;mte	-
	Rerata	0.51	-	0.09	-	0.55	-	-	-	
LBTB*	<i>E. chariis</i>	1	0.58	-	0.95	-	0.55	-	mac;mte	-
		2	1.04	-	0.12	-	0.12	-	hpa	-
		3	0.75	-	0.11	-	0.09	-	mac;mte	-
	Rerata	0.79	-	0.39	-	0.25	-	-	-	

-.: tidak terdeteksi; mac: moderate accumulator; mte: metal excluder; hpa: hyperaccumulator; TF: translocation factor; BCF: bioconcentration factor; BAC: bioaccumulation coefficient; * lihat keterangan Tabel 2.



LBTR: lahan bekas tambang timah sudah direklamasi; LBTB: lahan bekas tambang timah sudah ditinggalkan 3-12 bulan dan belum direklamasi; ind.dom: indeks dominansi; ind.div: indeks diversitas; ind.sp.ri: indeks spesies richness; ind.ev: indeks evenness; jlh: jumlah; dd: dapat ditukar; tot.: total, pot.: potensial; tsd: tersedia.

Gambar 2. Biplot antara komposisi dan struktur vegetasi dengan sifat fisika dan kimia tanah pada tiga tipe lahan penelitian.

Komposisi dan struktur vegetasi berkorelasi positif dengan C-organik, N-total, pH, klei, Na-dd, Al-dd, kadar air, H-dd, Mg-dd, Ca-dd, K-potensial, K-tersedia, KB dan P-potensial tanah serta berkorelasi negatif dengan kadar Pb-total, Pb-tersedia, kadar pasir, Sn-total dan KTK tanah. Komposisi dan struktur vegetasi dominan di hutan sekunder berkaitan dengan rendahnya KTK, Sn-total, pasir, Pb-total, Pb-tersedia, P-potensial, KB, K-tersedia, K-potensial, Ca-dd dan kadar debu.

SIMPULAN

Komposisi dan struktur vegetasi di hutan sekunder lebih tinggi dibandingkan di lahan bekas tambang timah yang sudah maupun belum direklamasi. Kadar total Pb-tanah di kedua lahan bekas tambang timah telah melewati baku mutu. Rerata kadar total Pb-tanah tertinggi terukur di lahan bekas tambang timah yang sudah direklamasi, yaitu 50.53 ppm.

Sn tidak terdeteksi di rizosfer *A. auriculiformis* di lahan bekas tambang timah yang sudah direklamasi dan di jaringan vegetasi di kedua lahan bekas tambang timah. Kadar Pb pada jaringan vegetasi berada dalam batas normal. *A. auriculiformis* dari hutan sekunder berpotensi sebagai fitoremediator Pb dan Sn, sedangkan *E. chariis* dari lahan bekas tambang timah yang belum direklamasi berpotensi sebagai fitoremediator Pb.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis utama menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI yang telah memberikan beasiswa pendidikan melalui program Beasiswa Pendidikan Dalam Negeri (BPPDN) Tahun 2013. Terima kasih juga disampaikan kepada PT Timah (Persero) Tbk. yang telah memberikan izin lokasi dan pendampingan ke lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-qahtani, K.M. 2012. Assessment of heavy metals accumulation in native plant species from contaminated soils in Riyadh City, Saudi Arabia. *Life Sci. J.*, 9: 384-392.
- Alshaeby, F.Y., W.Z.W. Yacob, A.R. Samsudin, and E. Alsabahi. 2009. Risk assessment at abandoned tin mine in Sungai Lembing, Pahang, Malaysia. *EJGE Bund D.*, 14: 1-9
- Ang, L.H., L.K. Tang, W.H. Ho, T.F. Hui, and G.W. Theseira. 2010. Phytoremediation of Cd and Pb by four tropical timber species grown on an ex-tin mine in Peninsular Malaysia. *World Acad. Sci. Eng. Tech.*, 62: 244-248.
- Ashraf, M.A., M.J. Maah, and I.B. Yusoff. 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 8: 401-416.
- Balabanova, B., T. Stafilov, and K. Baceva. 2015. Bioavailability and bioaccumulation characterization of essential and heavy metals contents in *R. acetosa*, *S. oleracea* and *U. dioica* from copper polluted and reference area. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, 13:1-13. doi: 10.1186/s40201-015-0159-1.
- Bro, R. and A.K. Smilde. 2014. Principal Component Analysis. *Anal. Methods*, (6): 2812-2831: doi: 10.1039/c3ay41907.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Pb Total pada Sedimen*. SNI 06-6992, 3-2004. BSN, Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2009. *Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan*. SNI 7387:2009. BSN, Jakarta.
- Chayed, N.F. 2009. Determination of heavy metals uptake by *acacia mangium* grown in ex-mining area in Kampung Gajah, Perak [Final Year Report]. Universiti Teknologi MARA, Malaysia.
- Hamzah, F. dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi logam berat Pb, Cu, dan Zn di hutan mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *J. Ilmu Teknol. Kelautan Tropis*, 2: 41-52.
- Herman, D.Z. 2005. Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumberdaya Mineral Bangka Tengah, Provinsi Bangka-Belitung. <http://psdg.bgl.esdm.go.id/kolokium%202005/konservasi/9Bangka-Tengah.pdf>. (diakses 9 Oktober 2012). Hlm. 1-16.
- Klos, A., M. Czora, M. Rajfur, and M. Waclawek. 2012. Mechanisms for translocation of heavy metals from soil to epigeal mosses. *Water Air Soil Pollut.*, 223: 1829-1836. doi: 10.1007/s11270-011-0987-.
- Kumar, R., N.K. Mehrotra, B.D. Nautiyal, P. Kumar, and P.K. Singh. 2009. Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L.). *J. Environ. Biol.*, 30: 485-48.
- Li, M.S. and S.X. Yang. 2008. Heavy metal contamination in soils and phytoaccumulation in a manganese mine wasteland, South China. *Air Soil Water Res.*, 1: 31-41.
- Malik, R.N. and A.K. Biswas. 2012. Role of higher plants in remediation of metal contaminated sites. *Sci. Rev. Chem. Commun.*, 2: 141-146.
- Malik, R.N., S.Z. Husain, and I. Nazir. 2010. Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 42: 291-301.
- Mnganga, N., M.L.K. Manoko, and Rulangaranga. 2011. Classification of plants according to their heavy

- metal content around North Mara gold mine, Tanzania: Implication for phytoremediation. *Tanz. J. Sci.*, 37: 109 – 119.
- Nouri, J., N. Khorasani, B. Lorestani, N. Yousefi, I.A.H. Hassan, and M. Karami. 2009. Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. *Environ. Earth Sci.*, 59: 315-323.
- Nurtjahya, E. 2008. Revegetasi lahan pasca tambang timah dengan beragam jenis pohon lokal di Pulau Bangka [Disertasi]. IPB. Bogor.
- Nurtjahya, E., D. Setiadi, E. Guhardja, Muhadiono, and Y. Setiadi. 2009a. Succession on tin-mined land in Bangka Island. *Blumea*, 54: 131-138.
- Nurtjahya, E., M.M. Nur, and E. Mulyono. 2009b. Rice field cultivation on tin-mined land in Bangka Island, Indonesia. In A. Fourie and M. Tibbet (Eds.). Proceedings of the Fourth International Conference on Mine Closure. Perth, Australia. p. 549-560.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.
- [PP] Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999. *Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Baku Mutu TCLP Zat Pencemar dalam Limbah untuk Penentuan Karakteristik Sifat Racun. Lampiran II. 7 Oktober 1999*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- PT Timah (Persero) Tbk. 2009. *Analisis Dampak Lingkungan (ANDAL) Buku II*. PT Timah (Persero) Tbk., Bangka.
- PT Timah (Persero) Tbk. 2010. *Analisis Dampak Lingkungan (ANDAL). Penambangan Timah Terbuka PT Timah (Persero) Tbk di Pemali Kabupaten Bangka*. PT Timah (Persero) Tbk, Sungailiat.
- Sekabira, K., H.O. Origa, G. Mutumba, E. Kakudidi, and T.A. Basamba. 2011. Heavy metal phytoremediation by *Commelina benghalensis* (L) and *Cynodon dactylon* (L) growing in urban stream sediments. *Int J. Plant Phys. Biochem.*, 3: 133-142.
- Setiadi, D. dan I. Muhadiono. 2001. *Penuntun Praktikum Ekologi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sujitno, S. 2007. *Sejarah Penambangan Timah di Indonesia Abad ke-18 – Abad ke-20*. PT.Timah (Persero) Tbk., Bangka.
- Tjhiaw, G. dan T.S. Djohan. 2009. Suksesi Vegetasi Alami di Bekas Tambang Timah Pulau Bangka. *Manusia dan Lingkungan*, 16: 23-41.
- Tsibangu, M.I., V.I. Nsahlai, M.H. Kiatoko, and J.L. Hornick. 2014. Heavy metals concentration in *Adenodolichos rhomboideus* (O. Hoffm.) Harms forage growing on mining tailings in South East of Democratic Republic of Congo: Influence of washing, pH and soil concentrations. *Int J. Cur. Res. Biosci. Plant Biol.*, 1: 16-27.
- Veriady. 2007. Studi pemanfaatan lahan pasca tambang Timah (Studi Kasus PT Timah (Persero) Tbk di Pulau Bangka) [Tesis]. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Widowati, W., A. Sastiono, dan R. Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. ANDI, Yogyakarta. 412 hlm.
- Zabin, S.A. and S.M. Howladar. 2015. Accumulation of Cu, Ni and Pb in selected native plants growing naturally in sediments of water reservoir. *Nat. Sci.*, 13:11-17.
- Zarinkamar, F., Z. Saderi, and S. Soleimanpour. 2013. Excluder strategies in response to Pb toxicity in *Matricaria chamomilla*. *Adv. Biores.*, 4:39-4.