

STUDI ADAPTASI SAMAMA (*Anthocephalus macrophyllus*) PADA BERBAGAI KONSENTRASI TIMBAL (Pb)

Adaptability Study of Samama (Anthocephalus macrophyllus) on Several Lead (Pb) Level

Bayu Winata^a, Basuki Wasis^b, Yadi Setiadi^b

^aProgram Studi Silviculture Tropika, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680 – bayuwinata91@gmail.com

^bDepartemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor - 16680

Abstract. Tailing from the mining activity contains heavy metals such as lead. Heavy metal can causing negative effects to organism and to environmental. Phytoremediation is a method that applied to remove harmful pollutant such as lead by using plant. Information about trees species that has ability to grow and accumulate the Pb is still very less. *Anthocephalus macrophyllus* (samama) is a pioneer, fast growing trees species, and mostly used for revegetation on postmining land. The aims of this study were to analyze the effect of Pb increment to the growth and adaptability of samama seedling to accumulate Pb. The results showed that Pb effected on plants growth and adaptability. Samama showed good growth and adaptability on increment of 900 mg Pb/kg tailing with a high tolerance index (TI > 100%). Samama produced 20.65 g biomass with total Pb accumulation was 359.88 mg/kg. Samamahad a good potencial adaptability.

Key words: heavy metal, lead, phytoremediation, Pb, samama

(Diterima: 07-08-2016; Disetujui: 30-08-2016)

1. Pendahuluan

Timbal (Pb) merupakan salah satu unsur logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan. Pb tercatat sebagai unsur kedua paling berbahaya setelah arsen (ATSDR, 2016), serta tergolong ke dalam bahan berbahaya dan beracun berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999 (Presiden RI, 1999). Juhaeti *et al.* (2005) menyatakan bahwa Pb merupakan unsur yang tidak esensial bagi tanaman. Selain itu, Pb juga dapat mengganggu siklus hara serta berpotensi mencemari tanah dan lingkungan (Erfandi dan Juarsah 2015).

Penambangan mineral merupakan salah satu industri yang berpotensi menyebabkan gangguan terhadap lingkungan. Limbah industri pertambangan yang utama adalah tailing. Jumlah tailing yang dihasilkan dari kegiatan penambangan suatu perusahaan berskala besar mampu mencapai 2.500 ton/hari (Wasis dan Sandrasari, 2011). Permasalahan pada tailing adalah sifatnya yang tidak subur dan kandungan logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Pb merupakan salah satu unsur logam berat yang ditemukan dalam tailing (Ho *et al.* 2008). Nagajyoti *et al.* (2010) menyatakan bahwa akumulasi logam berat dapat menurunkan kualitas tanah dan berdampak buruk bagi tanaman, hewan, manusia, serta ekosistem. Fitoremediasi merupakan salah satu metode remediasi yang memanfaatkan peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan mengimobilisasi bahan pencemar, seperti logam berat (Hardiani, 2009). Tanaman yang cocok untuk fitoremediasi idealnya memiliki sifat pertumbuhan yang cepat, produksi biomassa tinggi dan adaptabilitas yang baik terhadap kontaminasi logam

berat (Cunningham dan Ow, 1996; Rezvani dan Zafarian, 2011). Selain itu, Siregar dan Siregar (2010) menyatakan bahwa remediasi menggunakan tanaman mensyaratkan agar kontaminan (logam berat) bertemu dengan perakaran tanaman. Hal tersebut dapat dilakukan oleh perakaran tanaman melalui pertumbuhan memanjang akar tanaman hingga mampu mencapai kontaminan logam berat.

Beberapa studi berhasil menemukan jenis yang mampu mengakumulasi Pb, seperti *Centrosema pubescence*, *Calopogonium mucunoides*, *Mikania cordata* (Hidayati *et al.* 2006), *Euphorbia milii* (Aprilia dan Purwani 2013), dan *Cordyline fruticosa* (Haryanti *et al.* 2013). Jenis-jenis tersebut merupakan jenis tumbuhan bawah. Pada dasarnya banyak jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai bioakumulator logam berat mulai dari rumput (tumbuhan bawah) hingga pohon (Hidayati, 2005). Tanaman kehutanan seperti pohon memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan menjadi tanaman bioakumulator Pb. Hal tersebut didukung oleh potensi biomassa pohon yang lebih besar daripada rumput (tumbuhan bawah) dan sistem perakaran yang lebih luas dan dalam penetrasinya di dalam tanah, sehingga berpotensi mampu membersihkan Pb lebih luas di dalam tanah.

Sayangnya, informasi mengenai jenis pohon yang toleran dan mampu mengakumulasi logam berat seperti Pb masih relatif sedikit. Informasi tersebut merupakan hal yang paling penting dan strategis dalam rangka mendukung keberhasilan fitoremediasi melalui pengkayaan referensi jenis toleran dan mampu mengakumulasi Pb. Suatu studi menemukan bahwa semai *Acacia farnesiana* memiliki toleransi dan kemampuan hidup yang baik terhadap Pb hingga

konsentrasi 500 mg/L (Magaña *et al.*, 2010). Pada studi lainnya, Setyaningsih *et al.* (2012) menemukan bahwa jenis *Paraserianthes falcataria* mampu tumbuh pada media yang terkontaminasi Pb hingga konsentrasi 450 ppm. Informasi tersebut mengindikasikan jika setiap jenis tanaman memiliki adaptabilitas yang berbeda-beda terhadap Pb.

Samama (*Anthocephalus macrophyllus*) merupakan jenis pohon pionir dan *fast growing* serta sering digunakan dalam kegiatan revegetasi lahan-lahan pasca tambang. Mansur dan Adiwicaksono (2013) menyatakan bahwa samama merupakan jenis lokal, pionir, dan mampu hidup pada lahan terbuka dengan kesuburan yang rendah seperti lahan pasca tambang. Lahan pasca tambang biasanya memiliki kondisi yang marjinal akibat limbah tailing yang sering kali mengandung logam berat. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh Pb terhadap jenis ini. Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan Pb terhadap pertumbuhan semai samama dan menganalisis adaptabilitas semai samama dalam mengakumulasi Pb.

2. Metode penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember - Februari 2016 di Rumah Kaca Divisi Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Analisis media tailing dan jaringan dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB. Adapun lokasi pengambilan tailing dilakukan di Pongkor, Bogor, Jawa Barat.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan, yaitu cangkul, sekop kecil, mangkuk, timbangan (neraca analitik dan timbangan digital), mistar, kaliper digital, oven, gelas ukur, *tallysheet*, alat tulis, dan kamera. Bahan yang digunakan, yaitu semai samama, tailing, $Pb(NO_3)_2$, *polybag* (20 x 20 cm), air minum mineral, dan pupuk cair Polifertilizer.

2.3. Prosedur Penelitian

a. Persiapan Media dan Semai

Media yang digunakan adalah tailing tambang emas. Media ditimbang seberat 1 kg, lalu dimasukan ke dalam *polybag*. Setelah itu, dilakukan penambahan larutan $Pb(NO_3)_2$ masing-masing sebanyak 50 ml sesuai dengan taraf yang ditentukan, yaitu 0, 150, 300, 450 mg Pb/kg tailing (Setyaningsih, 2012) dan 900 mg Pb/kg tailing. Setelah selesai, media dalam *polybag* diletakkan di atas mangkuk. Semai samama berumur tiga bulan masing-masing dipersiapkan dengan tinggi dan diameter yang relatif sama, sehat, serta bebas dari hama dan penyakit.

b. Penyapihan dan Pemupukan

Penyapihan merupakan pemindahan semai dengan bola akar (*root ball*) ke dalam media yang telah dipersiapkan sebelumnya. Tanah pada bola akar yang turut dipindahkan pada proses penyapihan hanya sedikit saja dengan tujuan mencegah terjadinya stress pada

tanaman saat disapih. Penyapihan dilakukan sore hari untuk meminimalisir terjadinya *stress* dan mengurangi penguapan. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk cair yang mengandung unsur hara makro dan unsur hara mikro. Pupuk cair Polifertilizer (1 L) yang digunakan diencerkan terlebih dahulu dengan air (60 L) kemudian diberikan pada setiap tanaman sesuai kapasitas lapangnya. Pemupukan dilakukan sekali pada saat tanaman telah disapih.

c. Pemeliharaan

Untuk menjaga ketersediaan air bagi tanaman dan kelembaban media, maka dilakukan penambahan air. Penambahan air dilakukan dengan menambahkan air di dalam mangkuk yang menyangga *polybag*. Penambahan air tidak dilakukan melalui penyiraman dari atas permukaan media untuk menghindari terjadinya pencucian Pb. Air yang digunakan merupakan air mineral untuk dikonsumsi oleh manusia dengan asumsi bahwa air tersebut tidak memiliki kandungan Pb.

d. Analisis Media Tailing dan Jaringan Tanaman

Analisis kimia dilakukan terhadap media tailing dan jaringan tanaman (pucuk dan akar) untuk mengetahui kandungan Pb. Analisis dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB.

e. Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dan pengambilan data dilakukan selama tiga bulan. Variabel yang diamati di antaranya tinggi, diameter, panjang akar, dan berat kering total. Adapun parameter yang diukur dalam penelitian ini diantaranya:

1. Nisbah pucuk akar merupakan nisbah BKT pucuk dengan BKT akar (Wasis *et al.*, 2015).
2. Bioakumulasi timbal (Pb) (Hardiani, 2009):

$$\text{Bioakumulasi} = \frac{\text{berat logam di akar atau daun}}{\text{BK akar atau daun}} \text{ (mg/kg)}$$

*BK = Berat kering

3. Faktor biokonsentrasi (FB) dan faktor translokasi (FT) (Magaña *et al.* 2010):

$$\text{FB} = \frac{\text{konsentrasi Pb pada jaringan (akar atau daun)}}{\text{konsentrasi Pb pada tanah (media)}}$$

$$\text{FT} = \frac{\text{konsentrasi Pb pada jaringan pucuk}}{\text{konsentrasi Pb pada jaringan akar}}$$

4. Indeks toleransi (Rabie, 2005):

$$\text{IT} = \frac{\text{BK akar tanaman dengan perlakuan Pb}}{\text{BK akar tanpa perlakuan Pb}} \times 100\%$$

*BK = Berat kering

2.3. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan adalah penambahan $Pb(NO_3)_2$ sebagai sumber Pb yang terdiri lima taraf, yaitu $P_0 = 0$ mg Pb/kg tailing, $P_1 = 150$ mg Pb/kg tailing, $P_2 = 300$

mg Pb/kg tailing, P3 = 450 mg Pb/kg tailing (Setyaningsih *et al.*, 2012), dan P4 = 900 mg Pb/kg tailing. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan model linier berikut ini (Mattjik dan Sumertajaya, 2013):

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

dimana:

Y_{ij} : nilai respon dari pengaruh penambahan Pb taraf ke-i dan ulangan ke-j

μ : nilai rata-rata umum

τ_i : pengaruh perlakuan penambahan Pb ke-i

ε_{ij} : pengaruh acak pada perlakuan penambahan Pb taraf ke-i dan ulangan ke-j

2.4. Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dalam penelitian ini, dilakukan sidik ragam dengan Uji F. Data diolah menggunakan *software* SAS 9.1.3. Apabila perlakuan berpengaruh nyata ($p < \alpha$ 0,05), maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Pb terhadap Pertumbuhan Semai Samama

Pertumbuhan merupakan hal yang penting diamati dalam memantau adaptabilitas jenis tanaman yang ditanam pada media terkontaminasi logam berat, seperti Pb. Cunningham dan DW (1996) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman merupakan hal yang mendasar dalam fitoremediasi, karena berkaitan dengan tingkat toleransi dan kemampuannya dalam menyerap logam berat. Penambahan Pb dengan beberapa konsentrasi pada media tailing selama tiga bulan memberikan pengaruh yang beragam terhadap pertumbuhan samama. Tabel 1 menyajikan pengaruh Pb terhadap pertumbuhan semai samama berumur tiga bulan. Penambahan Pb memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) terhadap pertumbuhan tinggi, diameter, dan berat kering total (BKT).

Rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter semai samama cenderung semakin rendah, seiring dengan peningkatan konsentrasi penambahan Pb. Penambahan 900 mg Pb/kg tailing secara signifikan menghasilkan pertumbuhan tinggi dan diameter semai samama yang terendah, yaitu masing-masing 5.0 cm dan 1.77 mm. Pada suatu studi disebutkan bahwa pertumbuhan tanaman akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi Pb (Niu *et al.* 2007; Ho *et al.* 2008). Namun, peningkatan konsentrasi penambahan Pb cenderung meningkatkan biomassa semai samama. Penambahan 450 – 900 mg Pb/kg tailing secara signifikan menghasilkan semai samama dengan biomassa tertinggi, yaitu mencapai nilai BKT masing-masing 23.03 dan 20.65 g.

Perlakuan	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	BKT (g)
P0 (0 mg Pb/kg tailing)	6.3 ab	2.46 a	15.15 cd
P1 (150 mg Pb/kg tailing)	7.0 a	2.42 a	14.45 d
P2 (300 mg Pb/kg tailing)	6.1 b	2.17 a	18.07 bc
P3 (450 mg Pb/kg tailing)	6.2 b	1.74 b	23.03 a
P4 (900 mg Pb/kg tailing)	5.0 c	1.77 b	20.65 ab
Nilai signifikan	0.0033 *	0.0017 *	0.0011 *

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom dan satu kelompok perlakuan menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%; * = perlakuan berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ($p < 0.05$); tn = perlakuan tidak berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ($p > 0.05$).

Walaupun terjadi penurunan pertumbuhan tinggi dan diameter, namun semai samama masih mampu menunjukkan pertumbuhan tinggi dan diameter dalam kondisi media tailing yang terkontaminasi Pb, bahkan hingga perlakuan penambahan 900 mg Pb/kg tailing. Hal tersebut ditunjukkan oleh laju pertumbuhan semai samama yang meningkat setiap waktu (minggu) pada media tailing yang diberi Pb dengan berbagai konsentrasi (Gambar 1).

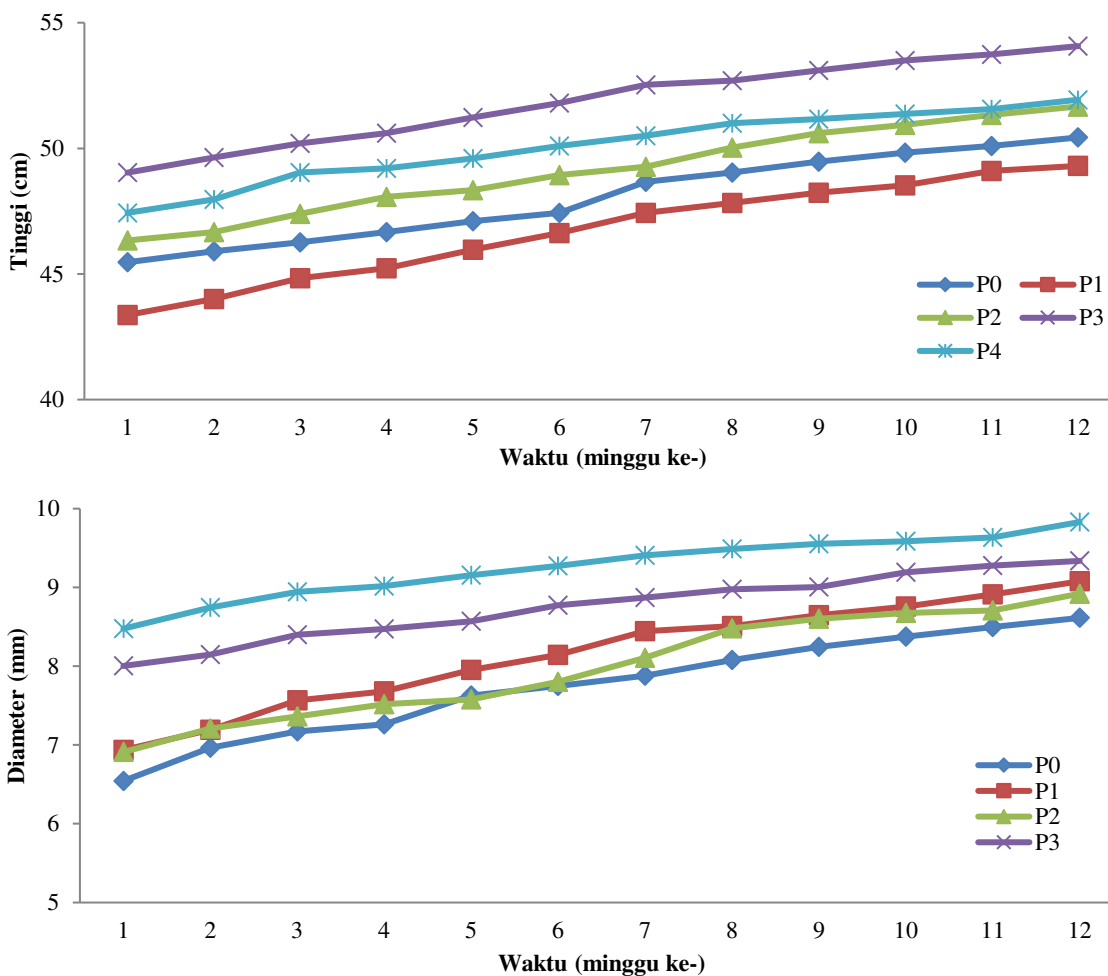
Suatu studi yang dilakukan oleh Magaña *et al.* (2010) menemukan bahwa *Acacia farnesiana* masih menunjukkan pertumbuhan yang baik pada media yang terkontaminasi timbal dengan konsentrasi 250 dan 500 mg Pb/L, serta menunjukkan penurunan pertumbuhan pada konsentrasi 1 000 mg Pb/L. Niu *et al.* (2007) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi Pb.

3.2. Pengaruh Pb terhadap Panjang Akar dan Nisbah Pucuk Akar (NPA) Semai Samama

NPA merupakan perbandingan biomassa kering bagian pucuk dan akar tanaman. Wasis *et al.* (2015) menyatakan bahwa NPA dapat menggambarkan kemampuan akar menjalankan fungsinya dalam mediatumbuh. Penambahan Pb berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap NPA semai samama (Tabel 2).

NPA semai samama mulai menunjukkan penurunan yang signifikan pada penambahan Pb dengan konsentrasi 300, 450, dan 900 mg Pb/kg tailing. Rendahnya NPA semai samama mengindikasikan jika perakaran semai samama cenderung lebih berkembang pada media tailing yang terkontaminasi Pb. Kondisi tersebut diduga merupakan suatu bentuk adaptasi semai samama yang tumbuh pada media tailing yang terkontaminasi Pb. Rata-rata NPA semai samama memiliki nilai ≥ 1 . Herliyana *et al.* (2012) menyatakan bahwa pertumbuhan dan adaptabilitas tanaman yang baik dapat ditunjukkan oleh nilai NPA yang berkisar antara 1 – 3. NPA dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: sifat genetik tanaman, ketersediaan unsur hara, dan persaingan cahaya (Mokany *et al.*, 2006; Wulandari dan Susanti, 2012).

Tabel 1. Pengaruh Pb terhadap pertumbuhan semai samama berumur tiga bulan



Gambar 1. Laju pertumbuhan tinggi dan diameter semai samama berumur tiga bulan pada media tailing yang diberi Pb selama 12 minggu

Tabel 2. Pengaruh Pb terhadap panjang akar dan NPA semai samama berumur tiga bulan

Perlakuan	Panjang akar (cm)	NPA
P0 (0 mg Pb/kg tailing)	24.0 a	2.2 a
P1 (150 mg Pb/kg tailing)	24.0 a	2.4 a
P2 (300 mg Pb/kg tailing)	24.0 a	1.5 b
P3 (450 mg Pb/kg tailing)	24.0 a	0.9 b
P4 (900 mg Pb/kg tailing)	25.6 a	1.3 b
Nilai signifikan	0.436 tn	0.0019 *

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom dan satu kelompok perlakuan menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%; * = perlakuan berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ($p < 0.05$); tn = perlakuan tidak berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95% dengan nilai signifikan ($p > 0.05$).

Akar merupakan organ tanaman yang pertama kali berinteraksi dengan Pb dalam tanah. Ketika akar menyerap air dan hara, ion-ion dan molekul termasuk Pb di sekitar perakaran bergerak ke dalam akar melalui aliran massa dan proses difusi (Fahr *et al.*, 2013). Penambahan Pb tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p > 0.05$) terhadap panjang akar semai samama (Tabel 2). Akar semai samama cenderung menunjukkan pertumbuhan terpanjang pada penambahan 900 mg Pb/kg tailing. Hal tersebut mengindikasikan jika pada konsentrasi tersebut, Pb

mulai memberikan stimulasi pertumbuhan akar. Liu *et al.* (2000) menyatakan bahwa meskipun secara umum Pb tidak dipertimbangkan sebagai elemen esensial bagi tanaman, tapi dalam jumlah kecil Pb mungkin berperan dalam menstimulasi pertumbuhan tanaman.

3.3. Pengaruh Pb terhadap Bioakumulasi Semai Samama

Bioakumulasi semai samama pada media tailing yang diberi Pb disajikan pada Tabel 3. Bioakumulasi total tertinggi semai samama mencapai 359.88 mg/kg dengan akumulasi Pb di akar (342.22 mg/kg) jauh lebih tinggi dibandingkan dengan akumulasi Pb di pucuk (17.66 mg/kg). Akumulasi Pb oleh jaringan samama cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi penambahan Pb. Hal tersebut sesuai dengan prinsip penyerapan logam Pb oleh tanaman, yaitu semakin besar kandungan Pb dalam media, maka semakin besar juga serapan Pb oleh tanaman (Malar *et al.*, 2014).

Nilai FB menunjukkan perbandingan konsentrasi Pb pada jaringan tanaman dengan Pb pada media. Tabel 4 menyajikan faktor biokonsentrasi (FB) dan faktor translokasi (FT) semai samama. Nilai FB semai samama di akar lebih besar daripada di pucuk. Nilai FB di akar semai berkisar antara 0.6 – 5.6, sedangkan nilai FB di pucuk berkisar antara 0.1 – 1.5. Nilai FB berbanding

lurus dengan nilai biokumulasi Pb yang dilakukan oleh tanaman Liu *et al.*, (2008) menyatakan bahwa konsentrasi Pb pada bagian pucuk lebih rendah daripada bagian akar dan akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi Pb pada media.

Tabel 3. Pengaruh Pb terhadap bioakumulasi semai samama berumur tiga bulan

Perlakuan	Akumulasi (mg/kg)		
	Pucuk	Akar	Total
P0 (0 mg Pb/kg tailing)	9.26	34.48	43.74
P1 (150 mg Pb/kg tailing)	11.78	42.88	54.66
P2 (300 mg Pb/kg tailing)	36.16	45.40	81.56
P3 (450 mg Pb/kg tailing)	49.62	71.48	121.10
P4 (900 mg Pb/kg tailing)	17.66	342.22	359.88

FT menunjukkan nisbah Pb pada jaringan pucuk dengan Pb pada jaringan akar. Nilai FT semai samama berkisar antara 0.1 – 0.8. Nilai TF < 1.0 menunjukkan jika konsentrasi logam berat di pucuk lebih rendah daripada di akar (Zou *et al.*, 2012). Sharma dan Dubey (2005) menyatakan bahwa kandungan Pb bervariasi di dalam organ tanaman dan cenderung menurun dari akar menuju pucuk.

Tabel 4. Faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi semai samama berumur tiga bulan

Perlakuan	FB		FT
	Pucuk	Akar	
P0 (0 mg Pb/kg tailing)	1.5	5.6	0.3
P1 (150 mg Pb/kg tailing)	0.4	1.4	0.3
P2 (300 mg Pb/kg tailing)	0.7	0.9	0.8
P3 (450 mg Pb/kg tailing)	0.4	0.6	0.7
P4 (900 mg Pb/kg tailing)	0.1	1.8	0.1

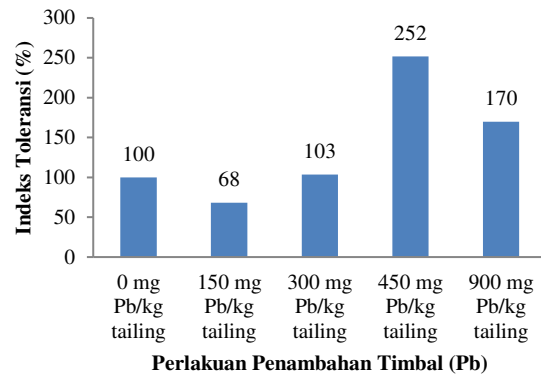
Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman meliputi: 1) penyerapan logam oleh akar, khususnya di area *rhizosfer*, 2) translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lainnya mengikuti aliran transpirasi melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem), dan 3) lokalisasi logam pada sel dan jaringan (Hardiani, 2009). Pada tanaman yang memiliki kemampuan mentranslokasi Pb ke bagian pucuk, Pb akan dilokalisasi pada bagian tertentu, biasanya bagian vakuola daun. Tujuannya agar tidak terjadi gangguan metabolisme tanaman (Arisusanti dan Purwani, 2013).

3.4. Indeks Toleransi Semai Samama

Kemampuan tanaman untuk beradaptasi dan tumbuh pada kondisi tertentu, seperti media yang terkontaminasi logam berat digambarkan oleh indeks toleransi (IT).

IT semai samama berkisar antara 68 – 252%. Penambahan Pb dengan konsentrasi 450 mg Pb/kg tailing terhadap semai samama menghasilkan IT tertinggi. IT semai samama menurun pada penambahan Pb hingga konsentrasi 900 mg Pb/kg tailing, dimana IT mencapai nilai 170%. Magaña *et al.* (2010) menemukan bahwa *Acacia farnesiana* memiliki IT yang sangat tinggi, yaitu > 100% pada pemaparan Pb sebesar 250 –

500 mg/L, lalu mengalami penurunan menjadi < 75% ketika paparan Pb berada pada konsentrasi 750 mg/L.



Gambar 2. Pengaruh penambahan Pb terhadap indeks toleransi semai samama berumur tiga bulan

Arisusanti dan Purwani (2013) menyatakan bahwa pada saat menyerap logam berat, tanaman yang adaptif akan membentuk suatu enzim reduktase pada akar. Enzim reduktase tersebut berfungsi untuk mereduksi logam yang kemudian logam diangkut di dalam membran akar.

Pada semai samama, mekanisme penyerapan atau akumulasi Pb dalam jaringan tanaman, diduga diawali dengan kontak antara perakaran dengan Pb di dalam media tailing, khususnya di zona *rhizosfer*. Pb tersebut kemudian masuk ke dalam jaringan akar samama melalui proses aliran massa dan difusi. Hal ini sesuai dengan pendapat Fahr *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa ketika akar menyerap air dan hara, ion-ion dan molekul termasuk Pb di sekitar perakaran bergerak ke dalam akar melalui aliran massa dan proses difusi. Setelah itu, Pb diduga dikonsentrasikan di dalam perakaran samama. Hal ini diindikasikan oleh fakta penelitian yang menunjukkan bahwa akumulasi Pb di jaringan akar samama relatif lebih besar. Selain itu, nilai NPA juga cenderung semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi penambahan Pb mengindikasikan jika perkembangan akar relatif lebih besar daripada pucuk. Setelah Pb masuk ke dalam jaringan akar samama, lalu Pb diduga diangkut ke bagian pucuk melalui jaringan pengangkut seperti xilem, walaupun dalam jumlah yang relatif lebih kecil. Hal tersebut diindikasikan oleh nilai FT serta jumlah akumulasi Pb pada jaringan pucuk semai samama. Akumulasi Pb pada jaringan tanaman juga diindikasikan oleh kecenderungan peningkatan biomassa (BKT) samama seiring dengan peningkatan konsentrasi penambahan Pb.

4. Kesimpulan

Perlakuan penambahan Pb pada media tailing memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan adaptabilitas semai samama. Semai samama memiliki pertumbuhan dan adaptabilitas relatif baik terhadap media tailing yang terkontaminasi Pb hingga 900 mg Pb/kg tailing. Semai samama memiliki kemampuan mengakumulasi Pb hingga 359.88 mg/kg dengan indeks toleransi di atas 100%. Jenis tanaman kehutanan ini

memiliki potensi pertumbuhan dan adaptabilitas mengakumulasi Pb yang baik.

Daftar pustaka

- [1] [ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016. Priority list of hazardous substances [terhubung berkala]. <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/>[6 Juni 2016].
- [2] [Presiden RI] Presiden Republik Indonesia. 1999. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 tentang Perubahan atas Peraturan Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Menteri Sekretaris Negara Republik Indonesia, Jakarta.
- [3] Aprilia, D. D., K. I. Purwani, 2013. Pengaruh penambahan mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam timbal (Pb) pada tanaman *Euphorbia milii*. Jurnal Sains dan Seni Pomits 2(1), pp. 2337-3520.
- [4] Arisusanti, R. J., K. I. Purwani, 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam timbal (Pb) pada tanaman *Dahlia pinnata*. Jurnal Sains dan Seni Pomits 2(2), pp. 2337-3520.
- [5] Cunningham, S. D., D. W. Ow, 1996. Promises and prospect of phytoremediation. Plant Physiol 110, pp. 715-719.
- [6] Erfandi, D., I. Juarsah, 2015. Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim: Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- [7] Fahr, M., L. Laplaze, N. Bendaou, V. Hocher, M. El Mzibri, D. Bogusz, A. Smouni, 2013. Effect of lead on root growth. Frontiers in Plant Science 4(175), pp. 1-7. doi: 10.3389/fpls.2013.00175.
- [8] Hardiani, H., 2009. Potensi tanaman dalam mengakumulasi logam Cu pada media tanah terkontaminasi limbah padat industri kertas. BS 44(1), pp. 27-40.
- [9] Haryanti, D., D. Budianta, Salni, 2013. Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah. Jurnal Penelitian Sains 16(2D), pp. 52-58.
- [10] Herliyana, E. N., Achmad, A. Putra, 2012. Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* miq.) dan ketahanannya terhadap penyakit. Jurnal Silviculture Tropika 3(3), pp. 168-173.
- [11] Hidayati, N., 2005. Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. Hayati 12(1), pp. 35-40.
- [12] Hidayati, N., F. Syarif, T. Juhaeti, 2006. Potensi *Centrocema pubescence*, *Calopogonium mucunoides*, dan *Micania cordata* dalam membersihkan logam kontaminan pada limbah penambangan emas. Biodiversitas 7(1), pp. 4-6. doi: 10.13057/biodiv/d07012.
- [13] Ho, W. M., L. H. Ang, D. K. Lee, 2008. Assessment of Pb uptake, translocation and immobilization in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) for phytoremediation of sand tailings. Journal of Environmental Sciences 20 (11), pp. 1341-1347.
- [14] Juhaeti, T., F. Syarif, N. Hidayati, 2005. Inventarisasi tumbuhan potensial untuk fitoremediasi lahan dan air terdegradasi penambangan emas. Biodiversitas 6(1), pp. 31-33.
- [15] Liu, D., W. Jiang, C. Liu, C. Xin, W. Hou, 2000. Uptake and accumulation of lead by roots, hypocotyls and shoots of Indian mustard (*Brassica juncea* (L.)). Bioresource Technology 71(2000), pp. 273-277.
- [16] Liu, J-n., Q. Zhou, T. Sun, L. Q. Ma, S. Wang, 2008. Growth responses of three ornamental plants to Cd and Cd-Pb stress and their metal accumulation characteristics. Journal of Hazardous Materials 151(2008), pp. 261-267.
- [17] Magaña, A. M., E. F. Torres, F. R. Cabrera, T. L. V. Sepulveda, 2010. Lead bioaccumulation in *Acacia farnesiana* and its effect on lipid peroxidation and glutathione production. Plant Soil 2011(339), pp. 377-389. doi: 10.1007/s11104-010-0589-6.
- [18] Malar, S., S. S. Vikram, P. J. C. Favas, V. Perumal, 2014. Lead heavy metal toxicity induced changes on growth and antioxidative enzymes level in water hyacinths (*Eichhornia crassipes* (Mart.)). Botanical Studies 55(54), pp. 2-11.
- [19] Mansur, I., R. Adiwicaksono, 2013. Pertumbuhan samama, jabon, dan sengo buto di lahan bekas tambang batubara PT. Tunas Inti Abadi, Kalimantan Selatan. Jurnal Silviculture Tropika 4(3), pp. 150-159.
- [20] Mattjik, A. A., I. M. Sumertajaya, 2013. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid 1. IPB Press, Bogor.
- [21] Mokany, K., R. J. Raison, N. S. Prokushkin, 2006. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. Global Change Biology 12, pp. 84-96.
- [22] Nagajyoti, P. C., K. D. Lee, T. V. M. Sreekanth, 2010. Heavy metals, occurrence, and toxicity for plants: A review. Environ. Chem. Lett. 8(3), pp. 199-216.
- [23] Niu, Z. X., L. N. Sun, T. H. Sun, Y. S. Li, H. Wang, 2007. Evaluation of phytoextracting cadmium and lead by sunflower, ricinus, alfalfa and mustard in hydroponic culture. J. Environ. Sci. 19(8), pp.961-967.
- [24] Rabie, G. H., 2005. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungus to red kidney and wheat plants tolerance grown in heavy metal-polluted soil. African Journal of Biotechnology 4 (4), pp. 332-345.
- [25] Rezvani, M., F. Zaefarian, 2011. Bioaccumulation and translocation factors of cadmium and lead in *Aelurops littoralis*. Australian Journal of Agricultural Engineering 2 (4), pp. 114-119.
- [26] Setyaningsih, L., Y. Setiadi, D. Sopandie, S. W. Budi, 2012. Organic acid characteristic and Tolerance of sengo (*Paraserianthes falcataria* L.Nielsen) to lead. JMHT 18 (3), pp. 177-183. doi: 10.7226/jtm.18.2.177.
- [27] Sharma, P., R. S. Dubey, 2005. Lead toxicity in plants. Braz. J. Plant Physiol 17 (1), pp. 35-52.
- [28] Siregar, U. J., C. A. Siregar, 2010. Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia. SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- [29] Wasis, B., A. Sandrasari, 2011. Pengaruh penambahan pupuk kompos terhadap pertumbuhan semai mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) pada media tanah bekas tambang emas (tailing). Jurnal Silviculture Tropika 3 (1), pp. 109-112.
- [30] Wasis, B., D. Mulyana, B. Winata, 2015. Pertumbuhan semai jabon (*Anthocephalus cadamba*) pada media bekas tambang pasir dengan penambahan *sub soil* dan arang tempurung kelapa. Jurnal Silviculture Tropika 6 (2), pp. 93-100.
- [31] Wulandari, A. S., S. Susanti, 2012. Aplikasi pupuk daun organik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq.). Jurnal Silviculture Torpika 03 (02), pp. 137-142.
- [32] Zou, T., T. Li, X. Zhang, H. Yu, H. Huang, 2012. Lead accumulation and phytostabilization potential of dominant plant species growing in a lead-zinc mine tailing. Environ Earth Sci 65 (2012), pp. 621-630. doi: 10.1007/s12665-011-1109-6.