

PEMANFAATAN KOMPOS DAN MIKORIZA ARBUSKULA PADA LONGKIDA (*Nauclea orientalis*) DI TANAH PASCA TAMBANG NIKEL PT. ANTAM POMALAA

Compost and Mycorrhizal Application on Longkida (Nauclea orientalis) Seedling at Post-Mining Soil PT. ANTAM Pomalaa

Ekawati¹, Irdika Mansur², dan Panca Dewi³

¹Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB

²Staf Pengajar Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

³Staf Pengajar Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB

ABSTRACT

The aims of this study were to analyze the effect of compost inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on plant growth and the heavy metal accumulation capability of nickel post-mining soil, analyze the heavy metal accumulation capability of N. orientalis and to analyze the heavy metal concentrations before and after treatment in soil collected from a nickel mining PT. ANTAM Pomalaa. The experimental design used in this study was Completely Randomized Design with 5 replications. The treatment of this study was the ratio of soil and compost inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) by 75:25, 50:50 and 25:75, respectively. The results showed an effect of the addition of compost inoculated with AMF on plant growth. The highest growth on the ratio of soil and compost inoculated with AMF by 25: 75 and the lowest growth on the ratio of soil and compost inoculated with AMF by 75: 25. The reduction of heavy metal concentration in the soil after treatment for Cr, Ni, Mn, Fe and Zn was 95.82%, 85.54%, 92.98%, 99.25% and 94.09%, respectively. The highest heavy metals concentration (Cr, Ni, Mn, Fe and Zn) in N. orientalis was on the treatment without compost inoculated with AMF and the lowest concentration was on the compost inoculated with AMF treatment by 25:75 ratio. Accumulation of heavy metals found in both the root and in the leaves of plant. The highest heavy metals concentration found in the root. Generally, the best treatment was the compost inoculated with AMF by 25:75 ratio.

Key words: arbuscular mycorrhizal, compost, heavy metals, N. Orientalis, phytoremediation.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki bahan tambang yang besar dan merupakan salah satu sumber pendapatan yang penting bagi negara. Saat ini, pertambangan merupakan salah satu usaha yang menjadi isu kontroversial. Di satu sisi sebagai sumber devisa untuk pembangunan nasional dan daerah, memberi keuntungan bagi pengusaha dan masyarakat. Kegiatan pertambangan juga membuka peluang kerja dan usaha bagi masyarakat, yaitu sebagai karyawan dan pedagang. Di sisi lain, pertambangan juga memberikan dampak negatif. Menurut (Rusdiana *et al.* 2000), dampak negatif dari kegiatan pertambangan adalah penurunan kondisi tanah bekas penambangan (*tailing*), berubahnya profil lapisan tanah, terjadi pemadatan, berkurangnya unsur hara, pH rendah, penurunan populasi mikroba dan pencemaran oleh logam-logam berat. Salah satu jenis tambang yang saat ini banyak diusahakan di Provinsi Sulawesi Tenggara adalah tambang nikel. Kabupaten Kolaka merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Tenggara yang memiliki cadangan sumberdaya mineral berupa nikel dan saat ini telah dieksploitasi melalui usaha pertambangan.

Tanah bekas tambang (nikel) mempunyai karakteristik sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang

jelek sehingga tidak dapat dimanfaatkan. Salah satu faktor pencemaran tanah yang paling penting adalah limbah yang mengandung logam berat. Logam berat dengan konsentrasi rendah dibutuhkan makhluk hidup untuk membantu kinerja metabolisme tubuh, akan tetapi pada konsentrasi yang tinggi dapat berpotensi menjadi racun terhadap pertumbuhan tanaman. Tanah pasca tambang memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali, sehingga perlu dilakukan rehabilitasi. Dalam perbaikan kondisi kesehatan lingkungan diperlukan teknik yang ramah lingkungan salah satunya dengan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan upaya pemilihan jenis tumbuhan khusus dan teknik pemanfaatannya dalam akumulasi logam untuk membersihkan lingkungan dari hamparan logam berat yang bersifat toksik (Salt *et al.* 1995). Fitoremediasi saat ini diketahui sebagai metode yang sederhana, relatif murah, efektif dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.

Indonesia memiliki keragaman jenis tumbuhan yang tinggi. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk mencari jenis-jenis tumbuhan yang potensial untuk fitoremediasi. Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan jenis tumbuhan yang dapat beradaptasi pada tanah dengan tingkat kelarutan logam yang relatif tinggi. Tumbuhan yang diharapkan adalah yang mampu

menyerap polutan dalam jumlah tinggi dalam waktu singkat. Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan bahwa tumbuhan tersebut bersifat hiperakumulator. Fitoremediasi hanya bekerja efektif sebatas kedalaman akar tanaman dan tanaman yang telah menyerap kontaminan mempunyai resiko masuknya logam berat ke dalam rantai makanan sangat tinggi sehingga dalam waktu yang lama dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, kombinasi antara fitoremediasi dengan teknologi konvensional sangat diperlukan yakni dengan penambahan kompos. Keberadaan bahan organik dalam tanah selain dimanfaatkan sebagai sumber hara, juga dapat bereaksi dengan logam berat membentuk senyawa kompleks (*organo metallic complex*) sehingga dapat mengurangi kereaktifan dan efek toksik dari logam (Darmono 2006).

Teknik fitoremediasi dengan penambahan pupuk organik juga dapat dipercepat dengan aplikasi mikoriza. Asosiasi fungi dengan akar tanaman memiliki potensi untuk meningkatkan luas permukaan akar yang kemudian dapat meningkatkan penyerapan logam oleh akar (Khan *et al.* 2000). Mikoriza arbuskula (FMA) telah dilaporkan dapat meningkatkan serapan tanaman terhadap Fe, Zn, Mn dan arsen (Ma *et al.* 2001). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pemberian kompos dan inokulasi FMA terhadap pertumbuhan tanaman *Nauclea orientalis* dan penyerapan logam berat dari tanah pasca tambang nikel, menganalisis kemampuan penyerapan logam berat, dan mengetahui kadar logam berat sebelum dan sesudah perlakuan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Ekologi Hutan Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. selama 4 bulan (Oktober 2014 sampai Januari 2015). Media tanam berupa tanah bekas tambang nikel PT. ANTAM Pomalaa Kab. Kolaka Sulawesi Tenggara. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Departemen Biologi FMIPA, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Longkida (*Nauclea orientalis*), tanah bekas tambang nikel, kompos, inoculum mikoriza arbuskula (FMA), akuades. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroskop kamera binokuler dan AAS varian spektraA-20.

Prosedur Kerja

a. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan berupa tanah bekas tambang nikel PT. ANTAM Tbk Pomalaa. Pengambilan tanah dilakukan secara komposit dari 5 titik sampel yang dapat mewakili keadaan areal

tambang. Tanah diambil dengan kedalaman \pm 10-20 cm. Analisis contoh tanah awal dilakukan sebelum percobaan dengan tujuan untuk mengetahui keadaan unsur hara dan kadar logam berat.

b. Tanaman yang Digunakan

Tanaman yang digunakan untuk penelitian ini adalah Longkida (*N. orientalis*). Tanaman ini mampu tumbuh dan beradaptasi di lahan basah, memiliki akar yang kuat, pertumbuhan cepat, dan biomasnya tinggi. Selain itu, tanaman *N. orientalis* memiliki kemampuan mengakumulasi Fe dan Zn pada kondisi genangan AAT (Mawaddah 2012) dan logam Hg (Ekamawanti *et al.* 2014).

c. Penyediaan Bibit

Biji dipisahkan dari daging buah yang berasal dari Pomalaa dan dikeringkan. Media yang digunakan untuk perkecambah adalah pasir dan kompos (1:1). Media perkecambah disterilisasi dengan cara disangrai selama \pm 2 jam agar media terbebas dari jamur maupun penyakit. Tempat perkecambah benih tanaman *N. orientalis* berupa mika berukuran 30x30 cm² yang diberi tutup untuk mengurangi evapotranspirasi dan menjaga kelembaban media. Benih ditaburkan di atas media. Penyiraman dilakukan sekali setiap pagi hari.

d. Persiapan Media Tanam

Tanah bekas tambang dikeringanginkan dan diayak dengan ayakan kawat ukuran 50 mm², kemudian dicampur dengan media kompos dengan perbandingan sesuai perlakuan sehingga setiap *polybag* berisi 2 kg. Bibit tanaman yang telah melewati tahapan aklimatisasi \pm 1 bulan kemudian dipindah tanam ke *polybag*. FMA sebanyak 10 gram diberikan pada setiap *polybag* pada lubang tanam. Penyiraman dilakukan dua kali sehari di pagi dan sore hari sebanyak 500 ml.

e. Pengamatan dan Perhitungan Kolonisasi Akar

Pengamatan kolonisasi akar, diawali dengan pewarnaan akar. Pewarnaan akar dilakukan dengan metode Phyllip dan Hyman (1970). Perhitungan infeksi akar digunakan rumus Giovannety Mosse (1981) sebagai berikut:

Persen kolonisasi =

$$\frac{\sum \text{Contoh akar terkolonisasi FMA}}{\sum \text{Contoh seluruh akar yang diamati}} \times 100$$

i. Analisis Logam Berat dan Kandungan Hara

Analisis logam berat dengan cara pengabuan kering (ACIAR 1990). Analisis dilakukan sebelum dan setelah perlakuan untuk tanah, sedangkan akar dan daun setelah perlakuan.

Parameter Pengamatan

Data sifat fisik tanah yang diamati adalah: tekstur tanah (kadar pasir, debu, dan liat). Parameter sifat kimia tanah yang dianalisis terdiri dari C-organik, kapasitas tukar kation (KTK), pH, unsur Hara makro dan mikro

(C/N, P, K, Na, Ca), serta logam berat (Cr, Ni, Mn, Fe, dan Zn). Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun, panjang akar (cm) dan berat kering (g), serta kolonisasi FMA pada akar tanaman. Semua dilakukan pada akhir penelitian, kecuali tinggi tanaman. Tinggi tanaman mulai diukur pada saat tanam, kemudian berturut-turut setiap 2 minggu sekali.

Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan-perlakuan yang diberikan adalah:

1. P0 = Kontrol berupa tanah bekas tambang
2. P1 = Media tanah : Kompos (75:25)
3. P2 = Media tanah : Kompos (50:50)
4. P3 = Media tanah : Kompos (25:75)

Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali, sehingga jumlah keseluruhan ada 20 polibag. Analisis Sidik Ragam (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Jika terdapat beda nyata antar perlakuan maka uji dilanjutkan dengan nilai tengah Duncan dalam selang kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Logam Berat dalam Tanah Sebelum dan Setelah Perlakuan

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kadar logam berat (Cr, Ni, Mn, Fe dan Zn) dalam tanah setelah perlakuan selama 4 bulan di rumah kaca (Gambar 1). Parameter Cr, mengalami penurunan kadar dari 200.36 ppm sebelum perlakuan menjadi 76.68 – 8.38 ppm. Untuk parameter Ni, mengalami penurunan kadar logam berat dari 1 437.48 ppm menjadi 1 047.59 – 207.85 ppm. Untuk parameter Mn, terjadi penurunan kadar dari 2 791.71 ppm menjadi 327.84 – 195.85 ppm. Untuk parameter Fe, terjadi penurunan kadar dari 101 293.32 ppm menjadi 6 375.53 – 763.69 ppm. Sedangkan parameter Zn, terjadi penurunan kadar dari 138.42 ppm menjadi 32.06 – 8.18 ppm. Penurunan tertinggi semua kadar logam pada perlakuan P3.

Persentase penurunan maksimal kadar logam berat dalam tanah untuk Cr, Ni, Mn, Fe dan Zn masing-masing secara berurutan adalah 95.82, 85.54, 92.98, 99.25% dan 94.09%. Penurunan kadar logam berat yang paling tinggi setelah perlakuan adalah Fe dan yang paling rendah adalah Ni. Hasil analisis di atas mengindikasikan bahwa semakin banyak pupuk yang diberikan pada perlakuan, maka semakin tinggi pula kadar logam berat yang berkurang dalam tanah pasca tambang.

Tumbuhan yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme penyesuaian yang membuat polutan menjadi nonaktif dan disimpan di dalam jaringan. Dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan adalah: Faktor konsentrasi dan perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada tiap jenis tumbuhan. Logam akan terakumulasi pada tumbuhan setelah membentuk kompleks dengan unsur atau senyawa lain, salah satunya

fitokelatin. Protein fitokelatin diketahui berperan sebagai protein pertahanan dan pengikat logam berat ke dalam tubuh tumbuhan. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Vogeli-Lang dan Wagnert (1992) menunjukkan terikatnya logam dengan fitokelatin membentuk kompleks logam fitokelatin yang akan didetoksifikasi sehingga tumbuhan mampu menahan cekaman logam berat.

Penambahan pupuk organik dapat mengurangi pengaruh buruk dari logam berat dan mempertahankan kehidupan mikroorganisme tanah dalam keadaan normal. Selain itu, bahan organik dapat bereaksi dengan logam berat membentuk senyawa kompleks (*organo metallic complex*) sehingga dapat mengurangi sifat racun dari logam berat. Mikroorganisme juga berperan dalam mereduksi senyawa logam berat. Mikoriza arbuskula (FMA) adalah salah satu mikroorganisme yang dapat melindungi tanaman dari eksese unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat. Mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan (Khan *et al.* 2000). Akhir-akhir ini banyak bukti yang menunjukkan bahwa aktivitas FMA berperan besar dalam mobilisasi logam yang terikat oleh komponen tanah (Gohre & Paszkowski 2006).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan ion logam berat sangat dinamis dalam sistem transportasi unsur hara tanaman. Umumnya, tanaman akumulator meningkatkan mobilitas dan serapan kontaminan logam dibandingkan dengan kondisi normal (Grcman *et al.* 2003; Kos & Lestan 2003; Luo *et al.* 2004).

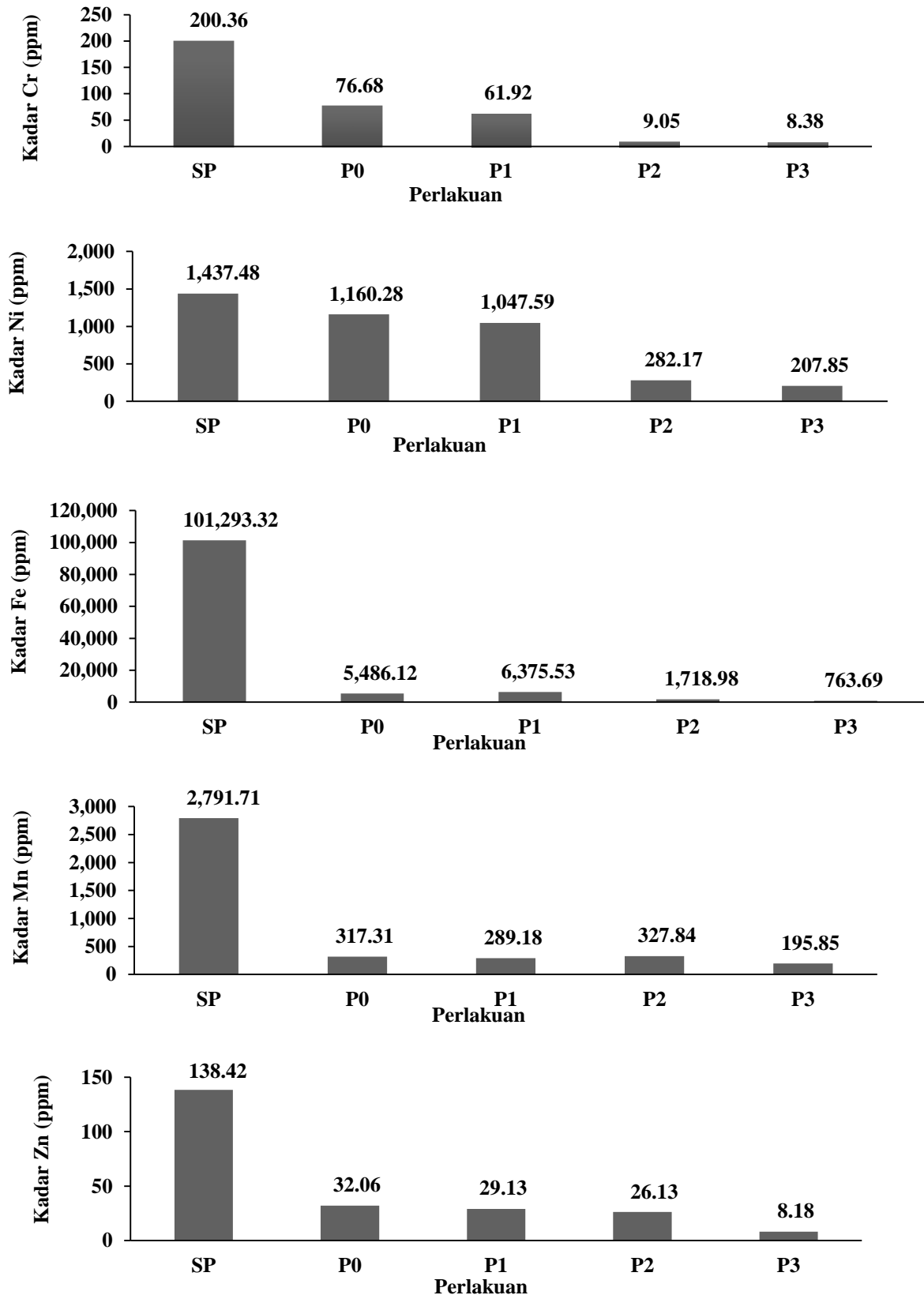
Pengaruh Pemberian Pupuk dan FMA Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Hasil rata-rata pengukuran dan analisis sidik ragam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan biomassa (akar dan daun) *N. orientalis*

Perlakuan	P0	P1	P2	P3
TT (cm)	14.10 ± 0.61 c	15.88 ± 1.12 b	15.77 ± 0.57 b	17.52 ± 0.95 a
JD	9.20 ± 0.24 d	10.55 ± 0.43 c	11.30 ± 0.31 b	12.00 ± 0.46 a
PA (cm)	17.40 ± 6.51 c	27.20 ± 4.73 a	24.60 ± 5.69 ba	21.60 ± 2.89 b
BKA (g)	0.184	0.632	0.476	0.522
BKD (gr)	0.278	0.910	0.432	1.440
BKT (g)	0.46 ± 0.20 c	1.54 ± 0.89 ab	0.91 ± 0.29 bc	2.02 ± 0.35 a

Keterangan: Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. TT: tinggi tanaman, JD: jumlah daun, PA: panjang akar, BKA: berat kering akar, BKD: berat kering daun, BKT: berat kering total.



Gambar 1 Kadar logam berat dalam tanah sebelum dan setelah perlakuan

Keterangan:

SP: Sebelum perlakuan, P0 – P3: Setelah perlakuan, P0: Kontrol (tanah 200 gr + mikoriza)
 P1: Tanah 150 gr + pupuk 50 gr + mikoriza (Perbandingan tanah : pupuk 75 : 25)
 P2: Tanah 100 gr + pupuk 100 gr + mikoriza (Perbandingan tanah : pupuk 50 : 50)
 P3: Tanah 50 gr + pupuk 150 gr + mikoriza (Perbandingan tanah : pupuk 25 : 75)

Tabel 2 Kadar (ppm) dan serapan (mg) logam berat di jaringan akar dan daun pada tanaman *Nauclea orientalis*

Akar								
	P0		P1		P2		P3	
	Kadar (ppm)	Serapan (mg)	Kadar (ppm)	Serapan (mg)	Kadar (ppm)	Serapan (mg)	Kadar (ppm)	Serapan (mg)
Cr	164.93	30.35	94.04	59.43	88.49	42.12	94.41	49.28
Ni	1 713.33	315.25	1 273.18	804.65	749.92	356.96	599.99	313.20
Mn	419.47	77.18	311.27	196.72	265.63	126.44	219.65	114.66
Fe	4671.97	3 725.54	2 354.54	313.20	3 241.81	1 543.10	2 429.94	1 268.43
Zn	50.21	9.24	34.63	21.89	32.37	15.41	31.12	16.25
Daun								
Cr	28.13	7.82	21.55	19.61	19.52	8.43	1.93	2.78
Ni	95.36	26.51	85.66	77.95	72.09	31.14	13.15	18.93
Mn	118.59	32.97	59.41	54.06	41.16	17.78	40.32	58.06
Fe	1 261.22	350.62	1 054.88	959.94	915.73	395.60	247.46	356.34
Zn	30.90	8.59	18.16	16.52	30.44	13.15	31.51	45.38

Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 1, menunjukkan bahwa pemberian kadar pupuk kompos dan FMA memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman *N.orientalis* selama 4 bulan penanaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan pemberian pupuk kompos dan FMA berbeda nyata dengan tanpa pemberian pupuk kompos (P0) pada semua parameter pertumbuhan. Parameter tinggi tanaman pada perlakuan P3 memiliki rata-rata lebih tinggi sebesar 17.52 cm dan berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan P2. Hal yang sama, terlihat pada parameter jumlah daun, pada perlakuan P3 rata-rata jumlah daun lebih banyak sebesar 12.00 dan berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan P2. Selanjutnya pada parameter panjang akar, perlakuan P1 memiliki rata-rata paling panjang sebesar 27.20 cm dibanding dengan perlakuan lainnya dan berbeda nyata dengan P3. Parameter biomassa, perlakuan P3 memiliki rata-rata lebih besar 2.02 g dan berbeda nyata dengan P2. Pada P3, rata-rata tinggi tanaman mencapai 17.52 cm dibandingkan dengan P1 dan P2 yang hanya 15.88 dan 15.77 cm. Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai parameter tinggi, jumlah daun dan total biomassa tertinggi dicapai oleh P3.

Secara umum perlakuan pemberian pupuk kompos dan FMA cenderung meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal ini diduga karena semakin membaiknya faktor lingkungan sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Menurut Hardjowigeno (2007), membaiknya faktor lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dapat memperbaiki kehidupan mikroorganisme dan meningkatkan pertumbuhan akar tanaman sehingga pertumbuhan meningkat. Pendapat tersebut didukung oleh Sugianto *et al.* (2008) bahwa membaiknya faktor lingkungan baik fisik, kimia maupun biologi tanah, menyebabkan perkembangan akar tanaman akan lebih mudah menyerap unsur-unsur hara dari dalam tanah. Selain pupuk kompos, aplikasi FMA pada kondisi lahan tercemar logam berat juga terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan, biomassa

dan serapan hara tanaman, pertumbuhan sistem perakaran (Wu *et al.* 2013). Menurut Muleta (2010) tanaman yang bermikoriza mampu meningkatkan serapan N, P, K, Ca dan Mg dan beberapa studi melaporkan bahwa FMA mampu menyediakan 90% P untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Selain itu, FMA mampu menurangi masuknya logam berat dalam jaringan tanaman. Kemampuan menyerap dan menekan serapan logam berat ke jaringan tanaman dapat berdampak positif bagi pertumbuhan dan biomassa tanaman (Husna 2010).

Kadar Logam Berat dan Penyerapannya pada *N. orientalis* setelah Perlakuan

Hasil penelitian menunjukkan kemampuan tanaman *Nauclea orientalis* dalam menyerap logam pada tanah pasca tambang nikel yang diakumulasi pada jaringan akar dan daun. Secara rinci disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan kadar dan serapan logam berat pada jaringan akar dan daun tanaman *N. orientalis*. Penyerapan logam berat oleh tanaman *N. orientalis* menyebabkan penurunan konsentrasi logam berat dalam tanah (Gambar 1). Hasil penelitian menunjukkan logam berat tertinggi baik pada akar maupun daun adalah pada perlakuan tanpa pupuk kompos dan FMA (P0) dan terendah pada perlakuan pupuk kompos dan FMA yakni pada P3. Sedangkan jumlah logam yang diserap oleh tanaman, perlakuan P1 lebih tinggi menyerap baik di jaringan akar maupun daun dan terendah pada perlakuan P0 kecuali untuk logam Ni dan Cr di daun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanaman *N. orientalis* semua kadar logam berat ditemukan di akar dan daun. Namun, kadar logam berat paling tinggi ditemukan dibagian akar tanaman. Akar adalah organ pertama yang bersentuhan dengan senyawa beracun dan mampu mengakumulasi logam berat lebih banyak daripada tajuk (Rout *et al.* 2001). Tabel 2 menunjukkan kadar logam ditemukan lebih tinggi pada perlakuan

tanpa pemberian pupuk organik dan FMA (P0) dibanding pada perlakuan pemberian pupuk kompos dan FMA, namun serapan logam berat dalam tanaman ditemukan lebih tinggi pada perlakuan pemberian pupuk organik dan FMA (P1) dibanding pada perlakuan tanpa pemberian pupuk kompos dan FMA. Pupuk kompos dan FMA mampu meningkatkan asam-asam organik dengan berat molekul yang tinggi, sehingga keberadaan pupuk organik mampu menyerap dan menahan laju aliran logam berat dalam jumlah tinggi hanya sampai akar sehingga residu logam ditemukan di akar lebih tinggi. Selain itu, inokulasi FMA juga mampu mengurangi masuknya logam berat ke jaringan tanaman (Vivas *et al.* 2006; Chen *et al.* 2007; Jankong and Visoottivesth, 2008). Pada kasus lain, inokulasi FMA berkontribusi dalam imobilisasi logam berat di dalam tanah dan akar (fitostabilisasi) (Gohre and Paszkowski 2006; Javaid 2011). Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa FMA secara signifikan mampu membantu penyerapan unsur hara makro (N, P, K) dan mikro (Mn, Zn, Cu dan Fe) pada kondisi cemaran logam (Leyval *et al.* 1997; Wang *et al.* 2006; Vivas *et al.* 2006; Chen *et al.* 2007).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Beberapa simpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah:

1. Pemberian pupuk kompos dan penambahan FMA meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menurunkan kadar logam berat dalam tanah.
2. *N. orientalis* terbukti dapat mengakumulasi logam berat baik di akar maupun di daun. Penyerapan logam berat oleh tanaman ditemukan lebih tinggi di jaringan akar.
3. Perlakuan terbaik dengan perbandingan tanah, pupuk kompos dan FMA adalah 25:75.

Saran

Perlunya dilakukan percobaan selanjutnya dengan aplikasi penanaman dalam skala lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen BD, Zhu YG, Duan J, Xiao XY, Smith SE. 2007. Effects of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on growth and metal uptake by four plant species in copper mine tailings. *Environmental Pollution*. 147:374-380.
- Darmono. 2006. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Ekamawati HA, Setiadi Y, Sopandie D, Santosa DA. 2014. Mercury stress resistances in *Nauclea orientalis* seedling inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Agriculture, Forestry and Fisheries*. 3(2):113-120.
- Gohre V, Paszkowski U. 2006. Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. *Planta*. 223:1115-1122.
- Grcman H, Vodnik D, Velikonja-Bolta S, Lestan D. 2003. Ethylene diamine disuccinate as a new chelate for environmentally safe enhanced lead phytoextraction. *J Environ Qual*. 32:500-506.
- Hardjowigeno S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Husna. 2010. Pertumbuhan bibit kayu kuku (*Pericopsis mooniana* Thw) melalui aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan ampas sagu pada media tanah bekas tambang nikel [tesis]. Kendari (ID): Universitas Haluoleo.
- Jankong P, Visoottivesth P. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on plants growing on arsenic contaminated soil [Technical Note]. *Chemosphere*. 72:1092-1097.
- Javaid A. 2011. *Importance of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils*. Khan MS, editor. New York (US): Springer.
- Khan AG, Keuk C, Chaudhry TM, Khoo CS, Hayes WJ. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere*. 41:197-207.
- Kos B, Lestan D. 2003. Influence of a biodegradable ([S,S]-EDDS) and non-degradable (EDTA) chelate and hydrogen modified soil water sorption capacity on Pb phytoextraction and leaching. *Plant Soil*. 253:403-411.
- Leyval C, Turnau K, Haselwandter K. 1997. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza*. 7:139-153.
- Luo C, Shen Z, Li X. 2004. Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. *Chemosphere*. 59(1):1-11.
- Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang W, Cai Y, Kenelly ED. 2001. Fern the hyperaccumulates arsenic. *Nature*. 409: 579.
- Mawaddah M. 2012. Pertumbuhan kayu putih (*Melaleuca leucadendron* Linn.) dan Longkida (*Nauclea orientalis*) pada kondisi tergenang air asam tambang [Skripsi]. Bogor (ID): institute Pertanian Bogor.
- Mosse B, Stribley DP, Le-Tucon F. 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Adv. Microb Ecology*. 5:137-210.
- Muleta D. 2010. *Legume Response to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculum in Sustainable Agriculture*. Khan MS, editor. New York (US): Springer.
- Rusdiana O, Fakuara Y, Kusmana C, Hidayat Y. 2000. Respon pertumbuhan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Manajemen Hutan Tropika*. 6(2):43-53.
- Salt DE, Blaylock M, Kumar NPBA, Dushenkov V, Ensley BD, Raskin I. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for removal of toxic metals from the environmental using plant. *Biotechnol*. 13:468-474.

- Vivas A, Barea JM, Biro B, Azcon R. 2006. Effectiveness of autochthonous bacterium and mycorrhizal fungus on *Trifolium* growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. *J Appl Microbiol.* 100:587-598.
- Wang F, Xian-gui L, Yin R, Long-hua W. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth of *Elsholtzia splendens* and *Zea mays* and the activities of phosphatase and urease in multi-metal-contaminated soil under unsterilized condition. *Applied Soil Ecology.* 31:110-119.
- Wu QS, Zou YN, Huang YM. 2013. The arbuscular micorrryzal fungus *Diversispora spurca* ameliorates effects of waterlogging on growth, root system architecture and antioxidant enzyme activities of citrus seedlings. *Fungal Ecolog.* 6(1):37-43.