

**BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT Cd, Cu, DAN Pb
DENGAN MENGGUNAKAN ENDOMIKORIZA**

Riri Rizki Chairiyah^{1*}, Hardy Guchi², Abdul Rauf²

¹Alumnus Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian USU, Medan 20155

²Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian USU, Medan 20155

*Corresponding author: email: riririzkich@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research was to study the influence of endomycorrhizae on bioremediation heavy metals of Cd, Cu, and Pb. The research was conducted from April 2012 until February 2013 used non factorial randomized block design with 5 replications and 5 treatments. Applications of heavy metals treatments are: Control (non-application of endomycorrhizae and heavy metals), L₀ (application of endomycorrhizae and non-application of heavy metals), L₁ (application of endomycorrhizae and heavy metals Cd 1.5 ppm, Cu 20 ppm, and Pb 60 ppm), L₂ (application of endomycorrhizae and heavy metals Cd 2.25 ppm, Cu 25 ppm, and Pb 200 ppm), and L₃ (application of endomycorrhizae and heavy metals Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, and Pb 340 ppm). Heavy metals were applied 3 weeks before planted and endomycorrhizae was applied when planting. The plants kept until vegetative phase in the screen house. The result of this research showed that the application of endomycorrhizae decreased Cu and Pb availability in soil. In the plants, application of mycorrhizae decreased Pb uptake. Applications of endomycorrhizae and heavy metals increasing mycorrhizae infection rates, but has no effect to heavy metals uptake, shoot dry weights, root dry weights, and pH H₂O soil. Heavy metals availability in soil only significant to Pb availability after heavy metals applications.

Key words: endomycorrhizae, cadmium (Cd), copper (Cu), plumbum (Pb)

ABSTRAK

Bioremediasi tanah tercemar logam berat cd, cu, dan pb dengan menggunakan endomikoriza. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh endomikoriza dalam meremediasi logam berat Cd, Cu, dan Pb. Penelitian telah dilaksanakan dari bulan April 2012 sampai Februari 2013 di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah FP USU, dan Laboratorium Kimia BTKL-PP Medan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok, dengan 5 blok dan 5 perlakuan, yaitu perlakuan pemberian logam berat yang terdiri dari: Kontrol (tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat), L₀ (pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat), L₁ (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm), L₂ (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm), dan L₃ (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm). Pemberian logam berat dilakukan 3 minggu sebelum tanam dan pemberian endomikoriza dilakukan pada saat penanaman. Tanaman dipelihara hingga akhir masa vegetatif di rumah kaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa endomikoriza menurunkan Cu dan Pb tersedia di dalam tanah. Pada tanaman, pemberian endomikoriza menurunkan serapan Pb. Pemberian endomikoriza dan logam berat nyata meningkatkan derajat infeksi mikoriza, tetapi tidak mempengaruhi serapan logam berat oleh tanaman, berat kering tajuk, berat kering akar, dan pH H₂O tanah. Logam berat tersedia di dalam tanah hanya nyata mempengaruhi Pb tersedia setelah aplikasi logam berat.

Kata kunci: endomikoriza, kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb)

PENDAHULUAN

Logam berat dapat memasuki tanah melalui sumber yang berbeda-beda sehingga menjadi polutan. Pupuk, pestisida, penambahan bahan organik dan anorganik, residu limbah dan lumpur aktif mengandung sejumlah logam berat (Yulipriyanto, 2010). Logam berat dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi makanan yang berasal dari tanaman yang ditanam di tanah yang tercemar logam berat. Akumulasi bahan polutan tersebut akan menyebabkan toksik bagi tanaman, atau juga diambil dan diserap oleh tanaman lalu dikonsumsi oleh hewan atau manusia sehingga bersifat toksik juga pada hewan atau manusia yang mengkonsumsinya (Setyorini *et al.* 2009).

Logam berat Cd, Cu, dan Pb merupakan salah satu jenis dari beberapa logam berat lainnya yang berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat yang merupakan polutan bagi tanaman, hewan, dan kesehatan manusia antara lain arsenic (As), boron (B), kadmium (Cd), tembaga (Cu), merkuri (Hg), molibdenum (Mo), nikel (Ni), timbal (Pb), selenium (Se), dan seng (Zn) (Setyorini *et al.* 2009). Pada manusia, keracunan Cu dapat menyebabkan terjadinya *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak dan demyelinasi, serta terjadinya penurunan kerja ginjal (Palar, 2008). Cd merupakan logam yang sangat beracun bagi manusia. Selain diduga karsinogenik, logam ini dapat menyebabkan gangguan pada pencernaan, ginjal, dan kerusakan tulang

(Notodarmojo, 2005). Efek yang ditimbulkan oleh Pb antara lain menyebabkan tekanan darah tinggi, penurunan hemoglobin, pusing, dan pada dosis tinggi dapat menyebabkan *encephalopathy* (Sullivan dan Krieger dalam Notodarmojo, 2005).

Bahaya yang berdampak kepada makhluk hidup akibat tanah tercemar logam berat menimbulkan permasalahan yang harus segera ditanggulangi. Terdapat beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk menangani toksisitas logam berat. Bioremediasi adalah satu alternatif untuk menangani toksisitas logam berat terhadap tanaman pada tanah-tanah tercemar. Pulihan lingkungan oleh mikroorganisme dianggap sebagai strategi potensial dalam mereduksi kontaminasi logam-logam berat yang terjadi di lingkungan (Gandjar *et al.* 2006). Keunggulan dari bioremediasi adalah: proses alami yang dapat diterapkan ditempat yang sulit dijangkau, lingkungan di bawah permukaan tanah, tidak mahal, tidak menghasilkan limbah yang baru (masalah baru), dan ramah lingkungan. Hasil dari degradasi logam berat oleh mikroorganisme adalah gas karbon dioksida, air, dan senyawa-senyawa sederhana yang ramah lingkungan (Hanafiah *et al.* 2009).

Salah satu mikroorganisme yang berfungsi sebagai bioremediasi adalah mikoriza. Mikoriza dapat mengurangi toksisitas logam berat terhadap tanaman pada tanah-tanah tercemar (Baldrian dalam Munir, 2006). Penggunaan arbuskula mikoriza berguna

sebagai bioremediasi lingkungan. Arbuskula mikoriza sering dijadikan dasar dalam upaya bioremediasi lahan kritis (BPTP Sumut, 2010).

Jagung dapat dimanfaatkan sebagai inang bagi mikoriza karena dapat bersimbiosis dengan mikoriza di akar tanaman. Jenis tanaman yang mempunyai endomikoriza atau arbuskula mikoriza diantaranya jagung (Hardjowigeno, 2010).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Analisis parameter dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dengan ketinggian tempat ± 25 m di atas permukaan laut, dan Laboratorium Kimia Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pengendalian Penyakit (BTKL-PP) Departemen Kesehatan Medan dari bulan April 2012 sampai Februari 2013.

Bahan dan alat yang digunakan adalah bahan inceptisol sebagai media tanam, inokulum mikoriza sebagai sumber endomikoriza untuk meremediasi logam berat Cd, Cu, dan Pb, benih jagung varietas Pioneer 12 sebagai tanaman inang mikoriza, senyawa $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber logam berat Cd, senyawa $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber logam berat Pb, dan senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber logam berat Cu, formalin sebagai larutan untuk mensterilkan

tanah, pupuk Urea, SP-36, dan KCl sebagai pupuk dasar, bahan-bahan kimia lainnya untuk keperluan analisis di laboratorium, polibeg sebagai wadah tanah, ICP (*Inductively Coupled Plasma*) untuk mengukur konsentrasi Cd, Cu, dan Pb, mikroskop untuk mengamati infeksi mikoriza pada akar tanaman, pH meter untuk mengukur pH H_2O tanah, dan alat-alat lainnya untuk keperluan analisis di laboratorium.

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok non faktorial dengan lima perlakuan, yaitu: Kontrol (tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat), L_0 (pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat), L_1 (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm), L_2 (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm), dan L_3 (pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm). Logam berat di tanah diperlakukan dengan estimasi atau prediksi kondisi yang terjadi di lapangan.

Bahan inceptisol diambil dari lokasi Kampus USU Kwala Bekala Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang secara komposit pada kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah. Setelah itu tanah dikeringudarkan, dihaluskan, dan diayak kemudian diukur kadar air tanah dan kapasitas lapang. Tanah disterilkan kemudian dimasukkan kedalam polibeg setara 5 kg tanah kering oven sebanyak 25 polibeg.

Analisis awal yang dilakukan adalah pengukuran Cd, Cu, dan Pb total tanah metode pengabuan basah menggunakan ekstraktan HNO₃ dan HClO₄ pekat, pengukuran Cd, Cu, dan Pb tersedia tanah metode pengenceran HCL menggunakan ekstraktan 0,1 M HCl, dan pengukuran pH H₂O tanah metode elektrometri pada perbandingan 1:2,5. Hasil analisis awal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis awal tanah

Jenis analisis	Nilai	Satuan	Kriteria
pH H ₂ O tanah	6,12	-	Agak masam
Cd total	0,16	ppm	Di bawah batas toleransi pencemaran
Cu total	5,04	ppm	Termasuk dalam kadar Cu total
Pb total	21,00	ppm	Di bawah batas toleransi pencemaran
Cd tersedia	0,09	ppm	Di bawah batas toleransi pencemaran
Cu tersedia	0,92	ppm	Di bawah kadar Cu total
Pb tersedia	6,20	ppm	Di bawah batas toleransi pencemaran

Pada perlakuan L₁ diberikan senyawa Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm ke dalam tanah masing-masing sebanyak 5 polibeg; perlakuan L₂ diberikan senyawa Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm ke dalam tanah masing-masing sebanyak 5 polibeg; dan perlakuan L₃ diberikan senyawa Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm ke dalam tanah masing-masing sebanyak 5 polibeg. Kemudian dilakukan inkubasi selama 3 minggu.

Inokulum mikoriza yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Biologi Tanah FP USU. Bentuk inokulum mikoriza yang digunakan adalah campuran tanah dan spora (80 spora/10 g inokulum). Jenis mikoriza yang digunakan adalah endomikoriza dengan genus *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. Pada perlakuan

dengan pemberian mikoriza diberikan inokulum mikoriza 50 g masing-masing sebanyak 20 polibeg. Benih jagung ditanam sebanyak tiga benih pada setiap polibeg. Aplikasi mikoriza dan penanaman dilakukan 3 minggu setelah aplikasi logam berat.

Pengambilan sampel tanah dilakukan 6 minggu setelah aplikasi logam berat. Analisis yang dilakukan adalah pengukuran Cd, Cu, dan Pb tersedia tanah metode pengenceran HCl menggunakan ekstraktan 0,1 M HCl.

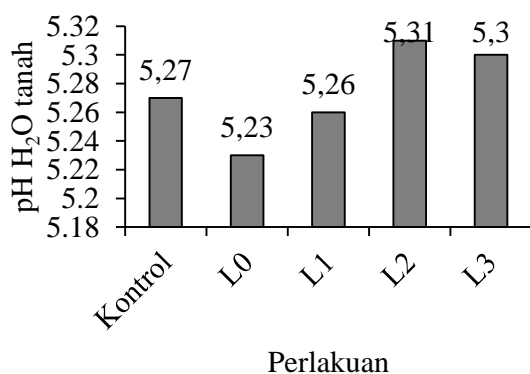
Aplikasi pupuk dasar terdiri dari Urea 0,75 g/polibeg (300 kg/ha), SP-36 0,25 g/polibeg (100 kg/ha) dan KCl 0,125 g/polibeg (50 kg/ha). Aplikasi pupuk dasar dilakukan karena pertumbuhan tanaman sangat terhambat dan menunjukkan gejala defisiensi unsur hara

diseluruh perlakuan. Aplikasi pupuk dasar dilakukan 4 minggu setelah tanam.

Pemanenan dilakukan setelah tanaman berumur 8 minggu setelah tanam yaitu pada saat akhir masa vegetatif tanaman. Tanaman dipotong pada pangkal batang dan diambil bagian akarnya. Kemudian akar dicuci dengan air mengalir. Analisis setelah pemanenan meliputi analisis tanah, tanaman, dan mikoriza. Analisis tanah yang dilakukan adalah pengukuran Cd, Cu, dan Pb tersedia tanah metode pengenceran HCl menggunakan ekstraktn 0,1 M HCl dan pengukuran pH H₂O tanah metode elektrometri pada perbandingan 1:2,5. Tajuk dan akar tanaman jagung diovenkan pada suhu 70 °C selama 48 jam, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat keringnya. Contoh daun digerinder dan diayak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap pH H₂O tanah. pH H₂O tanah pada seluruh perlakuan termasuk kriteria masam (4,5-5,5). pH H₂O tanah pada



Keterangan:
Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340ppm

Analisis tanaman yang dilakukan adalah pengukuran serapan Cd, Cu, dan Pb tanaman metode pengabuan basah menggunakan ekstraktn HNO₃ dan HClO₄ pekat. Analisis mikoriza yang dilakukan adalah pengukuran derajat infeksi mikoriza metode slide.

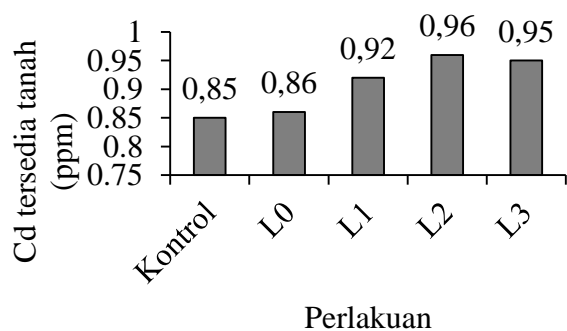
Parameter pengamatan yang diukur yaitu: pH H₂O tanah; Cd, Cu, dan Pb tersedia tanah (ppm) setelah aplikasi logam berat; Cd, Cu, dan Pb tersedia tanah (ppm) pada akhir masa vegetatif tanaman; serapan Cd, Cu, dan Pb tanaman (mg/pot); berat kering tajuk (g); berat kering akar (g); dan derajat infeksi mikoriza (%). Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis sidik ragam diikuti dengan uji beda rata-rata BNT (Beda Nyata Terkecil) taraf 5% dan 1%.

perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat tidak menunjukkan perbedaan yang jauh dengan perlakuan Kontrol (Gambar 1), sehingga tidak nyata secara statistik. Hal ini dikarenakan pemberian endomikoriza dan logam berat tidak mempengaruhi pH di dalam tanah.

Gambar 1. pH H₂O tanah akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap Cd tersedia tanah setelah aplikasi logam berat. Kandungan Cd tersedia tanah setelah aplikasi logam berat pada seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Cd di dalam tanah (1,25-2,5 ppm). Pemberian endomikoriza dan logam berat meningkatkan Cd tersedia di dalam tanah (Gambar 2) tetapi peningkatan tersebut tidak signifikan, hanya

berkisar 0,01 sampai 0,11 ppm sehingga tidak nyata secara statistik. Hal ini diduga karena bahan tanah yang digunakan memiliki kemampuan menahan kation fraksi lempung yang sedang sampai tinggi. Menurut Palar (2008) bila lapisan lempung ini sangat besar jumlahnya, maka proses peresapan akan menjadi sangat rendah atau tidak terjadi peresapan sama sekali.



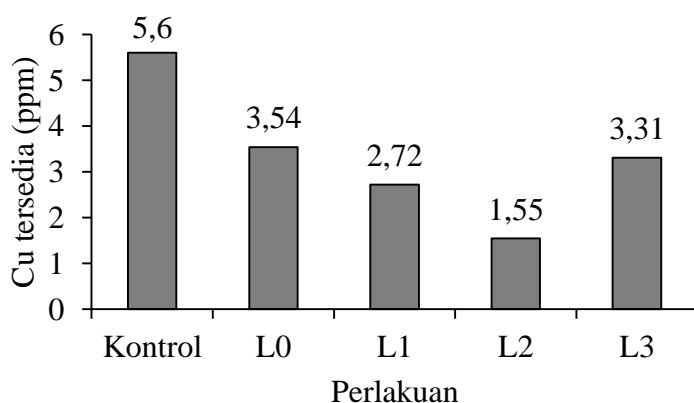
Keterangan:

- Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
- L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
- L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
- L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
- L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 2. Cd tersedia tanah setelah aplikasi logam berat akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat juga tidak berpengaruh nyata terhadap Cu tersedia tanah setelah aplikasi logam berat. Kandungan Cu tersedia tanah setelah aplikasi logam berat pada seluruh perlakuan kriterianya termasuk dalam kadar Cu total di dalam tanah (1,1-224 ppm). Setelah pemberian endomikoriza dan logam berat, Cu tersedia tanah mengalami penurunan di dalam tanah (Gambar 3). Cu tersedia pada perlakuan

Kontrol memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat. Hal ini diakibatkan pemberian Cu dalam bentuk senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sehingga sulit larut di dalam tanah. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2011) di dalam larutan tanah, Cu berada dalam bentuk divalensi Cu^{2+} atau dalam bentuk ion kompleks, CuO dan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ lebih mudah larut dari pada senyawa lainnya.



Keterangan:

- Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
- L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
- L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
- L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
- L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 3. Cu tersedia tanah setelah aplikasi logam berat akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat berpengaruh nyata terhadap Pb tersedia tanah setelah aplikasi logam berat. Kandungan Pb tersedia tanah setelah aplikasi logam berat pada seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Pb di dalam tanah (56-336 ppm). Pemberian endomikoriza dan logam berat mempengaruhi Pb tersedia di

dalam tanah (Tabel 2). Hal ini disebabkan pemberian senyawa Pb(CH₃COO)₂.3H₂O pada tanah dalam kondisi kering, maka setelah diinkubasi Pb telah tersorpsi pada permukaan partikel tanah. Menurut Notodarmojo (2005) pada daerah yang kering, Pb ditemukan dalam bentuk yang dapat dipertukarkan dan tersorpsi pada permukaan partikel tanah.

Tabel 2. Pb tersedia tanah setelah aplikasi logam berat akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Perlakuan	Pb tersedia tanah (ppm)	Kriteria
Kontrol (tanpa endomikoriza dan logam berat)	10,38 Ab	Di bawah batas toleransi pencemaran
L ₀ (endomikoriza dan tanpa logam berat)	7,68 Bcd	Di bawah batas toleransi pencemaran
L ₁ (endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm)	11,35 A	Di bawah batas toleransi pencemaran
L ₂ (endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm)	6,03 D	Di bawah batas toleransi pencemaran
L ₃ (endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm)	9,29 Abc	Di bawah batas toleransi pencemaran

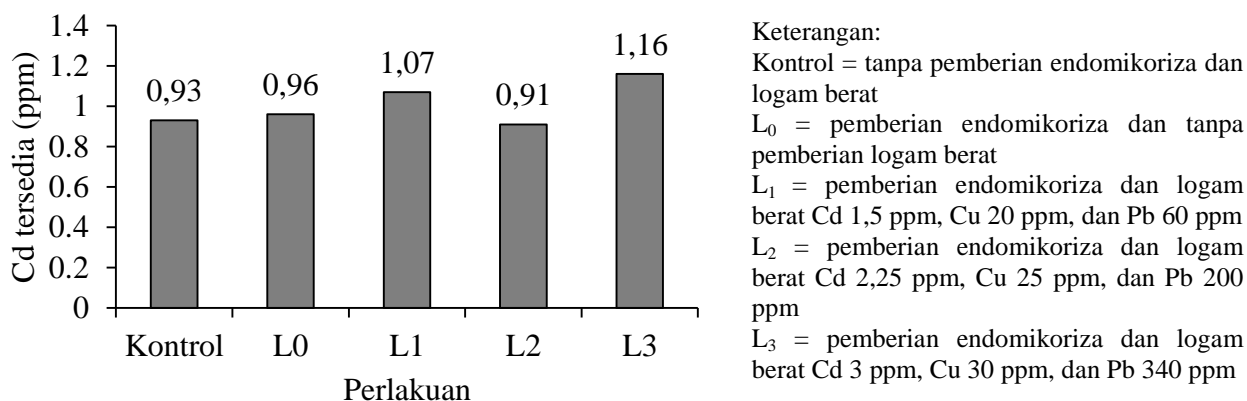
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 menurut uji BNT

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap Cd tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman. Kandungan Cd tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman pada seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Cd di dalam tanah (1,25-

2,5 ppm). Pemberian endomikoriza tidak menurunkan Cd tersedia tanah, tetapi justru meningkatkan ketersediaannya di dalam tanah (Gambar 4). Namun, Cd tersedia tanah pada perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat tidak menunjukkan perbedaan yang jauh dengan perlakuan Kontrol, sehingga tidak nyata

secara statistik. Hal ini diduga akibat pemberian endomikoriza dan logam berat serta

adanya tanaman yang menghasilkan eksudat menyebabkan peningkatan Cd tersedia tanah.



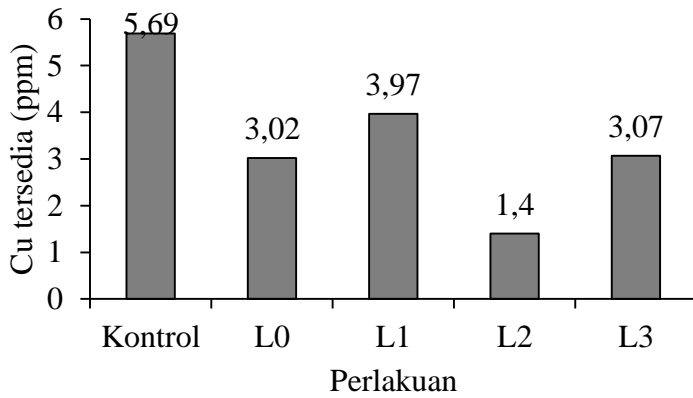
Gambar 4. Cd tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap Cu tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman. Kandungan Cu tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman pada seluruh perlakuan kriterianya termasuk dalam kadar Cu total di dalam tanah (1,1-224 ppm). Pada perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat terjadi penurunan Cu tersedia tanah, tetapi tidak jauh

berbeda dengan perlakuan Kontrol (Gambar 5) sehingga tidak nyata secara statistik. Hal ini diakibatkan pemberian endomikoriza meningkatkan penyerapan Cu oleh tanaman, sehingga kadar Cu menjadi berkurang di dalam tanah. Menurut Yulipriyanto (2010) mikoriza membantu menyerap beberapa unsur hara untuk selanjutnya ditransmisikan ke tanaman, terutama hara-hara yang tidak mobil seperti tembaga (Cu).

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap Pb tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman. Kandungan Pb tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman pada seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Pb di dalam tanah (56-336 ppm). Pada perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat terjadi penurunan Pb tersedia tanah, tetapi tidak jauh

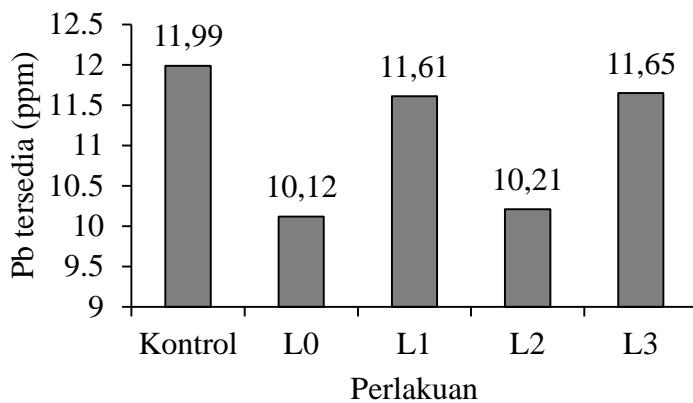
berbeda dengan perlakuan Kontrol (Gambar 6) sehingga tidak nyata secara statistik. Hal ini diduga mikoriza menyerap Pb dari dalam tanah dan disimpan di dalam hifa, sehingga kadar Pb menjadi berkurang di dalam tanah. Menurut (Hanum 2009) mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan.



Keterangan:

Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
 L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
 L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
 L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
 L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 5. Pb tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat



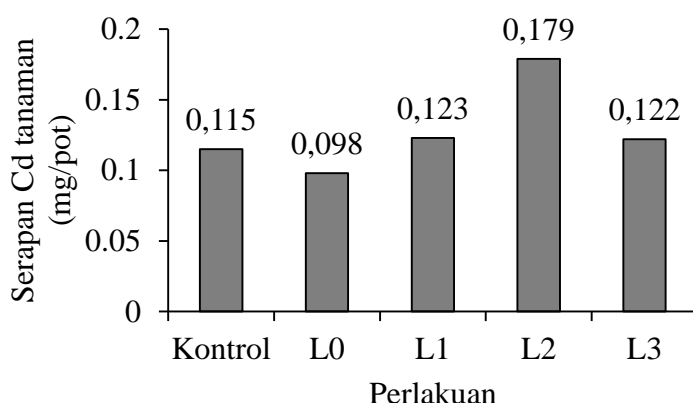
Keterangan:

Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
 L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
 L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
 L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
 L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 6. Pb tersedia tanah pada akhir masa vegetatif tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap serapan Cd tanaman. Pemberian endomikoriza tidak mampu menurunkan serapan Cd tanaman, justru meningkatkan serapannya. Namun peningkatan yang terjadi tidak jauh berbeda dengan perlakuan Kontrol (Gambar 7), sehingga tidak nyata secara statistik. Serapan

Cd tanaman pada seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Cd pada tanaman (1 ppm). Menurut Mukhlis dkk. (2011) mikroba yang digunakan mungkin efektif mendegradasi satu polutan, tetapi tidak untuk polutan lainnya. Mikroba mungkin efektif mendegradasi satu bentuk spesifik dari polutan tetapi tidak untuk bentuk polutan lainnya.



Keterangan:

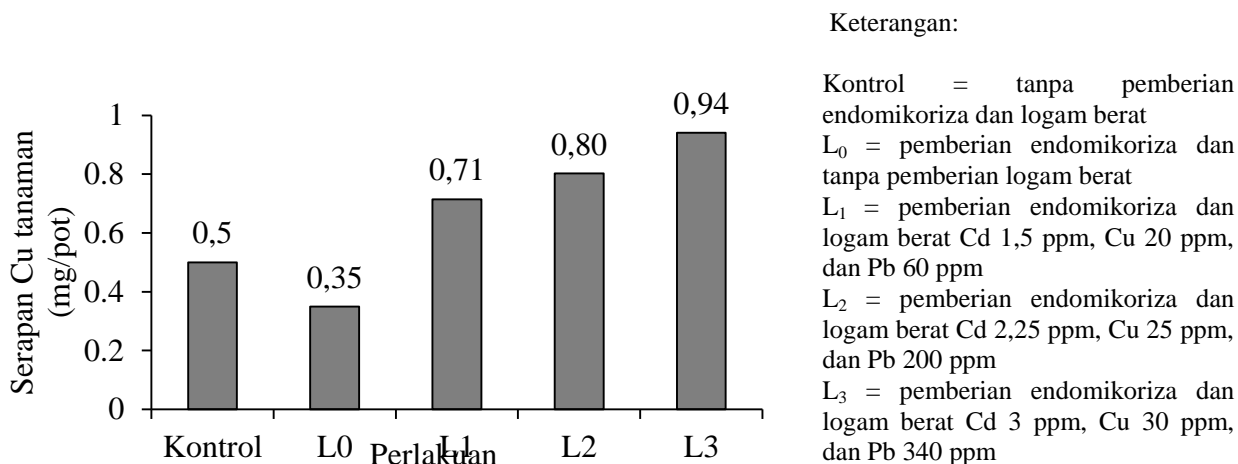
Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
 L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat

L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
 L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
 L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 7. Serapan Cd tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap serapan Cu tanaman. Pemberian endomikoriza meningkatkan serapan Cu tanaman. Serapan Cu tanaman pada seluruh perlakuan termasuk kriteria melebihi kadar Cu rata-rata yang diambil jagung (0,028 ppm). Tetapi peningkatan tersebut hanya berkisar 0,214 mg/pot sampai 0,441 mg/pot (Gambar 8),

sehingga tidak nyata secara statistik. Hal ini dikarenakan akibat pemberian endomikoriza meningkatkan serapan Cu oleh tanaman sehingga kadar Cu di tajuk tanaman menjadi tinggi. Menurut penelitian Liao dkk. (2003) konsentrasi Cu di tajuk pada tanaman dengan mikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa mikoriza pada seluruh konsentrasi Cu di dalam larutan tanah.

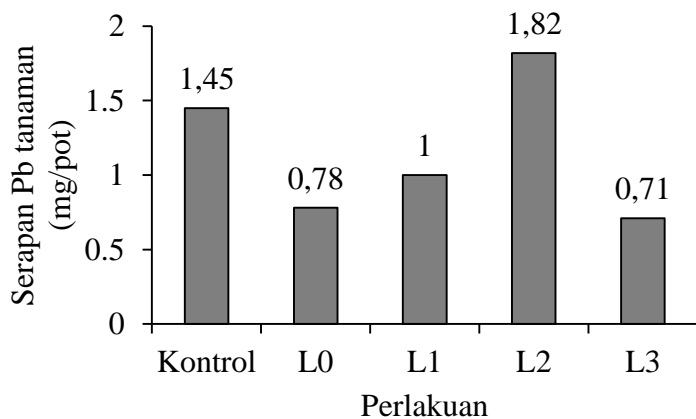


Gambar 8. Serapan Cu tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap serapan Pb tanaman. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan pemberian logam berat mengalami penurunan serapan Pb tanaman yang tidak jauh berbeda dengan perlakuan Kontrol (Gambar 9), sehingga tidak nyata secara statistik. Serapan Pb tanaman pada

seluruh perlakuan termasuk kriteria di bawah batas toleransi pencemaran Pb pada tanaman (10 ppm). Hal ini juga diduga akibat mikoriza menghasilkan asam oksalat yang dapat mengikat Pb sehingga menjadi tidak larut. Menurut Sayer dan Gadd dalam Munir (2006) asam oksalat yang dihasilkan oleh mikroba dapat meningkatkan resistensi mikroba

tersebut terhadap logam melalui pembentukan kompleks metal-oksalat yang bersifat tidak larut.

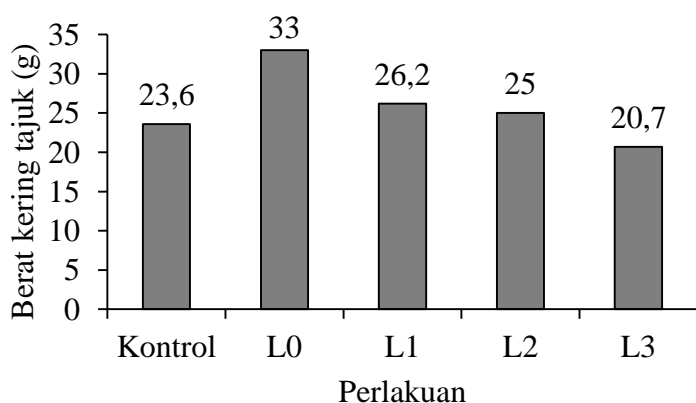


Keterangan:
 Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
 L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
 L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm
 L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
 L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 9. Serapan Pb tanaman akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pada pertumbuhan tanaman, pemberian endomikoriza dan logam berat tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk dan berat kering akar. Berat kering tajuk dan berat kering akar pada perlakuan pemberian endomikoriza dan logam berat tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan perlakuan Kontrol (Gambar 10 dan 11), sehingga tidak nyata secara statistik. Berat kering tajuk dan berat kering akar pada perlakuan tanpa pemberian logam berat memiliki berat kering yang lebih besar

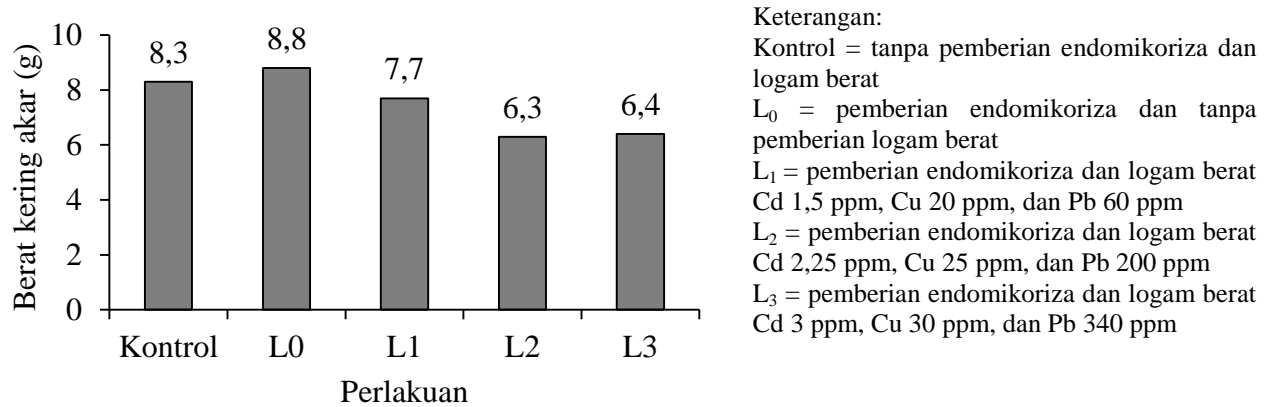
dibandingkan dengan perlakuan pemberian logam berat. Selain itu, dengan semakin banyak pemberian logam berat maka berat kering akan semakin rendah. Menurut penelitian Liao dkk. (2003) akar dan tajuk tanaman dengan mikoriza biasanya lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah hifa dari jamur mikoriza melakukan penyerapan unsur immobil untuk mendukung pertumbuhan inangnya dan jamur mengambil beberapa hasil dari fotosintesis.



Keterangan:
 Kontrol = tanpa pemberian endomikoriza dan logam berat
 L₀ = pemberian endomikoriza dan tanpa pemberian logam berat
 L₁ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm

L₂ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm
 L₃ = pemberian endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm

Gambar 10. Berat kering tajuk akibat pemberian endomikoriza dan logam berat



Gambar 11. Berat kering akar akibat pemberian endomikoriza dan logam berat

Pemberian endomikoriza dan logam berat berpengaruh nyata terhadap derajat infeksi mikoriza. Derajat infeksi mikoriza pada perlakuan Kontrol termasuk dalam klasifikasi infeksi kelas 4 (51-75%) dan pada perlakuan lainnya termasuk dalam kelas 5 (76-100%). Pemberian logam berat dapat meningkatkan derajat infeksi mikoriza (Tabel 3). Derajat infeksi mikoriza menunjukkan tinggi atau rendahnya mikoriza menginfeksi akar tanaman yang dinyatakan dalam bentuk persen. Persentase derajat infeksi mikoriza yang tinggi akan menunjukkan infeksi mikoriza yang banyak pada akar, begitu juga dengan sebaliknya. Pada perlakuan pemberian logam berat terdapat persentase derajat infeksi mikoriza yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian logam berat.

Selanjutnya, pada pemberian logam berat dengan dosis yang lebih tinggi terdapat persentase derajat infeksi mikoriza yang lebih tinggi pula. Hal ini diakibatkan semakin banyak logam berat yang terdapat di dalam tanah akan meningkatkan aktivitas mikoriza untuk menginfeksi akar tanaman dan membentuk hifa di dalam jaringan akar sebagai perlindungan dan mengurangi keracunan logam berat. Menurut Hanum (2009) mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan. Baldrian dalam Munir (2006) juga menyatakan bahwa untuk meminimalisasi toksisitas logam berat, jamur mengembangkan mekanisme pertahanan.

Tabel 3. Derajat infeksi mikoriza akibat pemberian mikoriza dan logam berat

Perlakuan	Derajat infeksi mikoriza (%)	Kriteria
Kontrol (tanpa endomikoriza dan logam berat)	67,4 e	Kelas 4
L ₀ (endomikoriza dan tanpa logam berat)	83,4 abc	Kelas 5
L ₁ (endomikoriza dan logam berat Cd 1,5 ppm, Cu 20 ppm, dan Pb 60 ppm)	85,8 ab	Kelas 5
L ₂ (endomikoriza dan logam berat Cd 2,25 ppm, Cu 25 ppm, dan Pb 200 ppm)	81 abcd	Kelas 5
L ₃ (endomikoriza dan logam berat Cd 3 ppm, Cu 30 ppm, dan Pb 340 ppm)	90,8 a	Kelas 5

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 menurut uji BNT

SIMPULAN

Endomikoriza dapat menurunkan Cu, Pb tersedia tanah dan meningkatkan Cd tersedia tanah; menurunkan serapan Pb tanaman dan meningkatkan serapan Cd, Cu tanaman; serta meningkatkan derajat infeksi mikoriza.

arbuscular mycorrhizae and heavy metals under sand culture experiment. *Chemosphere* 50: 847-853.

Mukhlis ; Sarifuddin & H Hanum .2011. *Kimia Tanah Teori dan Aplikasi*. USU Press. Medan.

Munir E. 2006. *Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan*. Available at: <http://www.usu.ac.id> (diakses 26 Februari 2012).

DAFTAR PUSTAKA

BPTP. 2010. *Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung*. Balai pengkajian Teknologi Pertanian Suamtera Utara, Medan.

Gandjar I ; W. Sjamsuridzal & O Ariyanti. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Hanafiah AS ; T Sabrin & H Guchi. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Fakultas Pertanian USU, Medan.

Hanum C. 2009. *Ekologi Tanaman*. USU Press, Medan.

Hardjowigeno S. 2010. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta.

Liao J.P ; XG Lin ; ZH Cao ; YQ Shi ; MH Wong. 2003. *Interaction between*

Notodarmojo S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB, Bandung.

Palar H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.

Rosmarkam A & NW Yuwono. 2011. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius, Yogyakarta

Setyorini D ; R Saraswati & EK Anwar. 2009. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Availabel at: <http://balittanah.litbang.deptan.go.id> (diakses 6 Desember 2011).

Yulipriyanto H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.