

Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cd (Kadmium) Oleh Tumbuhan Ketul (*Bidens pilosa* L.) dengan Penambahan Mikoriza dan EDTA

Effectivity of Heavy Metal Cd (Cadmium) Absorption by Ketul (*Bidens pilosa* L.) Using The Addition of Mycorrhizal and EDTA

Watimena Nababan¹⁾, A. Wibowo Nugroho Jati²⁾, L. Indah Murwani²⁾
Jurusan Biologi Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari 44, Yogyakarta 55281 Indonesia
Email : watimenababan@gmail.com

Abstrak

Tumbuhan ketul (*Bidens pilosa* L.) memiliki potensi sebagai tanaman hiperakumulator untuk logam Cd. Penambahan EDTA dan mikoriza diharapkan dapat meningkatkan potensi tumbuhan ketul sebagai hiperakumulator logam Cd. EDTA yang merupakan senyawa pengkhelat yang akan membentuk kompleks ion dan nantinya akan berkolerasi sehingga translokasi logam Cd dari akar ke tajuk lebih mudah. Mikoriza memberikan mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur racun lainnya dengan menimbun unsur-unsur tersebut didalam hifanya. Adanya penambahan EDTA dan mikoriza pada tumbuhan ketul diteliti pengaruhnya terhadap akumulasi total logam Cd pada tumbuhan ketul dan pengaruh terhadap efektivitas serapan logam Cd pada tumbuhan ketul. Kadar logam berat Cd diukur menggunakan AAS. Hasil akumulasi total dan efektivitas serapan logam Cd dianalisis menggunakan *two way* ANOVA dan DMRT. Dari uji SPSS didapatkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=0,05 > \text{Sig}=0,014$ yang berarti dari ke empat perlakuan menunjukkan ada perbedaan yang signifikan terhadap total akumulasi logam Cd pada tumbuhan ketul dan efektivitas serapan logam Cd. Total akumulasi dari tertinggi ke rendah pada tumbuhan ketul adalah perlakuan kombinasi EDTA dan mikoriza 27,308 mg/L, EDTA 27,221 mg/L, Mikoriza 15,932 mg/L, serta perlakuan Kontrol sebesar 1,546 mg/L. Efektivitas serapan logam Cd dari tertinggi ke rendah adalah perlakuan kombinasi EDTA dan mikoriza 59,32%, EDTA 51,304%, Kontrol 47,589%, dan perlakuan mikoriza 25,545%.

Abstract

*Ketul (*Bidens pilosa* L.) has potential as a hyperaccumulator plant for Cd. The addition of EDTA and mycorrhiza is expected to increase the potential of ketul as a Cd metal hyperaccumulator. EDTA is a chelating compound that will form an ionic complex and will later be correlated so that the translocation of the Cd from the root to the canopy is easier. Mycorrhiza provides a mechanism of protection against heavy metals and other toxic elements by hoarding these elements in the hypha. The effect of the addition of EDTA and mycorrhiza in ketul on the total accumulation of Cd metal in the plant and the efficiency of Cd metal uptake in the plant is being studied. Heavy metal content of Cd is measured using AAS. The result of total accumulation and efficiency of Cd metal were analyzed using two way ANOVA and DMRT. From SPSS test, it is found that with 95% confidence level or $\alpha = 0,05 > \text{Sig} = 0,014$ meaning from four treatment showed there is significant difference in total accumulation of metal Cd in ketul and Cd metal*

absorption efficiency. Total accumulation from highest to lowest in ketul was combination treatment of EDTA and mycorrhiza 27,308 mg/L, EDTA 27,221 mg/L, mycorrhiza 15,932 mg/L, and control treatment 1,546 mg/L. The highest absorption efficiency of Cd metal from the highest to lowest was the combination of EDTA and mycorrhiza 59.32%, EDTA 51,304%, control 47,589%, and mycorrhiza treatment 25,545%.

Keywords : Phytoremediation, Ketul (*Bidens pilosa L.*), Cadmium (Cd), Mycorrhizal, EDTA

Pendahuluan

Kontaminasi pencemaran dapat ditemukan pada tanah maupun perairan. Pada tanah dan perairan dapat disebabkan oleh berbagai hal salah satunya adalah limbah. Limbah bisa berasal dari industri, pertambangan, residu pupuk, dan pestisida bahkan bekas instalasi senjata kimia. Nantinya limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan kontaminasi. Bentuk kontaminasi dapat berupa unsur dan substansi kimia berbahaya yang bisa mengganggu keseimbangan fisik, kimia, dan biologi tanah (Squires 2001; Matsumoto 2001; Wise 2000).

Kadmium (Cd) merupakan golongan logam berat yang umumnya dapat ditemukan pada tanah dan air dalam kadar namun dengan kadar rendah. Sumber kadmium dapat diperoleh dari sumber alami (gunung berapi), pertambangan maupun industri (bahan ikutan dari pengolahan dan produksi Pb, Zn, Cu, minyak, serta batu bara) (Dewi 2010). Kadmium dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup khususnya manusia, sehingga pada perairan hanya diperbolehkan 0,01 mg/L (PP No 82 Th 2001 Tentang Kualitas Air), sedangkan pada tanah kurang dari 1 $\mu\text{g Kg}^{-1}$ dan tertinggi 1700 $\mu\text{g Kg}^{-1}$,

yaitu pada tanah yang diambil dari pertambangan seng (Noertjahyani dan Sondari, 2009).

Ketul merupakan sejenis tumbuhan anggota suku Asteraceae, umumnya ditemukan liar sebagai gulma di tepi jalan, kebun, pekarangan, maupun pada lahan-lahan terlantar (Heyne, 1987). Suharno dkk (2014), meneliti tentang fungi mikoriza arbuskular (FMA) yang terdapat pada tumbuhan lokal di kawasan tailing tambang. Hasil penelitian menyatakan bahwa ditemukan infeksi fungi mikoriza arbuskular pada akar tumbuhan ketul (*Bidens pilosa L.*). Menurut Khan (2006), logam berat seperti Hg, Pb, Cd, As dapat difasilitasi FMA untuk stabilisasi logam dalam proses remediasi sehingga tidak membahayakan secara langsung di lingkungan. Hal ini yang menjadi keunggulan bagi tumbuhan ketul jika dibandingkan dengan tumbuhan yang dipakai dalam fitoremediasi sebelumnya.

Farid dkk. (2013) menyebutkan adanya penambahan EDTA pada tumbuhan dapat meningkatkan parameter pertumbuhannya bahkan toleransi tumbuhan tersebut terhadap lahan kering serta meningkatkan terakumulasinya beberapa logam

berat pada tumbuhan. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan juga penambahan EDTA pada tumbuhan ketul (*Bidens pilosa L.*) yang secara alami ditemukan bersimbiosis dengan mikoriza sehingga dapat meningkatkan potensi akumulator pada *Bidens pilosa L.* dalam menyerap logam berat.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah, bibit *Bidens pilosa L.*, larutan HNO₃, larutan HClO₄, air kran, aquades, alkohol, FAA, KOH 10%, HCl 1%, pestisida Decis, garam EDTA.Na₂ (EDTA teknis), pupuk mikoriza (Berkat Agro Jaya), dan Cd (CdSO₄) 100 mg/kg tanah. Alat yang digunakan adalah timbangan (Mettler Toledo tipe AL-204), mikroskop, cangkul, sekop, selang air, ember, polibag, wadah pembenihan, baki plastik, zeolit, kapas, Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer tipe 5100), lemari asam (Biobase tipe FH1000-X), waterbath shaker (Bioer tipe N1-13S), loyang, beker glass, erlenmeyer, mortar, gelas pengaduk, pipet tetes, pipet ukur, propipet, sendok, kertas buram, trash bag, dan kamera.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam pengujian efektifitas penyerapan Cd pada bunga ketul (*Bidens pilosa L.*) adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan sampel homogen dan penggunaan 4 variasi perlakuan. Perlakuan yang digunakan adalah kontrol (K), penambahan EDTA (E), penambahan mikoriza (M), dan kombinasi (O). Perlakuan masing-

masing dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

Tahapan Perlakuan

1. Penyemaian bibit ketul

Biji bunga ketul diperoleh dari tumbuhan ketul yang ditemukan tumbuh liar di lahan kosong. Biji lalu ditumbuhkan dalam polybag yang berisi tanah 1 kg hingga tumbuh tunas. Tanaman tumbuh di bawah kondisi lapangan terbuka dan tidak ada pupuk yang ditambahkan dilakukan untuk mensimulasikan tanaman sesuai dengan kondisi lapangan, kecuali tanaman yang akan digunakan dalam perlakuan mikoriza dan kombinasi diberi pupuk mikoriza terlebih dahulu mulai dari pembibitan. Pada saat penyemaian tanaman disemprot dengan menggunakan pestisida Decis sebanyak 2,5 ml/lit akuades, hal ini disebabkan adanya kutu daun yang menyerang beberapa tanaman

2. Tahapan perlakuan

Penelitian dilakukan dengan empat macam perlakuan berbeda dengan umur tanaman yang sama (± 60 hari), yaitu :

a. Perlakuan kontrol

Pada perlakuan ini tanah tidak diberikan perlakuan khusus. Tanaman uji digunakan dari tanaman yang ditumbuhkan pada tanah yang diperoleh dari lapangan dan disiram menggunakan air kran. Kondisi tanaman diperhatikan, meliputi tinggi, warna daun, dan jumlah daun dari awal perlakuan sampai pada hari ke 15 setelah perlakuan. Hal yang sama dilakukan untuk perlakuan lainnya.

b. EDTA

Pada perlakuan ini tanaman dicabut sementara kemudian tanah pada polybag dicampur dengan 1 gram

EDTA.Na₂ dan logam Cd 100 mg/kg tanah sesuai dengan konsentrasi yang digunakan pada penelitian Sun dkk. (2009). Tanah diaduk menggunakan gelas pengaduk hingga homogen.

c. Mikoriza

Pada perlakuan ini tanaman telah diberikan mikoriza terlebih dahulu pada saat pembibitan, sehingga pada saat masuk ke perlakuan tanaman di cabut dan pada tanah diberikan logam Cd 100 mg/kg tanah sesuai dengan konsentrasi yang digunakan pada penelitian Sun dkk. (2009).. Tanah diaduk dengan gelas pengaduk hingga homogen.

d. Kombinasi EDTA dengan mikoriza.

Pada perlakuan terakhir, tanah diberikan kombinasi pemberian EDTA dan mikoriza. Oleh karena perlakuan mikoriza dilakukan lebih awal dari perlakuan lainnya yaitu saat pembibitan, tanaman sementara dicabut kemudian tanah dicampur dengan EDTA sebanyak 1 gram dan logam Cd sebanyak 100 mg/kg tanah sesuai dengan konsentrasi yang digunakan pada penelitian Sun dkk. (2009).

3. Pengamatan simbiosis mikoriza dan *Bidens pilosa L.*

Pengamatan simbiosis mikoriza dan *Bidens pilosa L.* dilakukan dengan pengambilan sampel akar tanaman yang sebelumnya dibiarkan kering tidak disiram. Sampel akar tumbuhan diambil untuk identifikasi infeksi FMA (Fungi Mikoriza Arbuskular) pada tanaman. Data infeksi FMA penting karena FMA bersifat simbiotik obligat dengan tumbuhan.

Sampel akar tanaman diwarnai dengan metode pengecatan (Brundrett dkk., 1984) dengan beberapa modifikasi. Cara perlakuan

akar tumbuhan yakni dibersihkan dan difiksasi menggunakan larutan FAA (formalin-asam asetatalkohol; v= 5 : 5 : 90) selama 1 jam, direndam dengan larutan KOH 10% selama 24 jam, dilanjutkan dengan HCl 1% selama 24 jam. Setelah dicuci dengan larutan aquades, akar diwarnai dengan pewarna (staining) laktophenol cotton blue selama 24 jam. Akar yang telah diwarnai ini dapat diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 45x (Brundrett dkk., 1984; Vierheilig dkk., 2005).

4. Pengukuran dan penentuan penyerapan logam berat

a. Pengukuran Tanah Awal dan Tanah Akhir

Pada pengukuran tanah awal dan tanah akhir metode yang digunakan sama. Tanah awal pada tiap perlakuan diaduk menggunakan gelas pengaduk hingga homogen. Diambil ±4 gram untuk analisis total logam tanah awal. Pengambilan sampel tanah terakhir adalah dengan cara mencabut tanaman pada hari ke 15, kemudian tanah di aduk menggunakan gelas pengaduk hingga tanah yang dari dasar polybag tercampur dengan tanah yang diatas. Tanah diambil sebanyak ±4 gram dan disimpan pada wadah sampel. Tanah awal yang sudah disiapkan dari awal perlakuan serta tanah akhir perlakuan diberi larutan 3:1 HNO₃:HClO₄ (v/v), yaitu sebanyak 4,5ml HNO₃ dan 1,5 ml HClO₄. Tanah diaduk dan dihomogenkan. Setelah homogen tanah disaring menggunakan kertas saring dan dimasukkan dalam botol kaca, kemudian dilanjut dengan analisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

b. Analisis logam Cd pada Sampel Tanaman

Masing-masing perlakuan dengan ulangnya dicabut dibersihkan dari tanah kemudian tanaman direndam dalam larutan 0,01 M HCl untuk menghilangkan Cd eksternal dan dibilas dengan akuades. Kemudian tanaman dipisahkan menjadi akar, batang, daun dan bunga (atau biji), dan dikeringkan pada 100 °C selama 10 menit, kemudian pada 70 °C dalam oven sampai benar-benar kering, kemudian ditimbang untuk berat kering (*Dry Weight*) (Sun, 2009).

Sampel tanaman (akar, batang, daun, dan bunga (atau biji)) dihancurkan menggunakan mortar dan diberi larutan 3: 1 HNO₃: HClO₄ (v / v) sebanyak 4,5 ml HNO₃ serta 1,5 HClO₄. Sampel disaring menggunakan kertas saring dan ditambahkan 45 ml akuades, kemudian disimpan dalam botol sampel. Larutan dianalisis menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

c. Analisis data

Pengukuran kadar Cd yang terserap dilakukan dengan menggunakan alat AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) serta menghitung kandungan logam kadmium dalam tanah dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Hardiani, 2009) :

$$\text{Akumulasi Cd} = \frac{\text{berat logam (akar,batang,daun,biji,bunga)}}{\text{berat tanaman (akar,batang,daun,biji,bunga)}} \text{ mg kg}^{-1}$$

$$\text{Efektivitas serapan Cd} =$$

$$\frac{\text{berat total logam pada tanaman (akar+batang+daun+biji)}}{\text{berat logam dalam tanah awal}} \times 100\%$$

Data yang dikumpul diolah secara manual dengan bentuk tabel dan

grafik. Data yang telah disajikan, diinterpretasikan dan dianalisis. Untuk menganalisis data tersebut, digunakan Analysis of Variance (ANOVA) dengan dua arah dan untuk mengetahui letak beda nyata antarperlakuan digunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95 % dan keduanya dilakukan menggunakan program komputer SPSS versi 23.

Hasil dan Pembahasan

a. Akumulasi Logam Cd Pada Tumbuhan

Sampel dianalisis dengan menggunakan AAS lalu dihitung akumulasi logam Cd pada tiap bagian tumbuhan yaitu akar, batang, dan daun. Setelah didapat hasil akumulasi logam Cd pada tiap perlakuan dan pengulangan dilanjutkan dengan menghitung rata-rata dan total akumulasi Cd pada keseluruhan bagian tumbuhan. Hasil rerata akumulasi logam Cd ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rerata Akumulasi Logam Cd Pada Organ Tumbuhan

Perlakuan	Hasil Rerata Akumulasi (mg/L)			Rerata Total Akumulasi (mg/L)
	Akar	Batang	Daun	
K	0,389	0,653	0,503	1,546 ^a
E	1,435	8,718	17,069	27,221 ^c
M	3,277	8,705	3,949	15,932 ^b
EM	3,425	5,370	18,513	27,308 ^c

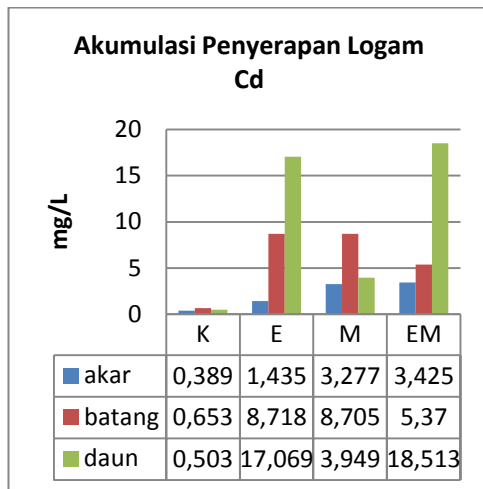
Keterangan :

K= Kontrol

E= EDTA

M= Mikoriza

EM= EDTA+Mikoriza



Hasil rerata tertinggi di akar adalah di perlakuan M dan rerata terendah adalah pada perlakuan K. Hasil rerata tertinggi di batang adalah pada perlakuan E dan terendah pada perlakuan K. Hasil rerata tertinggi di daun adalah pada perlakuan EM dan terendah pada perlakuan K. Hasil rerata total akumulasi logam pada *Bidens pilosa L.* juga menunjukkan bahwa yang tertinggi adalah pada perlakuan EM sedangkan terendah pada K.

Hasil rerata akumulasi pada organ *Bidens pilosa L.* dan total akumulasi secara keseluruhan *Bidens pilosa L.* menunjukkan bahwa perlakuan K yaitu Kontrol mendapat hasil terendah jika dibanding dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan pada perlakuan ini tidak diberi penambahan EDTA maupun mikoriza. Sebagaimana diketahui EDTA berfungsi sebagai senyawa pengkhelat yang nantinya akan mengikat logam berat melalui ikatan koordinasi (Palma dan Nicola, 2012).

Gugus fungsi dalam jaringan tanaman yang berfungsi sebagai pengikat logam adalah gugus amina (-NH₂), gugus karboksil (-COOH), dan gugus sulfidril (-SH). Gugus-gugus tersebut terdapat dalam

protein, pengikatan protein terhadap logam ditunjukkan dalam Gambar 6. Pada jaringan tanaman juga terdapat dinding sel yang disusun atas lignin dengan gugus hidroksil (-OH) dan lignin. Penyerapan kontaminan diikuti dengan penyerapan nutrient dan air oleh akar tumbuhan hingga ke daun (Yang dkk., 2005).

Pada perlakuan K juga tidak diberi penambahan mikoriza, padahal dengan adanya mikoriza dapat mempercepat usaha fitoremediasi (Arisusanti dan Purwani, 2013). Usaha mikoriza dalam mempercepat fitoremediasi adalah dengan berperan sebagai biokontrol penyerapan logam berat sehingga nantinya dapat menghindarkan tanaman dari keracunan logam berat (Tisdall, 1991). Logam Cd merupakan logam yang memiliki penyebaran luas di alam, sehingga pada tanah pasti terkandung logam Cd walaupun hanya dengan konsentrasi yang kecil (Darmono, 2008). Adanya kandungan logam Cd pada tanah dan tidak adanya penambahan zat pengkhelat maupun mikoriza menyebabkan penyerapan logam Cd rendah pada perlakuan K jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Akumulasi logam Cd tertinggi ke rendah pada perlakuan K adalah pada organ batang 0,653 mg/L, daun 0,503 mg/L, serta akar 0,389. Total akumulasi pada perlakuan K adalah sebesar 1,546 mg/L. Oleh karena tidak adanya agen pengkhelat dan mikoriza yang membantu dalam penyerapan sehingga hasil akumulasi yang didapat oleh perlakuan K sangat kecil jika dibanding dengan

perlakuan yang lain. Tumbuhan akan menyerap elemen dari lingkungannya. Dalam proses penyerapan tumbuhan akan menunjukkan sifat selektivitas namun terkadang tumbuhan dapat menyerap elemen yang tidak diperlukan, seperti logam Cd (Taiz, 2010).

Akumulasi yang kecil ini juga membawa pengaruh terhadap tinggi tumbuhan ketul. Tumbuhan dapat tetap bertambah tinggi karena konsentrasi yang terserap masih dapat diterima oleh tumbuhan tersebut dan tidak mengganggu aktivitas fotosintesis dari tumbuhan tersebut. Pada umumnya tanaman yang tumbuh pada lahan terkontaminasi masih dapat tumbuh dengan normal, namun laju fisiologi pada tanaman tersebut telah berubah (Sutrisno dan Kuntastyuti, 2013). Kisaran logam Cd sebagai pencemar dalam tanaman adalah 0,2-0,8 ppm (Soepardi, 1993) dengan batas kritis 10-20 µg/gram bahan kering dalam tanaman (Pratiwi, 2012).

Pada perlakuan E yaitu penambahan EDTA, mendapat hasil akumulasi tertinggi pada organ batang yaitu 8,718 mg/L. Pada organ lainnya yaitu akar dan daun adalah masing-masing sebesar 1,435 mg/L dan 17,069. Rerata total akumulasi pada keseluruhan organ *Bidens pilosa L.* dengan perlakuan E adalah 27,221 mg/L.

EDTA merupakan senyawa pengkhelat yang membantu penyerapan logam oleh tumbuhan dengan membentuk kompleks dengan ion logam. Kompleks EDTA yang dimaksud akan stabil dengan ion logam divalent jika berada dalam larutan basa atau sedikit asam

(Vogel, 1994). Pada saat pengukuran pH tanah adalah 6.

Adanya penambahan EDTA pada tanah yang tercemar logam Cd akan membentuk kompleks ion dan nantinya akan berkolerasi sehingga translokasi logam Cd dari akar ke tajuk lebih mudah. Penyerapan logam Cd oleh tanaman lebih mudah karena permeabilitas membran terhadap molekul besar adalah sedang. Hal ini mengakibatkan molekul EDTA yang telah membentuk kompleks dengan logam lebih mudah menembus membran, sehingga lebih mudah diserap atau diangkut (Hidayati, 2013).

Dari Tabel 1. dapat dilihat bahwa logam terserap hingga ke daun dan konsentrasi di daun mencapai 17,069 mg/L. Tumbuhan yang menyerap logam Cd dengan konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan tumbuhan tersebut keracunan. Tanda-tanda tumbuhan keracunan logam Cd adalah pada tumbuhan terjadi khlorosis dan layu (Noertjahyani dan Sondari, 2009).

.Pada perlakuan M yaitu dengan penambahan mikoriza mengalami penyerapan tertinggi pada organ akar. Rerata logam Cd yang terserap di akar adalah 8,705 mg/L, kemudian tertinggi kedua adalah pada daun 3,949 mg/L, yang terakhir adalah 3,277 mg/L pada batang serta rerata total akumulasi logam Cd pada perlakuan M adalah 15,932 mg/L. Penambahan mikoriza pada perlakuan ini bertujuan untuk mengetahui adanya peningkatan akumulasi logam Cd pada *Bidens pilosa L.* dengan cara bersimbiosis dengan akar tumbuhan. Mekanisme perlindungan yang diberikan oleh mikoriza untuk melindungi

tumbuhan dari logam berat adalah melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau akumulasi unsur tersebut dalam hifa (Aprilia dan Purwani, 2013).

Adanya mekanisme perlindungan ini menyebabkan total logam yang terakumulasi pada daun rendah jika dibanding dengan perlakuan E dan EM sehingga kandungan klorofil pada tumbuhan tidak terganggu dan pertumbuhan *Bidens pilosa L.* mengalami kenaikan dari rerata tinggi awalnya 21,33 cm menjadi 24,66 cm. Kontribusi mikoriza dalam meningkatkan adaptasi tanaman terhadap stress lingkungan dan adalah melalui proses fitostabilisasi (Amnah, 2015).

Tingginya akumulasi logam Cd pada akar *Bidens pilosa L.* disebabkan karena kemampuan mikoriza dalam meningkatkan penyerapan logam berat dan mengimobilisasikannya didalam hifa. Penyerapan logam berat ke dalam hifa dipengaruhi oleh khitin pada dinding hifa yang berperan penting dalam pengikatan logam (Zhou, 1999). Logam berat tersebut akan disimpan di dalam akar sehingga kadar logam akan lebih besar di akar jika dibandingkan dengan organ tumbuhan lainnya seperti batang dan daun (Gamal, 2005). Bindu dkk. (2009) juga menyebutkan bahwa, logam yang tersimpan didalam akar merupakan strategi dari tumbuhan untuk mencegah adanya gangguan fotosintesis. logam akan diimobilisasi sehingga tumbuhan akan toleran terhadap logam.

Menurut Hanum (2009) mikoriza memberikan mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur racun lainnya dengan

menimbun unsur-unsur tersebut didalam hifanya. Menurut Bindu dkk. (2009), adanya logam Cd yang terakumulasi juga pada akar dan daun disebabkan karena sifat Cd yang mudah ditransportasikan dari akar menuju daun walaupun akumulasi yang ada pada batang dan daun tidak sebesar diakar karena adanya simbiosis mikoriza tersebut.

Perlakuan yang terakhir adalah EM yaitu, penambahan EDTA dan Mikoriza pada tanah. Tujuan dari penambahan ini adalah memaksimalkan penyerapan logam Cd oleh tumbuhan ketul. EDTA akan membantu akumulasi penyerapan hingga ke tajuk menjadi lebih mudah karena adanya pembentukan kompleks oleh EDTA (Hidayatim 2013). Mikoriza akan membantu akumulasi logam Cd pada tumbuhan ketul dengan cara simbiosis dengan akar dan akan menimbun logam Cd pada akar (Gamal, 2005).

Hasil akumulasi pada perlakuan EM tertinggi didapat pada daun yaitu 18,513 mg/L. Pada batang dan akar akumulasi logam Cd adalah 5,37 mg/L dan 3,425 serta rerata total akumulasi logam Cd adalah 27,308 mg/L. Seperti yang diketahui Cd akan dengan mudah diserap oleh tumbuhan, hal ini disebabkan mudahnya kelarutan Cd dalam air (Simon, 1977). Mikoriza akan membantu dalam akumulasi logam di akar dan EDTA akan membantu pendistribusian dari akar menuju daun. Namun, dengan terdistribusinya logam Cd hingga ke daun mengakibatkan pertumbuhan *Bidens pilosa L.* pada perlakuan EM tidak mengalami peningkatan yang

besar jika dibandingkan dengan perlakuan K dan M.

Hal ini disebabkan akumulasi logam berat yang terdapat dalam tumbuhan *Bidens pilosa L.*. Adanya logam berat pada tumbuhan akan mengganggu kerja enzim dengan cara modifikasi protein, sehingga akan mengakibatkan gejala defektivitas dan juga pertumbuhan tanaman yang melambat akibat kerusakan oksidatif pada jaringan tanaman yang disebabkan karena terbentuknya oksigen reaktif (Leyval dkk., 2002).

Logam Cd termasuk dalam ion-ion logam transisi, sehingga menjadikan Cd bersifat *mobile* di dalam tanah karena ada proses asidifikasi dari rhizosfer dan sekresi khelat oleh akar. Cd akan diserap dan dibawa melalui jalur simplas di akar dari sel ke sel menuju lapisan endodermal melalui protein transport di membrane plasma sel-sel akar. Immobilisasi dan penyimpanan logam berat terjadi terutama di vakuola sel akar. Logam harus dibawa menuju xylem secara apoplas untuk didistribusikan ke daun. Setelah mencapai daun, Cd akan masuk dalam sel dan mengaktifasi pembentukan ligan Cd yang disebut fitokhelatin oleh enzim fitokhelatin sintasel (AtPCS1) di sitoplasma (Kaya dkk., 2009).

Adanya distribusi logam Cd hingga ke daun pada perlakuan EM menyebabkan tumbuhan pada perlakuan ini mengalami klorosis cokelat, nekrosis bahkan kematian sama seperti yang dialami pada tumbuhan di perlakuan E.

b. Kandungan Logam Pada Tanah dan Efektivitas Serapan Logam Cd

Kandungan logam Cd yang terdapat di tanah selama penelitian mengalami penyerapan oleh *Bidens pilosa L.* Hasil selisih penyerapan logam tanah awal dan tanah akhir pada tiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2 .

Tabel 2. Hasil Selisih Kandungan Cd

Perlakuan	Kandungan Cd (mg/L)		Selisih Tanah
	Awal	Akhir	
K	3,196	3,065	0,131
E	53,860	37,636	16,223
M	61,915	40,331	21,583
EM	46,301	39,630	6,671

Rerata Tanah Awal dan Tanah Akhir

Keterangan :

K= Kontrol

E= EDTA

M= Mikoriza

EM= EDTA+Mikoriza

dapat dilihat bahwa selisih penyerapan terbesar terdapat pada perlakuan M yaitu sebesar 21,583, dan terendah pada kontrol. Hal ini tidak sebanding dengan rerata total akumulasi logam Cd pada tiap perlakuan (Tabel 1.). Perlakuan EM merupakan perlakuan yang memiliki rerata total akumulasi logam Cd yang tinggi jika dibanding dengan perlakuan M. Mikoriza memiliki cara mempertahankan kolonisasinya dalam akar pada tanah yang tercemar logam berat dengan mekanisme khelasi logam pada dinding sel hifa (Gamal, 2005) dan immobilisasi logam oleh glomalim (Khan, 2006). Selain itu faktor yang menyebabkan kandungan logam Cd masih terdapat dalam tanah adalah adanya mekanisme pertahanan pada tanaman untuk melawan cekaman Cd. Mekanismenya dengan mensekresikan eksudat berupa malat atau sitrat untuk mengikat ion logam sehingga mencegah penyerapan oleh

akar sehingga logam hanya akan terikat disekitar akar namun tidak diserap (Astrini dkk., 2014).

Kadar logam Cd total yang tertinggal di dalam tanah juga dipengaruhi oleh besarnya serapan logam oleh tanaman, pemberian perlakuan pada tumbuhan serta faktor-faktor tanah dan lingkungan. Beberapa faktor tanah yang mempengaruhi serapan logam yaitu: jenis dan komposisi mineralogi, jenis logam dan interaksinya dengan koloid tanah, konsentrasi logam dan sifat-sifat kimia tanah seperti pH, temperatur dan KTK (Suharno dan Sancayaningsih, 2013).

c. Efektivitas Penyerapan Logam Cd

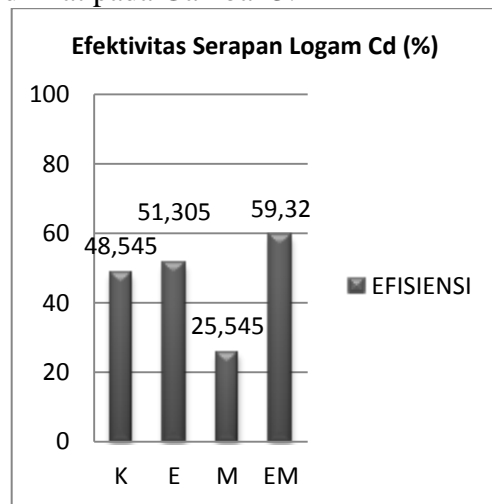
Perhitungan efektivitas penyerapan logam Cd oleh tumbuhan perlu dilakukan untuk melihat pada perlakuan mana yang memiliki efisien paling besar dalam menyerap logam Cd dari tanah. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 11. Pengaruh pemberian perlakuan terhadap efektivitas penyerapan logam Cd pada *Bidens pilosa L.* dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) yang kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT), untuk melihat ada tidaknya antarperbedaan perlakuan dengan organ tanaman pada tingkat kepercayaan 95%. Hasil SPSS dapat dilihat pada Lampiran 4. Dari uji SPSS didapatkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=0,05 > \text{Sig}= 0,014$ yang berarti dari ke empat perlakuan menunjukkan ada perbedaan yang signifikan terhadap efektivitas serapan logam Cd. Uji ini kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

Tabel 5. Efektivitas Serapan Logam Cd Pada Tiap Perlakuan

Perlakuan	Efektivitas (%)
K	47,589 ^b
E	51,304 ^b
M	25,545 ^a
EM	59,320 ^b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata hasil efektivitas antartiap perlakuan ($\alpha = 0,05$)

Dari hasil perhitungan efektivitas serapan logam Cd dan hasil pengolahan data menggunakan SPSS dapat dilihat bahwa antara perlakuan K, M, dan EM menunjukkan tidak adanya perbedaan efektivitas serapan logam Cd, sedangkan pada perlakuan M memberikan pengaruh yang signifikan dengan ketiga perlakuan lainnya.. Perbedaan tingkat efektivitas lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Dari Gambar 15. dapat dilihat bahwa tingkat efektivitas yang tertinggi adalah pada perlakuan EM dan terendah pada M. Penyebab efektivitas tertinggi pada perlakuan EM didukung dengan total akumulasi logam Cd yang tinggi

pada *Bidens pilosa L.*, seperti yang telah dijelaskan pada hasil akumulasi E dan M bahwa adanya penambahan EDTA dan mikoriza meningkatkan daya akumulasi logam Cd pada *Bidens pilosa L.*

Menurut Yusuf (2014), konsentrasi awal logam dalam tanah berpengaruh terhadap nilai efektifitas penyerapan. Pada perlakuan M mendapat efektifitas terendah dikarenakan perbandingan yang cukup signifikan pada total akumulasi logam Cd dengan tanah awal pada perlakuan ini. Jika dilihat rerata total akumulasi pada perlakuan M adalah sekitar 15,932 mg/L sedangkan pada tanah awal didapat konsentrasi sebesar 61,915 mg/L. Semakin tinggi konsentrasi dan waktu kontak tumbuhan dengan logam akan berpengaruh terhadap situs aktif pada tumbuhan yang akan mengikat logam. Situs aktif akan jenuh oleh ion logam sehingga tumbuhan akan mengalami penurunan penyerapan (Mohamad, 2013).

Perlakuan E memiliki efektifitas tertinggi kedua setelah perlakuan EM. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan EDTA pada tumbuhan sehingga meningkatkan kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam berat meskipun dalam konsentrasi logam yang tinggi ditanah awal (Mohamad, 2013). Perlakuan K memiliki efektifitas serapan logam tertinggi ketiga setelah perlakuan E. Konsentrasi tanah awal yang rendah mengakibatkan tumbuhan dapat menyerap logam dengan baik karena adanya situs aktif yang dapat mengikat logam (Mohamad, 2013).

Simpulan dan Saran

A. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan selama Februari-Mei 2017 maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian EDTA pada perlakuan E memberikan pengaruh rerata total akumulasi logam Cd pada *Bidens pilosa L.* sebesar 27,22 mg/L ; pemberian mikoriza pada perlakuan M memberikan pengaruh rerata total akumulasi logam Cd pada *Bidens pilosa L.* sebesar 15,932 mg/L ; dan pemberian kombinasi EDTA dan mikoriza pada *Bidens pilosa L.* memberikan pengaruh rerata total akumulasi logam Cd tertinggi dibanding dengan perlakuan E dan perlakuan M yaitu sebesar 27,308 mg/L
2. Perlakuan kombinasi EDTA dan mikoriza lebih efektif dalam membantu penyerapan logam Cd pada *Bidens pilosa L.* dengan efektifitas serapan Cd sebesar 59,32%. Efektivitas pada perlakuan E dan M adalah sebesar 51,305% dan 25,545%.

B. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan harus memastikan terlebih dahulu konsentrasi logam Cd pada tanah awal yang belum dijadikan media tanam bagi *Bidens pilosa L.* Pengaruh perbedaan umur tumbuhan dan lama waktu kontak tumbuhan dengan logam Cd serta konsentrasi EDTA yang digunakan perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian selanjutnya juga dapat menguji efektifitas penyerapan logam selain logam Cd, sehingga dapat dibandingkan efektifitas *Bidens pilosa L.* lebih baik pada logam Cd atau logam lainnya.

Daftar Pustaka

- Aprilia, D. D., dan Purwani, K.I. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Euphorbia milii*. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Arisusanti, R. J. dan Purwani, K. I. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam timbal Pb pada tanaman *Dahlia pinnata*. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 2(2):2337-3520
- Amnah, R. 2015. Pengaruh mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan dan serapan Pb dan Cd pada tanaman *Mucuna pruriens* pada tanah yang dicemari logam berat. *Tesis*, Fakultas Pertanian. Program Magister Agroekoteknologi. Fakultas Pertanian. USU.
- Astrini, Y., Yuniati, R., dan Salamah, A. 2014. Analisis Pengaruh Pemberian Logam Berat (Pb, Cd, Cu) Terhadap Pertumbuhan *Melastoma malabathricum* L. *Skripsi S-1*. FMIPA UI.
- Awotoye, O. O., Adewole, M.B., Salami, A. O., dan Ohiembor, M. O. 2009. Arbuscular mycorrhiza contribution to the growth performance dan heavy metal uptake of *Helianthus annuus* Linn in pot culture. *African Journal of Environmental Science dan Technology* 3(6): 157-163.
- Bindu, T., Sumi, M.M., dan Ramasamy, E.V. 2009. Decontamination of water polluted by heavy metals with Taro (*Colocasia esculenta*) cultured in a hydroponica NFT system. *Environmentalist*. 35-40
- Brundrett, M.C., Piche, Y., dan Peterson, R.L., 1984. A New Method for Observing the Morphology of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae. *Can. J. Bot.* 62:2128–2134.
- Darmono. 2008. Lingkungan Hidp dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press, Jakarta.
- Dewi, K.S.P. 2010. Tingkat Pencemaran Logam Berat (Hg, Pb, Cd) didalam Sauran, Air Minum dan Rambut di Denpasar, Gianyar, dan Tabanan. *Skripsi S1*. Bali : Universitas Udayana.
- Farid, M., Ali, S., Shakoor, M. B., Bharwana, S. A., Rizvi, H., Ehsan, S., Tauqeer, H. M., Iftikhar, U., dan Hanna, F. 2013. EDTA assisted phytoremediation of cadmium, lead, zinc. *Inter J of Agro dan Plant Prod* 4(11): 2833-2846.
- Gamal, H. R. 2005. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of soil rhizosfer spiked with poly aromatic hydrocarbons. *Mycobiol.* 33 (1):41-50.
- Hanum, C. 2009. *Ekologi Tanaman*. USU Press. Medan.
- Hidayati, N. 2013. *Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat*. Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia . Bogor.
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia. Jilid I dan II. Terj. Badan Libang Kehutanan*. Cetakan I. Koperasi karyawan Departemen Kehutanan Jakarta Pusat.
- Kaya, G., Ozcan, C., dan Yaman, M. 2009. Flame atomic absorption spectrometric determination of Pb, Cd, and Cu in *Pinus nigra* L. and *Eriobotrya japonica* leaves used as biomonitors in environmental pollution. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*. 84:191-196.
- Khan, A. G. 2006. Mycorrhizoremediation: an enhanced form of phytoremediation. *J Zhejiang Univ Science B* 7(7): 503-514.
- Leyval, C., E. J. Joner, Val C del and K. Haselwandter. 2002. *Potential of arbuscular mycorrhizal fungi for bioremediation*. In: Gianinazzi S, Schuepp H, Barea JM, Haselwandter K (eds) *Mycorrhizal Technology in Agriculture*. Burkhiluser Verlag, Switzerland.
- Matsumoto S. 2001. Soil degradation and desertification in the world, and the challenge for vegetative rehabilitation. Di dalam: *Prosiding Workshop Vegetation Recovery in*

- Degraded land Areas*. Kalgoorlie, Australia, 27 Okt-3 Nov 2001. hlm 1-10.
- Mohamad, E. 2013. Pengaruh variasi waktu kontak tanaman bayam duri terhadap adsorpsi logam berat kadmium (Cd). *Jurnal Entropi*, 8(1):562-571.
- Noertjahyani dan Sondari, N. 2009. Efek takaran zeolium terhadap pertumbuhan kadar kadmium pupus dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada cekaman logam berat kadmium. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 8(2):76-82.
- Palma, L and Nicola V. 2012. Metals Extraction from Contaminated Soils: Model Validation and Parameters Estimation. *Journal of The Italian Association of Chemical Engineering* 28, 193-198.
- Pratiwi, H. 2012. Studi Bioavailabilitas Logam Berat (Cd dan Pb) Dalam Tanah dan Penyerapannya Pada *Brassica juncea* L. (Sawi Hijau) dengan Teknik Diffusive Gradient In Thin Film (DGT). *Skripsi S-1*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Program Studi Kimia, Universitas Indonesia.
- Simon, E. 1977. Heavy metals in soils, vegetation development and heavy metal tolerance in plant populations from metalliferous areas. *New Phytologist*. 1:75-188.
- Squires VR. 2001. Soil pollution and remediation: issues, progress and prospects. Di dalam: *Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded land Areas*. Kalgoorlie, Australia, 27 Okt-3 Nov 2001. hlm 11-20.
- Suharno dan Sancayaningsih, R.P., 2013. Fungi Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizoremediasi Logam Berat Dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Bioteknologi*. 10(1):31-42.
- Suharno, Sancayaningsih.R.P., Soetarto, E. S., dan Kasiamdari, R.S. 2014. Keberadaan fungi mikoriza arbuskula di kawasan tailing tambang emas Timika sebagai upaya rehabilitasi lahan ramah lingkungan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(3): 295-303.
- Sun, Y., Qixing, Z., Wang, L., dan Liu, W. 2009. Cadmium tolerance and accumulation characteristics of *Bidens pilosa* L. as a potential Cd-hyperaccumulator. *Journal of Hazardous Materials* 161 (2009) 808-814
- Sutrisno dan Kuntastyuti, H. Pengelolaan Cemar Kadmium Pada Lahan Pertanian Di Indonesia. 2015. *Buletin Palawija* 13(1); 83-91.
- Taiz, L. 2010. *Plant Physiology*. Fifth Edition. Sunderland : Sinauer Associates, Inc.
- Tisdall, J.M. 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. *J. Soil Res.* 29:729-743. Australia
- Vierheilig, H., Schweiger, P., dan Brundrett, M. 2005. An Overview of Methods for the Detection and Observation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Roots. *Physiologia Plantarum*. 125:393-404.
- Vogel. (1994). *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Alih Bahasa P. Hadyana. A dan Setiono. L. Jakarta: Buku Kedokteran EGC. Hal: 259 - 439.
- Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U. 2000. *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc.
- Yang, X., Feng, Y., Zhenli, H., Stoffella, P. J., 2005. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4): 339-353.
- Yusuf, M. 2014. fitoremediasi tanah tercemar logam berat Pb dan Cd dengan menggunakan tanaman lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*). *Skripsi S-1*. Teknik lingkungan Jurusan Sipil fakultas teknik UNHAS.
- Zhou, J. L. 1999. Zn biosorption by rhizopus arrhizus and other fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51: 686-693.

