

# JURNAL

## POTENSI TANAMAN ALFALFA (*Medicago sativa* L.) SEBAGAI FITOREMEDIATOR TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)

Disusun Oleh:

**Redita Tonapa**

**NPM: 100801125**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
YOGYAKARTA  
2015**

# Potensi Tanaman Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Sebagai Fitoremediator Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb)

## The Potential of Alfalfa Plants (*Medicago sativa* L.) As Phytoremediator in Lead (Pb)-Contaminated Soils

Redita Tonapa<sup>1</sup>, L. Indah Murwani Yulianti<sup>2</sup>, P. Kianto Atmodjo<sup>3</sup>  
Program Studi Teknobiologi Lingkungan, Fakultas Teknobiologi  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
reditatonapa@gmail.com

### Abstrak

Tanaman alfalfa (*Medicago sativa*) merupakan tanaman leguminosa yang memiliki sistem perakaran yang sangat banyak, kuat dan menyebar di dalam tanah. Selain itu kenakeragaman genetiknya tinggi, sehingga memberi keunggulan dalam hal daya tahan di tanah yang kurang menguntungkan seperti kondisi tanah yang kering atau miskin hara. Hal-hal tersebut diduga membuat tanaman alfalfa memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman alfalfa pada media tanah dengan berbagai variasi konsentrasi Pb dan mengetahui potensinya dalam meremediasi tanah tercemar logam berat Pb. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan perlakuan variasi konsentrasi Pb yaitu 0, 250, 500 dan 750 ppm. Parameter yang digunakan adalah kandungan Pb dalam tanah dan tanaman, tinggi tanaman, luas daun, panjang akar, berat kering dan perubahan fenotip. Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA dan dilanjutkan DMRT untuk mengetahui letak beda nyata. Hasil penelitian menunjukkan variasi konsentrasi Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> berpengaruh terhadap tinggi tanaman, luas daun, panjang akar dan berat kering. Tanaman alfalfa memiliki kemampuan untuk mengakumulasi Pb. Tanaman alfalfa memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal menggunakan mekanisme fitoekstraksi atau fitoakumulasi yang ditunjukkan dengan nilai faktor transfer >1, tetapi kurang efektif (nilai FT < 20).

Kata kunci : Tanaman Alfalfa, *Medicago sativa*, fitoremediator, tanah, timbal

### Pendahuluan

Perkembangan dan kemajuan teknologi yang berhubungan dengan pembangunan di sektor industri banyak memberikan keuntungan bagi manusia, akan tetapi kemajuan teknologi juga memberikan dampak yang buruk pada manusia. Pembangunan di bidang industri tidak jarang menimbulkan dampak negatif berupa limbah yang dihasilkan baik dalam bentuk padat, cair dan gas (Khasanah, 2009). Limbah industri merupakan toksikan yang sangat berbahaya, terutama yang melibatkan logam berat dalam proses produksinya (Palar, 1994).

Timbal (Pb) yang juga sering disebut timah hitam (lead) merupakan salah satu logam berat yang cukup berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia melalui air minum, makanan atau udara dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem

hemopoitik serta sistem syaraf pusat (otak) terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasan (Widowati, 2008).

Timbal (Pb) dapat ditemukan secara alami di alam atau sebagai akibat kegiatan manusia. Kegiatan manusia yang memberikan andil besar adalah penggunaan kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi Pb in organik. Selain itu kegiatan industri yang memakai Pb sebagai bahan baku, seperti industri pengecoran, baterai, bahan bakar, dan sebagainya berpotensi dalam meningkatkan kadar pencemaran Pb di tanah.

Upaya pemulihan perlu dilakukan agar tanah yang tercemar dapat digunakan kembali dengan aman. Salah satu metode yang aplikatif dan diharapkan mampu menangani masalah pencemaran logam berat pada tanah adalah fitoremediasi yaitu metode menggunakan tumbuhan untuk menurunkan bahan pencemar dengan cara menyerap dan mentransformasi logam berat dalam sel jaringan. Metode fitoremediasi mempunyai keunggulan diantaranya sederhana, efisien, murah dan ramah lingkungan (Schanoor dan Cutcheon, 2003).

Pada penelitian ini tanaman yang akan dimanfaatkan untuk proses remediasi adalah tanaman alfalfa (*Medicago sativa* L.). Pemilihan alfalfa sebagai fitoremediator pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa tanaman alfalfa memiliki sistem perakaran yang sangat banyak, kuat, dan menyebar di dalam tanah. Selain itu keanekaragaman genetiknya tinggi, sehingga memberi keunggulan dalam hal daya tahan di tanah yang kurang menguntungkan, seperti kondisi tanah yang kering atau miskin hara. Tanaman alfalfa juga memiliki kemampuan menambat N<sub>2</sub> dari udara, sehingga tanaman ini tidak perlu berkompetisi dengan mikrobia tanah dan tanaman lain untuk memperoleh N<sub>2</sub> yang jumlahnya berkurang akibat pencemaran petroleum hidrokarbon (PHK) (Gudin dan Syrratt, 1975).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman alfalfa pada media tanah dengan berbagai variasi konsentrasi Pb dan mengetahui potensi tanaman alfalfa dalam meremediasi tanah tercemar logam berat Pb.

## **Metode Penelitian**

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan di Kebun Biologi Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Laboratorium Chem-Mix Pratama dan Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada. Penelitian dilaksanakan pada pertengahan bulan Agustus sampai Desember 2014.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat variasi perlakuan dengan tiga kali ulangan. Sebagai perlakuan adalah konsentrasi logam berat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  yang berbeda-beda yaitu 0, 250, 500 dan 750 ppm.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain polibag ukuran 30 x 30 cm, cangkul, timbangan analitik, gelas ukur, pipet, propipet, mortar, alu, labu kjeldahl, saringan (425 mesh), AAS (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*), oven, penggaris, spidol dan gunting.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain tanaman alfalfa (*Medicago sativa* L.) berumur satu tahun yang diperoleh dari Etawa Farm Tawangmangu, aquades,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$ ), asam perklorat ( $\text{HClO}_4$ ), kertas HVS, kertas label, pupuk kandang (kotoran kambing etawa) dan tanah yang berasal dari Etawa Farm (Tawangmangu).

### **Tahapan penelitian**

#### **1. Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman**

Tanaman alfalfa berumur satu tahun diperoleh dari Etawa Farm, Tawangmangu. Tanaman dicabut hingga akar kemudian dimasukkan ke dalam polibag yang sebelumnya telah diisi tanah dari habitat asli tanaman tersebut diambil. Masing-masing polibag berisi satu tanaman alfalfa. Polibag berisi tanaman alfalfa kemudian dipindah ke rumah kaca untuk perlakuan aklimatisasi.

#### **2. Aklimatisasi (Rismawati, 2012)**

Tanaman alfalfa dipelihara pada rumah kaca selama satu minggu dan disiram dengan air secukupnya ( $\pm 100$  ml) selama jangka waktu pemeliharaan tersebut. Aklimatisasi ini bertujuan supaya tanaman uji dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan sekitar. Setelah satu minggu dilakukan pemilihan tanaman uji yang stabil. Tanaman dikatakan stabil apabila tanaman tumbuh subur dan tidak mengalami kematian.

#### **3. Pemberian Perlakuan Logam (Onggo, 2009)**

Konsentrasi logam berat timbal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 250, 500, dan 750 ppm. Tanah terkontaminasi logam berat timbal (Pb) didapatkan dengan mencemari media tanam dengan pencemar buatan logam berat timbal. Pencemar buatan logam berat timbal didapatkan dengan cara melarutkan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dalam aquades.

Media tanam yang digunakan sebanyak 4 kg dengan perbandingan tanah yang berasal dari Etawa Farm dan pupuk kandang adalah 3:1. Larutan Pb nitrat dituangkan kedalam baskom berisi media tanam kemudian diaduk hingga homogen dan dimasukkan ke dalam polibag. Selanjutnya tanaman alfalfa ditanam dalam media tanam yang telah ditambahkan pencemar buatan logam berat timbal.

#### 4. Pengukuran Parameter Pertumbuhan

Penelitian dilakukan selama 21 hari dengan interval (0, 7, 14 dan 21) hari dengan tiga kali pengulangan. Parameter yang diteliti sebagai berikut:

##### a. Pengukuran tinggi tanaman

Tinggi tanaman diukur dengan menggunakan penggaris bersatuan centimeter (cm). Pengukuran dilakukan dari permukaan tanah sampai ujung titik tumbuh tertinggi.

##### b. Pengamatan fenotip dan pengukuran luas daun

Luas daun dapat diketahui dengan menggunakan metode gravimetri, yaitu mencetak daun. Prosedur menghitung luas daun adalah sebagai berikut: daun yang akan diukur luasnya diberi label, karena daun yang diamati tetap. Dengan menggunakan pensil dan papan gambar, daun digambar diatas kertas HVS. Replika daun kemudian digunting dari kertas yang berat dan luasnya sudah diketahui. Luas daun ditaksir berdasarkan perbandingan berat replika daun dan berat total kertas seperti berikut:

$$LD = \frac{W_r}{W_t} \times LK$$

Keterangan:

LD = luas daun (cm<sup>2</sup>)

W<sub>r</sub> = berat kertas replika daun (gram)

W<sub>t</sub> = berat total kertas (gram)

LK = luas total kertas (cm<sup>2</sup>)

##### c. Pengukuran panjang akar

Akar tanaman diukur menggunakan penggaris bersatuan centimeter (cm). Pengukuran dilakukan dari pangkal tanaman sampai ujung akar pada akhir pengamatan.

##### d. Analisis kandungan logam berat pada tanah dan tanaman

Analisis kandungan logam berat pada tanah dilakukan pada hari ke-0 dan ke-21, sedangkan pada tanaman dilakukan pada hari ke-21. Nilai logam berat Pb pada tanah dan tanaman didapat melalui tahapan: sampel tanaman dikeringkan dalam oven (105°C) selama 24-48 jam. Setelah kering, sampel digiling dan diayak. Kemudian ekstrak tanaman dibuat dengan menimbang 0,5 gram hasil gilingan dalam lau kjeldahl dan menambakkannya ke dalam larutan pengestrak yang terdiri atas: 5 ml HNO<sub>3</sub> (70%)

dan 5 ml HClO<sub>4</sub> (70%), campuran didestruksi dengan suhu awal 100°C hingga uap coklat dari nitrat hilang, kemudian dipanaskan dengan suhu 200°C hingga larutan jernih, lalu ditambahkan aquades hingga larutan menjadi 10 ml. Kandungan timbal dibaca dengan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm.

e. Pengukuran berat kering tanaman

Tanaman dicabut dari polibag, dibersihkan dan dibilas dengan aquades. Seluruh bagian tanaman alfalfa kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama ± 24 jam. Berat kering diperoleh dengan menimbang tanaman yang telah dikeringkan sampai diperoleh berat yang konstan. Pengukuran berat kering tanaman dilakukan pada hari ke-21 (Guritno dan Sitompul, 1995).

5. Perhitungan Indeks Bioremediasi (IBR) dan Faktor Transfer (FT)

Perhitungan Indeks Bioremediasi (IBR) merupakan tingkat penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada media tanam. Persentase IBR diperoleh dengan perhitungan (Tommy dan Palapa, 2009):

$$IBR = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

Potensi tanaman alfalfa dalam meremediasi tanah tercemar logam Pb diperoleh melalui nilai Faktor Transfer (FT). Nilai faktor transfer adalah rasio konsentrasi Pb dalam tanaman dibandingkan nilai konsentrasinya dalam media tempatnya tumbuh.

$$FT = \frac{\text{konsentrasi logam berat pada tanaman (mg/kg)}}{\text{konsentrasi logam berat pada tanah (mg/kg)}}$$

### Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan ANAVA pada tingkat kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui letak beda nyata antar perlakuan (Gaspersz, 1994). Dalam perhitungan statistik menggunakan program SPSS versi 17.

## Hasil dan Pembahasan

### A. Penurunan Kandungan Pb dalam Tanah

Penyerapan Pb oleh tanaman alfalfa menyebabkan penurunan konsentrasi Pb dalam tanah. Pemaparan Pb pada penelitian ini hanya sampai pada waktu pemaparan hari ke-21. Hal ini disebabkan pada pengamatan hari ke-21, ditemukan bahwa semua tanaman pada semua variasi konsentrasi logam berat Pb telah mati. Sehingga penelitian dihentikan dan

dilanjutkan pengujian kadar Pb akhir pada tanah dan tanaman. Data mengenai hasil pengukuran Pb pada tanah dan nilai indeks bioremediasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Pb dalam media tanam pada awal dan akhir pemaparan serta nilai indeks bioremediasi

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nilai Pb pada Media (ppm)		IBR (%)
	Hari		
	Ke-0	Ke-21	
0 ppm	31,48	7,646	75,70
250 ppm	35,37	8,553	75,82
500 ppm	39,26	14,135	64,01
750 ppm	43,14	20,819	51,79

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa pengukuran pada hari ke-0 dan hari ke-21 diperoleh kandungan konsentrasi Pb semakin berkurang baik pada semua variasi konsentrasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Kasmara (2005) dalam Putri (2012), yang menyebutkan bahwa akan terjadi penurunan konsentrasi logam berat pada tanah setelah fitoremediasi dibandingkan sebelum fitoremediasi. Penurunan kandungan Pb dalam tanah mengindikasikan bahwa telah terjadi pemindahan logam dari tanah ke tumbuhan.

Media tanam diuji untuk mengetahui efektivitas tanaman dalam menyerap Pb. Nilai tertinggi efektivitas tanaman alfalfa dalam menyerap logam berat timbal (Pb) adalah sebesar 75,82 % pada variasi konsentrasi 250 ppm. Berdasarkan persentase IBR tersebut, tanaman alfalfa mampu dan efektif menurunkan kadar Pb > 50%. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman alfalfa memiliki kemampuan menyerap logam berat.

## **B. Akumulasi Pb pada Tanaman Alfalfa**

Pada penelitian ini pengukuran konsentrasi logam berat timbal (Pb) dilakukan langsung pada seluruh organ tanaman. Tanaman alfalfa diperkirakan adalah salah satu spesies tumbuhan yang mampu menyerap logam berat Pb dan mengakumulasikan logam berat Pb pada tubuhnya. Hasil akumulasi logam berat Pb pada tanaman alfalfa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata konsentrasi Pb dalam tanaman alfalfa pada hari ke-21

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Rerata Konsentrasi Pb dalam Tanaman Alfalfa (ppm)
0 ppm	13,874
250 ppm	9,023
500 ppm	9,754
750 ppm	14,511

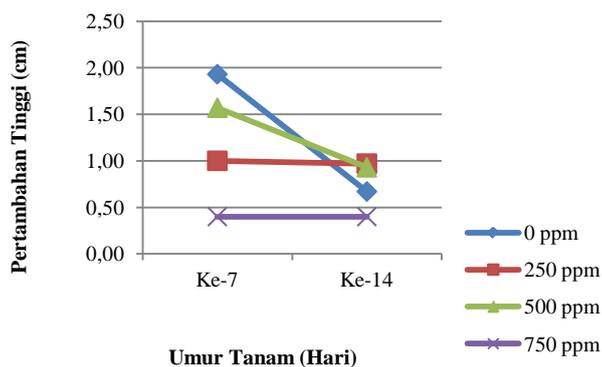
Berdasarkan Tabel 2, daya serap akumulasi logam Pb pada tanaman alfalfa bervariasi berdasarkan konsentrasi Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> yang ditambahkan pada tanah. Pada hari ke-21, tingkat akumulasi logam berat Pb pada konsentrasi 750 ppm > konsentrasi 0, 250 dan 500 ppm. Dalam menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi mereduksi logam. Dari akar Pb diangkat melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem ke bagian lain tumbuhan. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Mekanisme fitoremediasi yang mungkin terjadi pada tanaman alfalfa adalah fitoakumulasi. Mekanisme fitoakumulasi meliputi penyerapan kontaminan oleh akar tanaman selanjutnya ditranslokasikan ke dalam organ tanaman (Gosh dan Singh, 2005).

Berdasarkan tabel 1 dan 2, dapat dilihat bahwa pengurangan logam berat Pb di tanah dan yang terserap oleh tanaman pada pengukuran logam berat hari ke-21, tidaklah sama. Hal ini dapat disebabkan karena terjadinya *leaching* atau pelepasan logam berat dari tanah yang terbawa oleh air saat penyiraman dan tertinggalnya partikel Pb pada bagian bawah polibag ketika tanah dikeluarkan dari dalamnya untuk pengukuran kadar Pb tanah.

Menurut Palar (1994), tanah mempunyai peranan terhadap pengangkutan dan pencucian bahan-bahan pencemar yang sangat besar. Tanah juga merupakan pengangkut bahan pencemar (*pollutant*). Proses pengangkutan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pengaliran (*flow on*), peresapan (*absorption*) dan pelumeran (*leaching*).

### C. Analisis Tinggi Tanaman

Bertambah tinggi atau panjangnya suatu tanaman diakibatkan meristem ujung menghasilkan sel-sel baru di ujung akar dan batang (Gardner dkk. 1991). Data pengukuran tinggi yang diperoleh adalah tinggi tanaman hingga hari ke-14, dikarenakan pada pengamatan hari ke-21, semua tanaman uji telah mati. Data rerata pengaruh logam berat Pb terhadap pertambahan tinggi tanaman alfalfa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh logam berat Pb terhadap pertambahan tinggi tanaman alfalfa

Berdasarkan hasil uji statistik didapatkan bahwa umur tanam, baik hari ke-7 maupun hari ke-14 dan variasi konsentrasi Pb memberikan pengaruh yang sama terhadap tinggi tanaman alfalfa selama waktu pemaparan. Pertambahan tinggi tanaman pada konsentrasi Pb 0 ppm sebesar 1,30 cm merupakan pertambahan tertinggi dari tinggi tanaman alfalfa dibandingkan dengan variasi konsentrasi Pb yang lain. Pertambahan tinggi tanaman pada konsentrasi Pb 250 ppm sebesar 0,99 cm, 500 ppm sebesar 1,25 cm dan 750 ppm sebesar 0,40 cm tidak menunjukkan adanya beda nyata yang berarti pertambahan tinggi tanaman pada ketiga variasi konsentrasi tersebut sama. Variasi konsentrasi Pb yang ditambahkan tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman alfalfa yaitu pada peningkatan tingginya.

Konsentrasi Pb 0 dan 500 ppm, menunjukkan penurunan pertambahan tinggi tanaman alfalfa, sedangkan konsentrasi Pb 250 dan 750 ppm menunjukkan pertambahan tinggi yang tetap dari hari ke-7 hingga ke-14. Tanaman alfalfa dengan konsentrasi Pb 750 ppm memberikan hambatan yang paling besar terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini diduga karena kelebihan Pb akan menghambat aktifitas fisiologis, seperti penghambatan produksi NADP pada kloroplas (van Assche dkk, 1988). Kelebihan Pb juga akan menghambat  $\alpha$ -amilase ATPase, fitase dan IAA. Oleh karena itu kelebihan logam berat Pb dapat menyebabkan gangguan osmoregulasi pada tumbuhan.

#### D. Analisis Luas daun

Pengukuran luas daun dilakukan dengan metode gravimetri. Berdasarkan hasil uji statistik didapatkan bahwa waktu pemaparan dan variasi konsentrasi Pb yang ditambahkan memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap pertambahan luas daun tanaman alfalfa. Rerata pertambahan luas daun tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi Pb 0 ppm

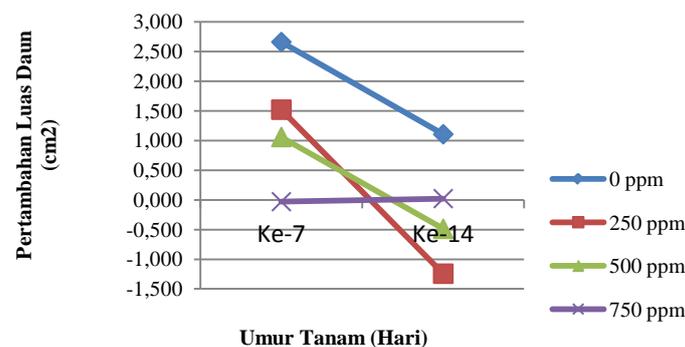
yaitu sebesar 1,884 cm<sup>2</sup>, sedangkan rerata luas daun terendah ditunjukkan pada konsentrasi Pb 250 ppm yaitu sebesar -0,695 cm<sup>2</sup>. Hasil pengukuran perubahan luas daun tanaman alfalfa dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan luas daun tanaman alfalfa

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Pertambahan Luas Daun (cm <sup>2</sup> )		Rerata
	Hari Ke-7	Hari Ke-14	
0 ppm	2,661	1,107	1,884 <sup>a</sup>
250 ppm	1,521	-2,911	-0,695 <sup>a</sup>
500 ppm	1,060	-0,488	0,286 <sup>a</sup>
750 ppm	-0,030	-0,488	-0,004 <sup>a</sup>
Rerata	1,303 <sup>A</sup>	-0,567 <sup>A</sup>	

Keterangan: a) Notasi yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata dalam taraf kepercayaan 95%. b) Tanda minus menunjukkan penurunan luas daun tiap minggu

Berdasarkan Tabel 3, perkembangan luas daun setiap waktu pengamatan mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan faktor abiotik yang mempengaruhi proses metabolisme tanaman alfalfa terkhusus pada bagian daunnya. Pada pengamatan hari ke-14 dijumpai beberapa daun yang dianalisis mengalami ketidaknormalan ukuran, dimana daun-daun tersebut mengkerut sehingga berakibat pada menurunnya luas daun terukur.



Gambar 2. Perubahan luas daun tanaman alfalfa

Berdasarkan gambar 2, tampak terjadi perbedaan luas daun. Tanaman alfalfa dengan konsentrasi Pb 750 ppm memberikan hambatan paling besar terhadap pertumbuhan luas daun tanaman. Hal ini diduga karena adanya hambatan pada sistem enzim tanaman alfalfa. Sukarsono (1998) menyatakan bahwa secara biokimia timbal berfungsi menghambat sistem

enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran oleh timbal akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan dan luasan daun tanaman.

### E. Analisis Panjang Akar

Hasil pengukuran panjang akar tanaman alfalfa pada beberapa konsentrasi logam berat Pb selama waktu paparan dapat diamati pada Tabel 4.

Tabel 4. Panjang akar tanaman alfalfa

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Panjang Akar (cm)
0 ppm	15,33 <sup>a</sup>
250 ppm	14,93 <sup>a</sup>
500 ppm	13,17 <sup>a</sup>
750 ppm	13,50 <sup>a</sup>

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada taraf kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil uji statistik didapatkan bahwa waktu paparan dan variasi konsentrasi Pb yang ditambahkan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap panjang akar tanaman alfalfa. Panjang akar tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi Pb 0 ppm sebesar 15,333 cm, sedangkan panjang akar terendah ditunjukkan pada konsentrasi Pb 500 ppm sebesar 13,167 cm. Penyerapan logam berat oleh akar menghambat kemampuan sel-sel meristem untuk bertumbuh sehingga pertumbuhan akar terhambat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Pb.

Data menunjukkan bahwa adanya daya saing yang besar terhadap faktor abiotik yang besar tidak selalu membuat tanaman memiliki akar yang panjang. Apabila nutrisi yang dibutuhkan untuk tumbuh tidak terpenuhi atau kurang, akar akan tumbuh memanjang guna berusaha mencari unsur hara yang dibutuhkan tersebut tetapi penambahan panjang akar ini hanya sebatas kemampuan masing-masing tanaman. Hal ini disebabkan karena untuk bertambah panjang, akar memerlukan energi yang cukup, sedangkan adanya Pb mengakibatkan hambatan pada sistem enzim yang mengatur pembentukan energi untuk pertumbuhan tanaman tersebut.

### F. Analisis Berat kering

Berat kering tanaman berkaitan dengan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi kontaminan. Hasil pengukuran berat kering tanaman alfalfa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh logam berat Pb terhadap berat kering tanaman alfalfa

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Berat Kering (gram) Hari Ke-21
0 ppm	9,114 <sup>a</sup>
250 ppm	5,554 <sup>a</sup>
500 ppm	4,446 <sup>a</sup>
750 ppm	6,788 <sup>a</sup>

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada taraf kepercayaan 95%.

Berdasarkan hasil uji statistik, variasi konsentrasi Pb yang ditambahkan tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata secara signifikan terhadap berat kering tanaman alfalfa. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa berat kering menunjukkan angka yang berfluktuatif. Berat kering tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi Pb 0 ppm sebesar 9,114 gram. Hal tersebut menunjukkan tanaman alfalfa yang tidak ditambahkan Pb memiliki laju fotosintesis lebih baik yang akan menghasilkan sejumlah besar karbohidrat sehingga berat jenis daun meningkat dan berakibat meningkatkan berat kering tanaman (Hidayat, 2008).

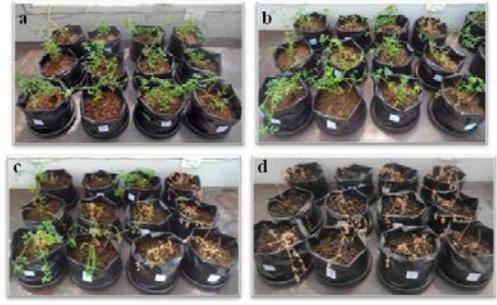
Menurut Gardner dkk, (1991), penuaan daun menyebabkan rendahnya laju asimilasi bersih karena berkurangnya proses fotosintesis, sedangkan respirasi tetap berlangsung. Dalam hal ini pemberian Pb mengganggu proses fotosintesis baik reaksi terang maupun reaksi gelap sehingga jumlah klorofil dalam kloroplas menjadi berkurang. Berkurangnya klorofil menyebabkan berkurang pula fotosintat yang terbentuk sehingga berat kering tanaman pada konsentrasi 500 ppm lebih kecil dari konsentrasi 250 ppm.

### G. Perubahan Fenotip Tanaman Alfalfa

Pencemaran logam berat menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Menurut Fontes dan Cox (1995), toksisitas logam Pb mengakibatkan kerusakan daun yang ditandai klorosis pada daun muda (daun kehilangan klorofil ditandai dengan menguningnya daun), pertumbuhan daun tidak normal (daun lebih kecil), pada toksisitas yang lebih tinggi daun menunjukkan gejala nekrosis (gejala kematian sel tanaman ditandai dengan daun menggulung dan keriput).

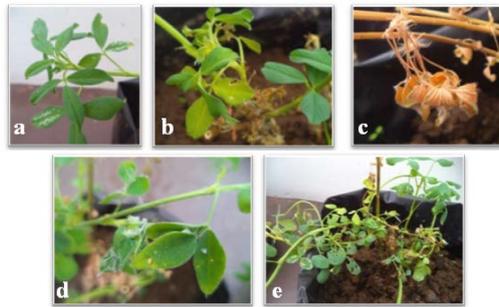
Pada hari ke-0 dan ke-7 terlihat bahwa semua daun dari alfalfa masih berwarna hijau, sedangkan pada hari ke-14 pemaparan terlihat bahwa tanaman uji mulai layu dan menunjukkan gejala klorosis, daun berubah warna menjadi kuning hingga kecoklatan. Pada hari ke-14 dan ke-21, semakin banyak tanaman yang layu, daun menjadi kering dan

akhirnya semua tanaman mati pada pengamatan hari ke-21. Hal ini dikarenakan kandungan Pb dalam tanaman pada semua variasi konsentrasi selama pemaparan semakin meningkat.



Gambar 3. Kondisi bentuk dan warna daun tanaman alfalfa selama proses fitoremediasi  
Keterangan: a = Hari ke-0, b = Hari ke-7, c = Hari ke-14 dan d = Hari ke-21

Konsentrasi Pb dalam tanaman alfalfa menyebabkan nekrosis daun. Gejala nekrosis daun ditandai dengan berubahnya warna daun menjadi kuning kemudian coklat dan daun yang keriput. Beberapa tanaman alfalfa juga terserang hama jenis ulat penggulung daun (*Homona coffearia*). Menurut Sajimin dan Purwantari (2011), tanda-tanda tanaman yang terserang pada daun muda dan tua rombeng dari pinggir kemudian menyerang seluruh helai daun dan hanya tinggal tulang-tulang daun.



Gambar 4. Kerusakan daun selama waktu pemaparan logam berat Pb  
Keterangan: a = bintik-bintik putih, b = klorosis, c = nekrosis, d dan e = daun yang terserang hama ulat

## H. Potensi Tanaman Alfalfa Sebagai Agen Fitoremediator

Menurut Tjahaja dkk., (2006), potensi fitoremediator dapat ditinjau dari faktor transfer. Faktor transfer diperoleh dengan membandingkan kandungan Pb di dalam tanaman setelah pemanenan dengan kandungan Pb di dalam tanah. Nilai faktor transfer tanaman alfalfa disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai faktor transfer tanaman alfalfa pada hari ke-21

Variasi Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Faktor Transfer
0 ppm	1,842
250 ppm	1,102
500 ppm	0,694
750 ppm	0,697

Berdasarkan Tabel 6, nilai faktor transfer tanaman alfalfa melampaui angka satu pada variasi konsentrasi Pb yang rendah yaitu 0 dan 250 ppm. Dapat dikatakan bahwa tanaman alfalfa merupakan akumulator Pb. Hal ini didasari dari pernyataan Zhu (2005), bahwa nilai faktor transfer > 1 dikategorikan sebagai *metal accumulator species*, sedangkan tumbuhan yang mempunyai nilai faktor transfer < 1 dikategorikan sebagai *metal excluder species*. *Metal accumulator species* merupakan tanaman yang mengkonsentrasikan logam yang tinggi pada bagian aerialnya (batang dan daun) tanpa ekskresi kerusakan struktur dan fungsi tanaman. Sedangkan *metal excluder species* merupakan tanaman yang mencegah masuknya logam berat dari tanah dan menjaga konsentrasi logam berat tersebut mengeksudat bahan *chelating* tanaman melalui akar.

Berdasarkan nilai faktor transfer yang diperoleh, tanaman alfalfa berpotensi sebagai tanaman akumulator Pb. Hal ini terlihat dari nilai faktor transfer yang > 1 (Tjahaja, 2006) tetapi kurang ekonomis (FT<20). Dikarenakan tanaman alfalfa hanya mampu mengakumulasi Pb pada tanah tercemar Pb dengan konsentrasi rendah. Data akumulasi Pb dalam tanaman menunjukkan tanaman alfalfa memiliki sifat hiperakumulator, namun tanaman ini bukan tanaman hiperakumulator yang baik. Dikarenakan tanaman alfalfa tidak mampu bertahan hidup dalam waktu yang lama pada lahan tercemar logam berat timbal.

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa tanaman alfalfa memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal. Data tersebut di atas memberikan informasi bagi kita agar selektif dan hati-hati dalam mengonsumsi tanaman alfalfa. Baik dalam pemanfaatannya sebagai pakan ternak maupun sebagai teh, suplemen, atau minuman kesehatan lainnya bagi manusia.

### Simpulan

Berdasarkan pengujian potensi tanaman alfalfa sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal (Pb) dapat disimpulkan hasil dari penelitian adalah sebagai berikut: (1) Pertumbuhan tanaman alfalfa akan terhambat oleh Pb meliputi pertambahan tinggi tanaman,

luasan daun, pemanjangan akar, berat kering dan perubahan fenotipnya. (2) Tanaman alfalfa memiliki potensi yang rendah sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat timbal (Pb) menggunakan mekanisme fitoakumulasi yang ditunjukkan dengan nilai faktor transfer  $>1$ , namun  $< 20$ .

### **Saran**

(1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat fisiologi dan morfologi yang lebih spesifik dan detail, serta melihat akumulasi logam berat timbal (Pb) pada masing-masing organ tanaman disetiap waktu pengamatan. (2) Perlu dilakukan pengujian terhadap pH dan temperatur tanah yang merupakan parameter penting dan saling berkaitan antara logam berat, mikroorganisme dan pertumbuhan tanaman.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada keluarga tercinta, sahabat serta teman-teman FTb atas bimbingan, dukungan dan bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

### **Daftar Pustaka**

- Fontes, R.L.F. dan Cox, F.R. 1995. Effects of Sulfur Supply on Soybean Plants Exposed To Zinc Toxicity. *Journal of Plant Nutrition*. 18: 1893-1906
- Gardner, P.D., Pearce, R.B., dan Mitchell, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: UI Press.
- Gasperz, V. 1994. *Metode Perancangan Percobaan*. Penerbit Armico. Jakarta.
- Gosh, M., dan S. P. Singh. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metal and Utilization of Its By Product. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3 (2) : 1-18.
- Gudin C. dan Syrratt W.J. 1975. Biological aspects of land rehabilitation following hydrocarbon contamination. *Environment Pollution*. 8:107.
- Guritno dan Sitompul, S. M.. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. UGM Press. Yogyakarta.
- Hidayat, N. 2008. Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah (*Arachishypogaea L.*) Varietas Lokal Madura pada Berbagai Jarak Tanam dan Dosis Pupuk Fosfor. *Agrogivor*. 1 (1).
- Khasanah, E. 2009. Adsorpsi Logam Berat. *Oceana*. 34 (4): 1-7.

- Onggo, T.M. 2009. Pengaruh Konsentrasi Larutan Berbagai Senyawa Timbal (Pb) terhadap Kerusakan Tanaman, Hasil dan Beberapa Kriteria Kualitas Sayuran Daun Spinasia. *Skripsi-S1*. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Bandung.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Putri, L.M. 2012. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Tumbuhan Lidah Mertua (*Sansiviera trifasciata*) di Kelurahan Tambak Wedi, Kecamatan Kenjeran, Surabaya. *Skripsi-S1*. Fakultas Teknik ITS Surabaya.
- Rismawati, S.I. 2012. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*). *Skripsi-S1*. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sajimin dan N.D. Purwantari. 2011. *Tanaman Alfalfa sebagai komoditas harapan pakan ternak: Pengaruh serangan hama terhadap produktivitas hijauan pada pemotongan pertama*. Makalah Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Schanoor, J.L. dan Mc Cutcheon, S.C. 2003. *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*. Wiley-Interscience: USA.
- Sukarsono. 1998. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Tumbuhan di Kebun Raya Bogor. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tjahaja, P. Intan, Suhulman, P. Sukmabuana, dan Ruchijat. 2006. "Fitoremediasi Lingkungan Perairan Tawar: Penyerapan Radiosesium oleh Ki Ambang (*Salvinia molesta*)". *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*. 7 (1): 83-96.
- Tommy, M. dan Palapa. 2009. Bioremediasi Merkuri (Hg) dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. *Agritek*. 17 (15).
- Van Assche, F. dan Clijsters, H.1986."Inhibition of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* by Treatment With Toxic Concentration of Zinc: effect on ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase". *Journal of Plant Physiology*. 125: 355-360.
- Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Zhu, Y.L., E.A.H. Pilon-Smits, L. Jouanin dan N. Terry. 1999. Overexpression of Glutathione Synthetase In Indian Mustard Enhances Cadmium Accumulation And Tolerance. *Plant Physiology*. 119:73-79.