

**FITOREMEDIASI AIR TERCEMAR TIMBAL (Pb) DENGAN  
*Lemna minor* DAN *Ceratophyllum demersum* SERTA  
PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN *Lactuca sativa***  
**Phytoremediation of Lead (Pb) Contaminated Water with *Lemna minor*  
and *Ceratophyllum demersum* and Its Effects on  
Growth of *Lactuca sativa***

**Anjar Aris Munandar<sup>1</sup>, Zaenal Kusuma<sup>1\*</sup>, Sugeng Prijono<sup>1</sup>, Rony Irawanto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang 65145; <sup>2</sup>Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI, Pasuruan 67163

\*Penulis Korespondensi: zkusuma@gmail.com

---

**Abstract**

The pollution of water and soil caused by human causes environmental damage especially on agricultural land that resulted in the reduced growth and yield of plants. This research aimed to understand the ability of aquatic plants in accumulating lead (Pb) in water and its influence on lettuce growth. The treatments consisted of A1: Plant *Lemna minor* 2 ppm Pb, A2: *Ceratophyllum demersum* 5 ppm Pb, A3: *Lemna minor* 2 ppm Pb, A4: *Ceratophyllum demersum* 5 ppm Pb, A5: 2 ppm Pb without plants (control 1), and A6: 5 ppm Pb without plants (control 2). The results showed that the aquatic plants effectively decreased Pb concentration in water by 81.1% for *Ceratophyllum demersum* and by 75.5% for *Lemna minor*. The use of remediated water for watering lettuce resulted in affected growth and yield of lettuce.

**Keywords:** *Ceratophyllum demersum*, lead (Pb), *Lemna minor*, lettuce

---

**Pendahuluan**

Pencemaran air dan tanah yang diakibatkan oleh tangan manusia berimbas pada kerusakan lingkungan. Menurut Adack (2013), rusaknya lingkungan akibat limbah industri yang berdampak buruk terhadap kehidupan ekosistem yang berada di perairan dan juga mengancam kesehatan manusia. Selain itu, air yang sudah tercemar dan dimanfaatkan oleh manusia untuk irigasi pertanian berdampak pada kualitas dan kuantitas hasil pertanian itu sendiri. Salah satu contoh studi kasus yang terjadi di TPA Pakusari, Kabupaten Jember. Menurut Widyasari *et al.* (2013) rata-rata kadar Pb pada sampel tanah di TPA yaitu 7,174 ppm, dan rata-rata kadar Pb pada air sumur monitoring yaitu 0,152 ppm. Pb merupakan salah satu logam berat berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup. Kadar Pb pada air sumur monitoring melebihi Permen kesehatan No. 492 tahun 2010 untuk air bersih

dan air minum yaitu sebesar 0,01 ppm dimana air tersebut masih digunakan oleh masyarakat untuk aktifitas sehari-hari, dan di sebelah TPA Pakusari terdapat daerah pertanian. Adanya pencemaran tersebut sangat berbahaya karena dapat berdampak pada kesehatan masyarakat menurut Gusnita (2012) efek yang ditimbulkan oleh Pb pada manusia berupa kemunduran IQ. Selain itu, Pb juga berbahaya karena dapat mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran sel darah merah yang mengakibatkan tekanan darah tinggi. Pb termasuk dalam kelompok logam berat golongan IVA dalam Sistem Periodik Unsur kimia, mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2, berbentuk padat pada suhu kamar, bertitik lebur 327,4°C. Pb jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain, misalnya dalam bentuk  $PbBr_2$  dan  $PbCl_2$  (Gusnita, 2012). Dalam bentuk oksida Pb digunakan sebagai pigmen/zat warna dalam

industri kosmetik dan *glace* serta industri keramik yang sebagian diantaranya digunakan dalam peralatan rumah tangga (Gusnita, 2012). Pada Limbah industri, Pb (timbal) memiliki ambang batas 1 ppm sesuai Permen Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014, dan Permen Kesehatan No. 492 tahun 2010 untuk air bersih dan air minum yaitu sebesar 0,01 ppm.

Kandungan Pb dalam tubuh manusia berdampak serius dan dapat merusak fungsi organ. Kandungan logam berat Pb pada tanah dan air dapat dikurangi dan dinetralisir dengan cara fitoremediasi. Fitoremediasi memanfaatkan kemampuan tanaman untuk mengurangi kandungan zat logam berat dari lingkungan yang tercemar (Irawanto,2010). Kemampuan tanaman air menjernihkan limbah cair akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian. Berbagai penemuan tentang hal tersebut telah dikemukakan oleh para peneliti, menyangkut penjernihan limbah, serta tingkat kemampuan beberapa jenis tanaman air. Hal tersebut antara lain dikemukakan oleh Lorestani *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa tanaman air secara umum memiliki kemampuan menetralsir komponen tertentu sehingga sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair.

Contoh tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi adalah *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum*. Safarrida *et al.* (2015), menyatakan bahwa *Lemna minor* dapat bertahan pada hingga konsentrasi 4 ppm logam kromium dan cukup efektif dalam penyerapan. *Lemna minor* sangat cocok untuk pengujian toksisitas dan remediasi karena ukurannya yang kecil, pertumbuhan yang cepat, struktur internal sederhana, dan berbagai dari toleransi kondisi lingkungan seperti pH dan suhu (Kastratović *et al.*, 2014). Kastratović *et al.* (2014) juga menyatakan bahwa tanaman *Ceratophyllum demersum* dapat menyerap beberapa jenis logam seperti Mn, Cd, Cr, Zn dan Cu.

Hasil fitoremediasi tanaman air dapat digunakan untuk keperluan pertanian seperti irigasi dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman budidaya. Tanaman selada (*Lactuca sativa*) merupakan tanaman budidaya sayuran yang cukup populer dimasyarakat sebagai lalapan. Adanya pencemaran air dan tanah pada lahan pertanian menurunkan kualitas dan

kuantitas tanaman selada tersebut, bahkan menyebabkan kematian sehingga menyebabkan gagal panen. Penelitian kali memanfaatkan tanaman air *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* sebagai fitoremediator pencemaran logam berat Pb pada irigasi pertanian dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman budidaya Selada (*Lactuca sativa*).

## Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2017 di *Greenhouse* Kebun Raya Purwodadi – LIPI, Pasuruan. Analisa Kimia dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Bahan yang digunakan adalah tanaman *Ceratophyllum demersum*, tanaman *Lemna minor*, tanaman *Lactuca sativa*, air, aquades, tanah komposit, HCl pekat, HNO<sub>3</sub> pekat, *dipbenil carbazid*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan larutan logam berat Pb dalam bentuk Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas perlakuan tanaman air dan konsentrasi Pb. Digunakan 6 perlakuan dengan tiga ulangan sehingga berjumlah 18 satuan percobaan pada masing –masing tanaman. Perlakuan terdiri atas perlakuan A1: *Lemna minor* 2 ppm Pb, perlakuan A2: *Ceratophyllum demersum* 5 ppm Pb, perlakuan A3: *Lemna minor* 2 ppm Pb, perlakuan A4: *Ceratophyllum demersum* 5 ppm Pb, perlakuan A5: 2 ppm Pb tanpa tanaman (kontrol) dan perlakuan A6: 5 ppm Pb tanpa tanaman (kontrol).

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, pertama *range finding test* tanaman air dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm. Kedua adalah perlakuan fitoremediasi pada tanaman air selama 14 hari. Ketiga, perlakuan pemberian air hasil fitoremediasi tanaman air terhadap tanaman selada sebagai air irigasi hingga tanaman panen selama 28 HST. Perhitungan nilai faktor translokasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan (Melleem *et al.*, 2012). jika nilai TF < 1 maka tanaman tersebut masuk ke dalam mekanisme Fitostabilisasi, sedangkan jika nilai TF > 1 maka tanaman tersebut merupakan tanaman

hiperakumulator dan masuk ke dalam mekanisme Fitoekstraksi (Lorestani *et al.*, 2011). Faktor Translokasi (TF) adalah rasio konsentrasi logam dalam tajuk tanaman dengan konsentrasi logam dalam akar tanaman (Siahaan, 2013). Analisis keragaman menggunakan Anova (*Analysis of Variance*) Kemudian dilanjutkan dengan uji BNJ 5 % untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Sebelum penelitian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan analisis awal pada tanaman air, tanah, dan air yang digunakan pada fitoremediasi. Berikut hasil analisis awal yang telah dilakukan.

Tabel 1. Analisis awal tanah, air dan tanaman

No	Analisis	Nilai	Kategori
1	Pb pada <i>Ceratophyllum demersum</i>	0,01 ppm	Rendah
2	Pb pada <i>Lemna minor</i>	0,02 ppm	Rendah
3	Pb Tanah	0,03 ppm	Rendah
4	Pb Air	0,00 ppm	-
5	pH Tanah	5,20	Masam
6	pH Air	6,70	Netral

Keterangan :Kriteria berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

Analisis awal menunjukkan bahwa air, tanah dan tanaman air memiliki kandungan Pb yang dikategorikan rendah berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah (2009). Sementara itu pada pH tanah dikategorikan masam dan pH air dikategorikan netral.

## Hasil dan Pembahasan

### *Kandungan Pb dalam air*

Analisis Pb yang telah dilakukan pada perlakuan tanaman air, disajikan dalam Tabel 2. Nilai pH berbanding lurus dengan nilai konsentrasi Pb yang terakumulasi oleh tanaman. Semakin netral nilai pH air maka nilai serapan akumulasi Pb pada tanaman air juga tinggi. Salah satu penyebab adalah sifat logam Pb yang mudah mengendap di dasar air. Logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar

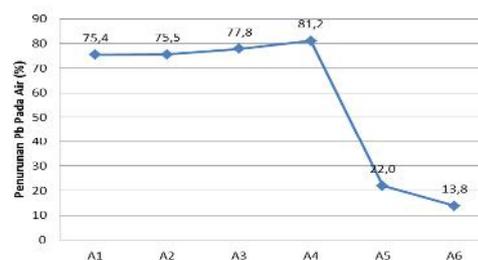
perairan dan bersatu dengan sedimensehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Caroline dan Moa, 2015). Selain itu juganilai pH berpengaruh terhadap kelarutan logam berat Pb pada air, terutama pada air yang tidak bergerak. Naiknya pH menimbulkan turunnya kelarutan oksigen dalam air dan meningkatkan toksisitas Pb (Caroline dan Moa, 2015).

Tabel 2. Hasil analisis Pb pada air setelah fitoremediasi

Perlakuan	pH Air	Pb Air (ppm)	Pb Tanaman (ppm)
A1	7,43 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,65 <sup>b</sup>
A2	7,70 <sup>b</sup>	1,22 <sup>c</sup>	1,85 <sup>d</sup>
A3	8,37 <sup>d</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,60 <sup>b</sup>
A4	7,9 <sup>bc</sup>	0,94 <sup>b</sup>	1,60 <sup>c</sup>
A5	7,83 <sup>bc</sup>	1,56 <sup>d</sup>	0,00 <sup>a</sup>
A6	8,03 <sup>c</sup>	4,31 <sup>e</sup>	0,00 <sup>a</sup>

Keterangan :Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. A1: *Lemna minor* 2 ppmPb, A2: *Ceratophyllum demersum* 2 ppmPb, A3: *Lemna minor* 5 ppmPb, A4: *Ceratophyllum demersum* 5 ppmPb, A5: 2 ppmPb Tanpa Tanaman (kontrol) dan A6: 5 ppmPb Tanpa Tanaman (kontrol).

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa adanya penurunan kandungan logam berat Pb pada air. Dari grafik pada Gambar 5 diketahui perlakuan A4 mengalami penurunan paling tinggi dengan persentase 81,1%. Persentase penurunan logam berat dapat diketahui dengan membagi nilai akhir Pb dengan nilai perlakuan awal yaitu 2 ppm dan 5 ppm, dimana hasil tersebut merupakan jumlah persentase akhir. Selanjutnya persentase akhir dikurangkan dengan 100% sehingga dapat diketahui jumlah persentase penurunan.



Gambar 5. Penurunan Pb pada air

Nilai yang terdapat pada air setelah dilakukan fitoremediasi dikategorikan dibawah ambang batas minimum logam berat Pb yaitu 1 ppm untuk perlakuan A1, perlakuan A3 dan perlakuan A4 dengan nilai berurutan 0,49 ppm, 0,44 ppm, dan 0,94 ppm. Adanya kegiatan fitoremediasi terbukti efektif dalam menurunkan kandungan konsentrasi logam berat Pb pada air. Perlakuan A2, perlakuan A5 dan perlakuan A6 memiliki nilai yang masih diatas ambang batas minimum yaitu berurutan 1,22 ppm, 1,56 ppm dan 4,31 ppm. Hal ini dikarenakan pada perlakuan A5 dan A6 merupakan perlakuan tanpa adanya kegiatan fitoremediasi (kontrol). Sementara perlakuan A2 sudah mengalami penurunan hingga 75,5% dari nilai awal 5 ppm namun masih berada diatas ambang batas minimum.

#### **pH air**

pH adalah derajat kemasaman yang menunjukkan tingkat kemasaman atau basa suatu larutan. Suatu larutan akan bersifat masam jika nilai ion  $H^+$  lebih tinggi dibandingkan ion  $OH^-$ . Begitu sebaliknya jika nilai  $OH^-$  lebih tinggi dari  $H^+$  maka suatu larutan dikatakan basa. Jika ion  $H^+$  dan  $OH^-$  memiliki nilai sama maka dapat dikatakan pH netral dengan nilai pH 7. Nilai keasaman (pH) pada air setelah fitoremediasi tanaman *Lemma minor* dan *Ceratophyllum demersum* mengalami peningkatan seperti pada diagram di atas dari nilai awal pH 6,7. Menurut Caroline dan Moa (2015) Kondisi air limbah yang berubah menjadi netral disebabkan karena adanya mekanisme air limbah yang bereaksi dengan  $OH^-$ . Selain itu tinggi rendahnya nilai pH juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu. Suhu yang mengalami penurunan dapat menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air dan meningkatkan nilai pH menjadi basa (Haryati, 2012).

#### **Akumulasi Pb pada tanaman air**

Hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa tanaman air *Lemma minor* dan *Ceratophyllum demersum* mampu menyerap dan mengakumulasi logam berat Pb dalam tajuk. Perlakuan A2 dan A4 mengakumulasi logam Pb di tajuk paling tinggi dengan nilai 1,85 ppm dan 1,60 ppm, hal ini dikarenakan perlakuan tersebut menggunakan konsentrasi Pb 5 ppm, sedangkan perlakuan A1 dan A3 mengalami

penurunan paling rendah dengan nilai 0,65 ppm dan 0,60 ppm disebabkan karena perlakuan tersebut menggunakan konsentrasi Pb 2 ppm. Tingginya konsentrasi pada air mempengaruhi jumlah penyerapan oleh tanaman. Menurut Indrasti *et al.* (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan logam berat salah satunya ialah konsentrasi logam berat, semakin tinggi konsentrasi logam, maka akan semakin banyak logam yang dapat diserap tanaman.

#### **Berat basah dan berat kering tanaman air**

Nilai berat basah tanaman air *Lemma minor* dan *Ceratophyllum demersum* mengalami peningkatan dari berat basah awal tanaman air sebelum perlakuan yaitu 75 g (Tabel 3).

Tabel 3. Berat basah dan berat kering tanaman air

Perlakuan	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
A1	83,00 <sup>b</sup>	4,00 <sup>c</sup>
A2	81,66 <sup>b</sup>	4,36 <sup>c</sup>
A3	79,33 <sup>b</sup>	2,53 <sup>b</sup>
A4	80,66 <sup>b</sup>	2,70 <sup>b</sup>
A5	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
A6	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>

Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

Nilai tertinggi berat basah dan berat kering terjadi pada perlakuan A1 dengan nilai berat basah 83 g dan 4,63 g berat kering pada *Lemma minor*. Berdasarkan uji statistik keragaman, adanya perlakuan yang dilakukan terhadap tanaman air menunjukkan berpengaruh nyata terhadap berat basah dan berat kering tanaman air. Nilai konsentrasi mempengaruhi pertumbuhan tanaman air. Menurut Hidayat (2008), tanaman yang mengalami pencemaran dengan nilai konsentrasi lebih rendah akan memiliki laju fotosintesis yang lebih baik dan menghasilkan sejumlah besar karbohidrat sehingga mengakibatkan berat jenis daun meningkat dan berbanding lurus dengan berat kering tanaman.

#### **Pengaruh fitoremediasi terhadap tanaman budidaya *Lactuca sativa***

Setelah dilakukan fitoremediasi Pb dengan menggunakan tanaman air *Lemma minor* dan

*Ceratophyllum demersum* tahap selanjutnya adalah mengaplikasikan air tersebut pada tanaman budidaya selada (*Lactuca sativa*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas air hasil fitoremediasi apabila digunakan sebagai air irigasi pada tanaman selada dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman tersebut. Penyiraman tanaman budidaya dilakukan menggunakan air hasil fitoremediasi setiap hari selama 28 HST. Hasil yang didapatkan setelah perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai pH dan Pb tanah

Perlakuan	pH tanah	Pb tanah (ppm)
A1	5,22	0,27 <sup>a</sup>
A2	5,28	0,51 <sup>b</sup>
A3	5,31	0,30 <sup>a</sup>
A4	5,33	0,48 <sup>b</sup>
A5	5,24	0,96 <sup>c</sup>
A6	5,24	2,15 <sup>d</sup>

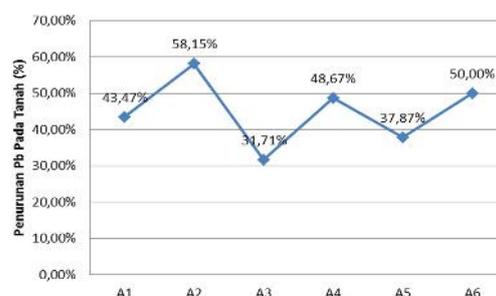
Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan perlakuan menggunakan air hasil fitoremediasi bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap Pb tanah. Nilai Pb pada tanah terbesar ditemukan pada perlakuan A6 dengan nilai 2,15 ppm dan terendah pada perlakuan A1 dengan nilai 0,27 ppm.

#### **Pb pada tanah**

Kandungan Pb masih dapat ditemukan dalam tanah walaupun sudah di remediasi dan diakumulasi oleh tanaman selada. Berdasarkan analisis laboratorium, nilai Pb yang terkandung dalam tanah baik yang ada sebelum perlakuan maupun penambahan air hasil fitoremediasi belum seluruhnya terserap oleh tanaman dan masih menyisakan Pb pada tanah dengan nilai konsentrasi tertinggi 2,15 ppm pada perlakuan A6. Pada pelaksanaan fitoremediasi, perlakuan A6 merupakan perlakuan yang tidak di fitoremediasi (kontrol) sehingga nilai yang terkandung cukup tinggi. Walau demikian terjadi penurunan nilai pada masing masing perlakuan. Persentase penurunan Pb dapat diketahui dengan membandingkan dengan nilai akhir air hasil fitoremediasi yang digunakan sebagai air irigasi tanaman selada. Pada Gambar 8, Pb mengalami penurunan kandungan hingga 58,15 % pada perlakuan A2, tanaman selada

mampu mengakumulasi logam berat pada bagian tanaman dan menurunkan konsentrasi. Pemberian konsentrasi Pb yang tinggi mempengaruhi terhadap serapan akumulasi pada tanaman dan berpengaruh terhadap nilai akhir pada tanah.



Gambar 8. Penurunan Pb pada tanah

#### **pH tanah**

Adanya perlakuan menunjukkan berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Perlakuan A4 memiliki nilai pH tertinggi dengan 5,33 dan perlakuan A1 terendah dengan nilai 5,22. Nilai pH masih tergolong rendah (masam), walau demikian adanya perlakuan tersebut mempengaruhi nilai pH, dimana adanya sedikit peningkatan nilai pH dari awal 5,2. Naiknya nilai pH akan meningkatkan toksisitas logam berat Pb dan mempengaruhi penyerapan dalam akar tanaman. Menurut Caroline dan Moa (2015), naiknya pH dapat menurunkan kelarutan oksigen air dan meningkatkan toksisitas logam berat Pb. Nilai pH tanah yang tinggi dapat merubah logam Pb menjadi senyawa yang mengendap. Penyerapan Pb oleh tanaman melalui akar hanya terjadi apabila Pb yang terdapat di dalam tanah berbentuk senyawa yang larut air (Novandri *et al.*, 2014).

#### **Akumulasi Pb pada tanaman budidaya *Lactuca sativa***

Nilai akumulasi logam berat Pb pada tajuk dan akar tanaman selada serta nilai faktor translokasi tersaji pada Tabel 5. Tanaman selada memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat Pb setelah diberikan perlakuan air hasil fitoremediasi hingga 0,74 ppm ditajuk tanaman pada perlakuan A6. Berbanding lurus dengan tajuk, akumulasi Pb pada akar tertinggi terjadi pada perlakuan A6 dengan nilai 1,11. Tanaman budidaya selada cenderung

mengakumulasi logam Pb pada bagian akar tanaman, dengan mekanisme merubah pH oleh akar dan membentuk zat kelat fitosiderofor dimana zat tersebut akan membawa logam ke sel akar sebelum disebarkan oleh jaringan pengangkut keseluruh tubuh tanaman. Menurut (Hardiani, 2009) tanaman menyerap logam-logam yang larut dalam air melalui akar-akarnya. Dalam akar, tanaman melakukan perubahan pH oleh akar dan membentuk suatu zat kelat yang disebut fitosiderofor.

Tabel 5. Pb pada tajuk, akar dan nilai faktor translokasi

Perlakuan	Tajuk (ppm)	Akar (ppm)	Faktor Translokasi
A1	0,05 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,67
A2	0,16 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,70
A3	0,04 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,58
A4	0,17 <sup>b</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,59
A5	0,18 <sup>b</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,59
A6	0,74 <sup>c</sup>	1,11 <sup>c</sup>	0,66

Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

Fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui transpor aktif. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut xilem dan floem ke bagian tumbuhan, yaitu batang/tangkai dan daun, dan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, dengan menimbun logam di dalam organ tertentu. Perhitungan nilai faktor translokasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu tanaman dalam mentranslokasikan logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan (Mellem *et al.*, 2012). Nilai faktor translokasi dapat menentukan tanaman tersebut dikategorikan sebagai tanaman fitostabilisasi atau fitoekstraksi. Menurut Lorestani *et al.* (2011) untuk menentukan mekanisme tanaman dalam melakukan akumulasi maka dapat dilakukan dengan cara menghitung faktor translokasinya. Jika FT >1 maka tanaman tersebut merupakan tanaman hiperakumulator dan dikategorikan fitoekstraksi sedangkan jika nilai FT <1 maka tanaman tersebut dikategorikan sebagai fitostabilisasi. Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5 tanaman selada dapat dikategorikan

sebagai tanaman fitostabilisasi karena nilai FT <1 dan hanya mampu mengakumulasi logam Pb lebih banyak pada akar daripada mentranslokasikannya ke tajuk tanaman.

#### **Berat basah dan berat kering tanaman budidaya *Lactuca sativa***

Perlakuan yang dilakukan pada tanaman selada menunjukkan berpengaruh nyata terhadap berat basah dan berat kering tajuk selada, namun tidak menunjukkan berpengaruh nyata terhadap berat basah dan berat kering tanaman. Nilai berat basah dan kering tanaman selada tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Berat basah dan berat kering tanaman budidaya *Lactuca sativa*

Perlakuan	Berat Basah (g)		Berat Kering (g)	
	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar
A1	10,00 <sup>e</sup>	1,40	3,56 <sup>d</sup>	0,61
A2	9,33 <sup>d</sup>	1,90	3,66 <sup>d</sup>	0,97
A3	8,66 <sup>c</sup>	1,70	3,46 <sup>d</sup>	0,65
A4	8,00 <sup>b</sup>	2,63	2,90 <sup>c</sup>	1,00
A5	8,00 <sup>b</sup>	2,76	2,40 <sup>b</sup>	0,55
A6	5,33 <sup>a</sup>	2,36	1,80 <sup>a</sup>	0,91

Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa perlakuan dengan konsentrasi Pb tinggi mempengaruhi berat basah dan berat kering tajuk. perlakuan A1 memiliki nilai tertinggi dengan berat 10 g. Konsentrasi dari Pb mempengaruhi proses fotosintesis suatu tanaman sehingga berakibat pada produksi tanaman tersebut. Menurut Gotheberg (2008), tingginya kandungan Pb pada jaringan tumbuhan menyebabkan berkurangnya kadar klorofil daun sehingga proses fotosintesis terganggu. Selanjutnya berakibat pada berkurangnya hasil produksi tanaman. Sementara hal ini tidak berlaku pada berat basah dan berat kering akar, dimana nilai tergolong fluktuatif dan tidak menunjukkan perbandingan yang lurus pada setiap perlakuan yang berbeda.

#### **Panjang tanaman dan jumlah daun tanaman budidaya *Lactuca sativa***

Panjang tanaman selada masih tergolong rendah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Pada umur 28 HST tanaman selada mampu

tumbuh hingga ketinggian 27,22 cm dimana rata-rata panjang tanaman selada daun berkisar antara 30-40 cm (Haryanto et al., 2007). Adanya perlakuan air hasil fitoremediasi menunjukkan berpengaruh nyata terhadap panjang tanaman pada 7 HST, namun tidak berpengaruh nyata pada 14 HST, 21 HST dan 28 HST.

Tabel 7. Panjang tanaman budidaya *Lactuca sativa*

Perlakuan	Panjang tanaman (cm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
A1	12,00 <sup>abc</sup>	15,33	21,11	25,33
A2	9,22 <sup>a</sup>	12,66	14,88	19,94
A3	10,44 <sup>ab</sup>	13,66	16,33	20,50
A4	13,55 <sup>c</sup>	17,11	23,77	27,22
A5	13,11 <sup>bc</sup>	14,66	19,11	23,50
A6	11,55 <sup>abc</sup>	13,55	19,11	24,27

Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya tanaman selada tersebut adalah adanya kerusakan fisiologis pada tanaman berupa rusaknya jaringan-jaringan untuk melakukan fotosintesis dan gangguan dalam pembukaan stomata yang diakibatkan oleh adanya Pb. Pada minggu awal perlakuan (7 HST) tanaman selada masih beradaptasi dari gangguan Pb ditandai dengan kondisi fisik tanaman tersebut namun tidak pada fisiologis dan mulai menunjukkan gangguan pada minggu berikutnya (14 HST, 21 HST dan 28 HST). Bahan pencemar dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Hal ini disebut sebagai kerusakan yang tersembunyi, dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat, atau pembukaan stomata yang tidak sempurna (Rangkuti, 2004). Selain itu juga faktor lingkungan juga mempengaruhi panjang tanaman. Batang selada cenderung kecil dan gampang rebah, hal ini mengindikasikan bahwa tanaman selada mengalami etiolasi. Menurut Widiastuti *et al.* (2004), perubahan tinggi batang tanaman pada beberapa tanaman akibat naungan sudah tampak mengalami etiolasi pada naungan lebih dari 25%. Tanaman akan memiliki batang dan daun yang lebih sukulen

sehingga menyebabkan tanaman mudah rebah karena kekuatan batang yang tidak kokoh (Hidayat dan Koesmaryono, 2010). Berdasarkan hasil analisis ragam, penyiraman air hasil fitoremediasi Pb tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman selada (Tabel 8) dimana pada perlakuan A1 dan perlakuan A6 memiliki jumlah daun tertinggi dengan rata-rata 7 daun dan perlakuan lainnya rata-rata 6 daun pada 28 HST.

Tabel 8. Jumlah daun tanaman budidaya *Lactuca sativa*

Perlakuan	Jumlah	D	aun	
	7 HST			14 HST
A1	4	5	6	7
A2	4	4	6	6
A3	4	4	5	6
A4	4	5	6	7
A5	4	5	5	6
A6	4	5	6	6

Keterangan sama dengan keterangan pada Tabel 2

## Kesimpulan

Tanaman air efektif menurunkan kandungan logam berat Pb pada tanaman *Ceratophyllum demersum* hingga 81,1% dan tanaman *Lemna minor* hingga 75,5% pada konsentrasi Pb 2 ppm dan 5 ppm dibawah ambang batas minimum baku mutu air limbah untuk logam berat Pb yaitu 1 ppm pada perlakuan A1, perlakuan A3 dan perlakuan A4 dengan nilai berurutan 0,492 ppm, 0,444 ppm, dan 0,944 ppm. Untuk Perlakuan A2, perlakuan A5 dan Perlakuan A6 memiliki nilai yang masih di atas ambang batas minimum yaitu berurutan 1,225 ppm, 1,56 ppm dan 4,31 ppm. Adanya pemberian air hasil fitoremediasi pada tanaman budidaya selada memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tersebut baik dari panjang tanaman, jumlah daun, berat basah dan berat kering tajuk dan akar, dimana adanya perlakuan membuat tanaman selada tumbuh kurang optimal.

## Daftar Pustaka

Adack, J. 2013. Dampak pencemaran limbah pabrik tahu terhadap lingkungan hidup. Jurnal Lex

- Administratum Universitas Sam Ratulangi. 1(3):78-87.
- Caroline, J. dan Moa, G.A. 2015. Fitoremediasi Logam Pb Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. Prosiding Seminar *Sains dan Teknologi Terapan III Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya 3 (17):733-744*
- Gothberg, A. 2008. Metal fate and sensitivity in the aquatic tropical vegetable ipomoea aquatica. *Journal of Environmental Science* 5(11):1 – 39.
- Gusnita, D. 2012. Pencemaran logam berat timbal (Pb) di udara dan upaya penghapusan bensin bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara* 13(3):93-101.
- Hardiani, H. 2009. Potensi tanaman dalam mengakumulasi logam Cu pada media tanah terkontaminasi limbah padat industri kertas. *Jurnal BS Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung*. 44(1): 27-40.
- Haryanto, E., T.Suhartini., E.Rahayu., dan Sunarjono. 2007. Sawi dan Selada. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Haryati, M. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnobaris Flava*) Menyerap logam berat timbal limbah cair kertas pada biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda. *Jurnal Lentera Bio* 1(3): 131-138.
- Hidayat, N. 2008. Pertumbuhan dan produksi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) varietas lokal madura pada berbagai jarak tanam dan dosis pupuk fosfor. *Jurnal Agrogivor*. 1 (1): 55-64.
- Hidayat, T. dan Koesmaryono. 2010. Efisiensi pemanfaatan radiasi surya, pertumbuhan dan produksi tanaman soba (*Fagopyrum esculentum*) di Ciawi Bogor. *Jurnal Agrista* 14(1):14-20.
- Indrasti, N., Suprihatin., Burhanudin, dan Novita, A. 2006. Penyerapan logam Pb dan Cd oleh eceng gondok : pengaruh konsentrasi logam dan lama waktu kontak. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 16(1):44-50.
- Irawanto, R. 2010. Fitoremediasi lingkungan dalam taman Bali. *Local Wisdom-Jurnal Ilmiah Online*. 2(4):29-35
- Kastratović, V., S. Krivokapic, M. Bigovic., D. Durovic. and Blagojevic. 2014. Bioaccumulation and translocation of heavy metal by *Ceratophyllum demersum* from the Skadar Lake, Montenegro. *Journal of Serbian Chemical Society* 79 (11): 1445-1460
- Lorestani, B., Cheraghi, N.N. and Yousefi. 2011. Phytoremediation potential of native plants growing on a heavy metals contaminated soil of copper mine in Iran. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 5 (5):200-304.
- Mellem, J., H. Baijnath. and Odhav, B. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu dan Ni with the ability for hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *Journal of Agricultural Science* 7 (1): 591-596.
- Novandri, R., Hayati, R. dan Zahara, T. 2014. Remediasi tanah tercemar logam timbal (Pb) menggunakan tanaman bayam cabut (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Teknik Lingkungan* 1(1):1-10.
- Rangkuti, M. 2004. Kandungan logam berat timbal dalam daun dan kulit kayu manis (*Cinamomum burmani*) pada sisi kiri jalan tol Jagorawi. *Jurnal BioSMART* 6(2): 143-146.
- Safarrida, A., Ngadiman, dan Jaka. 2015. Fitoremediasi kandungan kromium pada limbah cair menggunakan tanaman air. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains* 2(2):55-59.
- Siahaan, M., Ambariyanto, dan Yulianto, B. 2013. Pengaruh pemberian timbal (Pb) dengan konsentrasi berbeda terhadap klorofil, kandungan timbal pada akar dan daun, serta struktur histologi jaringan akar anakan mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research* 2(2):111-119.
- Widiastuti, L., Ohari, E., dan Sulistyarningsih. 2004. Pengaruh intensitas cahaya dan kadar daminosida terhadap iklim mikro dan pertumbuhan tanaman krisan dalam pot. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11(2):35-42.
- Widyasari, N., Moelyaningrum, dan Pujiati. 2013. Analisis potensi pencemaran timbal (Pb) pada tanah, air lindi dan air tanah (sumur monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember. *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa 2013 Universitas Jember*. 1(1) :1-8.