

## Potensi Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan yang Tercemar Lumpur Lapindo, Sidoarjo

### *Potential of Tapak Dara Air (Ludwigia adscendens) in Reducing Heavy Metal Content of Lead in the Polluted Waste Waters of Lapindo Mud, Sidoarjo*

Lutfi Widya Nandra\*, Tarzan Purnomo

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*email: [lutfinandra@gmail.com](mailto:lutfinandra@gmail.com)

#### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis penyerapan timbal (Pb) pada akar, persentase penurunan pada media tanam, dan pertumbuhan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) pada biomassa dan waktu detensi yang berbeda. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan. Faktor perlakuan pertama adalah biomassa tumbuhan sebesar 0 gram (tanpa tanaman), 50 gram, 100 gram, 150 gram dan faktor perlakuan yang kedua yaitu waktu detensi selama tujuh hari dan empat belas hari. Parameter pada penelitian ini adalah kandungan timbal pada media tanam, kandungan timbal pada akar tapak dara air dan biomassa basah tapak dara air. Data terkait rata-rata penyerapan timbal oleh akar, penurunan timbal pada media tanam dan pertumbuhan tanaman dianalisis menggunakan uji analisis varian (ANOVA) dua arah untuk mengetahui perbedaan pada setiap perlakuan dan dilanjutkan dengan uji Duncan's untuk mengetahui perlakuan terbaik. Hasil penelitian menunjukkan biomassa dan waktu detensi memberi pengaruh berbeda nyata terhadap persentase penyerapan timbal pada akar tapak dara air, penurunan timbal pada media tanam dan pertumbuhan tumbuhan. Penyerapan paling optimal yaitu pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 83,62% (1,781 ppm). Penurunan timbal pada media tanam tertinggi pada biomassa 50 gram, 100 gram, dan 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 90% (1,911), 91% (1,939 ppm), 91% (1,934 ppm). Pertumbuhan tertinggi tanaman yaitu pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 7 hari sebesar 158,67 gram.

**Kata kunci:** biomassa; logam berat timbal (Pb); pertumbuhan; tapak dara air (*Ludwigia adscendens*); waktu detensi.

#### ABSTRACT

The purpose of this study to analyzed the percentage of lead absorption in the root, percentage decreasing in planting medium, and growth of tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) in different biomass and time of detention. This study used Randomized Block Design with two treatment factors. The first treatment factor was plant biomass of 0 gram (control), 50 gram, 100 gram, 150 gram and second treatment factor that was detention time for seven days and fourteen days. Parameters in this research are lead content on planting medium, lead content at tapak dara air root and wet biomass tapak dara air. Data related to the average of lead absorption by roots, decreasing lead on growing media and plant growth were analyzed using a two-way variance analysis (ANOVA) test to determine differences in each treatment and continued with Duncan's test to determine the best treatment. The results showed that biomass and detention time gave significant different effect on the percentage of lead absorption at tapak dara air root, decreasing lead on growing media and plant growth. The most optimal absorption is on 150 gram biomass and 14 day detention time was 83,62% (1,781 ppm). The lead decrease in the highest planting medium in the biomass was 50 gram, 100 gram, and 150 gram and the detention time of 14 days was 90% (1,911), 91% (1,939 ppm), 91% (1,934 ppm). The highest growth of plants was on biomass 150 grams and 7 day detention time of 158,67 grams.

**Key words:** biomass; growth; heavy metal lead (Pb); tapak dara air (*Ludwigia adscendens*); time detention.

#### PENDAHULUAN

Lumpur lapindo Sidoarjo merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi sejak tahun 2006 di Desa Sumber Panji, Porong Sidoarjo. Volume lumpur yang dikeluarkan setiap harinya sebanyak

5000 m<sup>3</sup> pada tahun 2006, semakin lama volume lumpur mengalami peningkatan hingga mencapai 100.000-110.000 m<sup>3</sup>/hari pada tahun 2007 (Pohl, 2007). Peningkatan volume lumpur menyebabkan

terendamnya lahan pertanian, perumahan, persawahan, sarana dan prasarana.

Lumpur lapindo mengandung beberapa jenis logam diantaranya, Pb, Cd, dan Cr. Menurut Parawita (2009) Sungai Porong mengandung logam berat Pb sebesar 0,490 ppm. Berdasarkan hasil uji pendahuluan, kandungan logam berat timbal pada perairan yang tercemar lumpur lapindo yaitu 0,37 ppm. Hasil tersebut menunjukkan kandungan timbal di perairan melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air, kandungan timbal di perairan sebesar 0,03 ppm.

Timbal merupakan logam berat non-esensial yang bersifat racun terhadap organisme. Timbal yang masuk ke badan perairan merupakan dampak dari aktivitas manusia diantaranya limbah industri, limbah biji tambang dan buangan sisa industri baterai (Palar, 2012). Pembuangan lumpur lapindo ke sungai akan berdampak terhadap kualitas air dan perikanan (Purnomo, 2014).

Fitoremediasi adalah cara alami untuk membersihkan logam berat di perairan, sedimen dan tanah menggunakan tanaman. Tapak dara air merupakan jenis tumbuhan makrofit yang dapat digunakan untuk menyerap logam berat yang ada di perairan (Sharma dan Sanghi, 2012). Tanaman ini mempunyai tingkat pertumbuhannya sangat cepat dan hidupnya mengapung di permukaan air dengan ujung batang menjulang ke udara (Boediono, 1997 dalam Rachma, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rachma (2013) Tapak Dara Air mampu menyerap logam berat Kadmium (Cd) pada konsentrasi yang berbeda. Selain itu Jha *et al* (2016) tapak dara air merupakan tanaman yang mampu menyerap logam berat di perairan dan mengakumulasi di dalam akar.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan tapak dara air (*Ludwigia adscendens* (L.) H. Hara) pada biomassa dan waktu detensi yang berbeda dalam menurunkan kandungan timbal pada perairan tercemar lumpur lapindo.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Mei 2017. Alat yang digunakan adalah alat tulis, akuarium ukuran 35 cm x 30 cm x 20 cm, pH pen, termometer, timbangan elektronik, gelas ukur 1000 ml, *Atomic Absorption Spechtometry* (AAS), kertas label, kantong plastik, pipet. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini

adalah tanaman tapak dara air (*Ludwigia adscendens*), air yang tercemar lumpur lapindo, larutan HNO<sub>3</sub> pekat, HCl 6%, dan aquades.

Pada penelitian ini terdapat 2 faktor perlakuan yaitu 4 variasi biomassa 0 gram (kontrol), 50 gram, 100 gram dan 150 gram dan 2 variasi waktu detensi, yaitu 7 hari dan 14 hari. Masing-masing perlakuan diulang 3 kali sehingga didapatkan 24 unit eksperimen. Penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu tahap pertama yaitu persiapan yang terdiri dari pengambilan sampel tanaman, aklimatisasi tanaman, pembuatan media tanam; tahap kedua yaitu tahap eksperimen; tahap ketiga yaitu tahap pengambilan data; dan tahap keempat yaitu dekstruksi tanaman.

Tahap pertama yaitu pengambilan sampel tanaman di Desa Renokenongo, Porong Sidoarjo. Selanjutnya, aklimatisasi tanaman tapak dara air bertujuan untuk menyesuaikan tanaman tapak dara air terhadap kondisi habitat yang tidak tercemar logam berat. Tanaman yang digunakan dalam kondisi sehat daun berwarna hijau segar, panjang batang yaitu 10-20 cm, jumlah daun 10-15, panjang akar 1-5 cm. Ketiga, media tanam lumpur lapindo diperoleh dari saluran pembuangan lumpur lapindo ke Sungai Porong sebesar 4000 mL pada masing-masing akuarium.

Tahap kedua yaitu tahap eksperimen yang dilakukan sebelum dan sesudah penelitian. Langkah-langkah pada tahap ini diantaranya melakukan analisis kandungan logam berat awal pada media tanam, media tanam dimasukkan kedalam akuarium sebanyak 4000 mL, tanaman ditimbang sebesar 50 gram, 100 gram, dan 150 gram dan dimasukkan ke dalam akuarium, analisis kandungan timbal pada akar tapak dara air setelah perlakuan 7 hari dan 14 hari.

Tahap ketiga yaitu pengambilan data meliputi data awal dan akhir pada media tanam serta penyerapan timbal oleh akar, pertumbuhan tumbuhan sebelum dan sesudah perlakuan. Pertumbuhan yang diukur yaitu biomassa basah. Data pendukung diantaranya pH, suhu, intensitas cahaya. Analisis kadar awal dan akhir logam timbal (Pb) pada media tanam serta akar diukur menggunakan metode *Atomic Absorption Spechtometry* (AAS). Suhu media tanam diukur menggunakan termometer dalam derajat Celcius, pH media tanam diukur menggunakan pH pen, dan intensitas cahaya diukur menggunakan Lux meter. Biomassa basah tanaman ditimbang menggunakan timbangan elektrik.

Tahap yang keempat yaitu dekstruksi akar tapak dara air dan media tanam. Langkah-langkah dalam melakukan uji AAS pada media

tanam yang pertama yaitu sampel air diambil sebanyak 50 mL selanjutnya dimasukkan dalam *Beaker glass* ukuran 100 mL dan ditambah 1 mL  $\text{HNO}_3$  pekat. Sampel dipanaskan di atas *hot plate* hingga volumenya berkurang menjadi 75% sehingga volume akhir menjadi 12,5 ml. Filtrat yang telah didekstruksi didinginkan. Selanjutnya filtrate ditambah akuades hingga volumenya 50 ml dan disaring dengan kertas saring. Sampel yang sudah didekstruksi diujikan kadar logam timbal (Pb) menggunakan metode AAS. Kedua yaitu destruksi akar tapak dara air yang pertama sampel akar yang telah diberi perlakuan selama 7 dan 14 hari dipotong kecil-kecil dan dibungkus dengan aluminium foil, selanjutnya dikeringkan dengan suhu 105-110°C selama 60 menit menggunakan oven. Setelah sampel kering kemudian ditanur pada suhu 450°C selama 8 jam hingga menjadi serbuk. Kemudian serbuk ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke

dalam beaker glass 100 mL serta ditambahkan 10 ml HCl 10 M. Setelah itu sampel dipanaskan di atas *hotplate* hingga volumenya berkurang menjadi 0,75 ml. Filtrat diencerkan menggunakan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga volumenya 50 ml. Filtrat disaring menggunakan kertas saring. Sampel yang sudah didekstruksi kemudian diujikan kadar logam timbal (Pb) menggunakan metode AAS.

## HASIL

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui adanya pengaruh biomassa dan waktu detensi terhadap penyerapan timbal oleh akar tapak dara air (*Ludwigia adscendens*), penurunan timbal (Pb) pada media tanam dan pertumbuhan tanaman (Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3).

**Tabel 1.** Rerata persentase penyerapan timbal (Pb) pada akar tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) terhadap biomassa (g) dan waktu detensi (hari) yang berbeda

Waktu Detensi (hari)	biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	0,00±0,00 <sup>aA</sup>	65±0,103 <sup>bA</sup>	73±0,089 <sup>cA</sup>	79±0,062 <sup>dA</sup>
14	0,00±0,00 <sup>aB</sup>	73±0,045 <sup>cB</sup>	78±0,115 <sup>dB</sup>	84±0,018 <sup>eB</sup>

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti abjad yang sama pada baris dan kolom menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji Duncan's. Notasi huruf kecil menunjukkan biomassa dan notasi huruf besar menunjukkan waktu detensi.

**Tabel 2.** Rerata persentase (%) penurunan timbal pada media tanam terhadap biomassa (g) dan waktu detensi yang berbeda

Waktu Detensi (hari)	biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	3±0,0,317 <sup>aA</sup>	63±0,045 <sup>bA</sup>	74±0,0197 <sup>cA</sup>	79±0,0141 <sup>cA</sup>
14	3±0,330 <sup>aB</sup>	90±0,006 <sup>dB</sup>	91±0,010 <sup>dB</sup>	91±0,012 <sup>dB</sup>

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti abjad yang sama pada baris dan kolom menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji Duncan's. Notasi huruf kecil menunjukkan biomassa dan notasi huruf besar menunjukkan waktu detensi.

**Tabel 3.** Rerata biomassa basah (g) tapak dara air (*Ludwigia adscendens*)

Waktu Detensi (hari)	biomassa (gram)			
	0	50	100	150
7	0,00±0,00 <sup>aB</sup>	50,67±1,53 <sup>cB</sup>	103,33±4,04 <sup>eB</sup>	158,67±10,07 <sup>gB</sup>
14	0,00±0,00 <sup>aA</sup>	47,67±2,89 <sup>bA</sup>	86,33±11,24 <sup>dA</sup>	123,33±23,05 <sup>fA</sup>

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti abjad yang sama pada baris dan kolom menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji Duncan's. Notasi huruf kecil menunjukkan biomassa dan notasi huruf besar menunjukkan waktu detensi.

Penyerapan timbal tertinggi pada interaksi biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 1,781 ppm dengan persentase penyerapan 84% (Tabel 1). Penurunan timbal pada media tanam yang paling tinggi yaitu pada interaksi biomassa 50 gram, 100 gram, 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 1,911 ppm (90%), 1,939 ppm (91%), 1,944 ppm (91%) (Tabel 2). Penyerapan timbal oleh tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yaitu biomassa basah. Pertumbuhan

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) pada biomassa, waktu detensi, interaksi biomassa dan waktu detensi yang berbeda berpengaruh secara nyata terhadap persentase penyerapan logam oleh akar tanaman. Perlakuan terbaik penyerapan timbal yaitu pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari, akar tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) mampu menyerap timbal paling tinggi sebesar 1,781 ppm (84%). Waktu detensi berpengaruh terhadap penyerapan timbal oleh akar. Semakin lama waktu detensi maka penyerapan logam oleh akar akan semakin tinggi (Rachmadiarti *et al*, 2012). Penyerapan timbal oleh akar tanaman tapak dara air melalui tiga proses diantaranya penyerapan oleh akar, translokasi logam oleh akar melalui xilem dan floem, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu pada jaringan tumbuhan agar tidak menghambat metabolisme sel yang lain (Priyanto dan Prayitno, 2008).

Timbal pada media tanam akan diserap oleh akar tapak dara air dalam bentuk ion divalent  $Pb^{2+}$ . Timbal masuk ke tanaman secara pasif dan diserap oleh akar tapak dara air secara radial melalui jalur apoplas. Jalur ini merupakan lintasan masuknya timbal dari sel ke sel melalui ruang diantara polisakarida dinding sel. Selanjutnya timbal akan masuk melalui dinding sel epidermis menuju ke korteks kemudian ke jaringan xilem. Pengangkutan timbal dilakukan oleh membran plasma sel-sel endodermis karena adanya pita kaspari yang bersifat impermeabel. Timbal akan terakumulasi dekat dengan endodermis. Endodermis berfungsi sebagai *partial barrier* terhadap pemindahan logam dari akar (Salisbury dan Ross, 1995; Lakitan, 2009; Sharma and Dubey, 2005).

Timbal yang masuk ke dalam akar tanaman melalui *transport ligand* untuk menuju ke xilem dan sel daun. Transpor ligand merupakan kelompok thiol yang berfungsi sebagai

tanaman tertinggi pada interaksi biomassa 150 gram dan waktu detensi 7 hari sebesar 158.67 gram (Tabel 3). Faktor fisik dan kimia lingkungan diantaranya pH, suhu, dan intensitas cahaya berpengaruh terhadap penyerapan timbal oleh tapak dara air. pH pada media tanam mengalami peningkatan antara 6.7-7.8. Suhu pada media tanam mengalami perubahan pada waktu detensi 7 hari dan 14 hari antara 28°C-33.0°C. Intensitas cahaya berkisar antara 434.00-726.33.

pengkhelet logam. Ligand merupakan senyawa pengkhelet seperti asam amino yaitu fitokhelatin dan methalothionin serta asam organik seperti glutathione. Thiol merupakan senyawa aktif yang berfungsi untuk mencegah stres oksidatif pada sel tanaman. Selanjutnya kompleks ligand akan menuju ke sel daun melewati plasmalema, tonoplasma dan sitoplasma. Timbal akan terakumulasi di dalam vakuola yang akan bereaksi dengan akseptor kompleks logam yang selanjutnya akan membentuk akseptor kompleks logam. Kemudian transport ligand akan dilepas dan akseptor kompleks logam akan terakumulasi di dalam vakuola (Gupta *et al*, 2010; Sharma dan Dubey, 2005; Pourrut *et al*, 2011).

Masuknya timbal ke dalam tapak dara air akibat adanya asam amino yaitu protein pengkhelet diantaranya fitokhelatin dan metalohionin. Fitokhelatin (PCs) berfungsi untuk mendetoksifikasi timbal yang masuk ke dalam tanaman (Pourrut, 2012). Fitokhelatin adalah kelompok peptida yang terdiri dari 2-8 asam amino sistein di pusat molekul dan suatu asam glutamate serta glisin pada ujung yang berlawanan (Gly;  $(\gamma\text{-Glu-Cys})_n\text{-Gly}$ ). Ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) akan dikhelet oleh belerang (S) sehingga membentuk ikatan sulfide (gugus -SH) kemudian akan membentuk kompleks logam yang diikat oleh fitokhelatin (PCs) membentuk ikatan PC-Pb yang selanjutnya akan terakumulasi didalam vakuola (Salisbury dan Ross, 1995; Oktaviani, 2014; Sharma and Dubey, 2005).

Penyerapan timbal oleh akar tapak dara air menyebabkan penurunan timbal pada media tanam. Tabel 2 menunjukkan hasil penelitian yaitu biomassa, waktu detensi, serta interaksi antara biomassa dan waktu detensi berpengaruh nyata terhadap penurunan timbal pada media tanam. Penurunan timbal pada media tanam dikarenakan adanya perbedaan konsentrasi pada media tanam dan tapak dara air (Fitter dan Hay, 2001). Media tanam lumpur lapindo mengandung kadar timbal yang tinggi sehingga konsentrasi di

media tanam meningkat sedangkan konsentrasi pada tanaman lebih rendah. Akibat perbedaan konsentrasi menyebabkan perpindahan massa secara difusi dan osmosis, yang mana zat pada media tanam pada konsentrasi tinggi akan berpindah ke jaringan tumbuhan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) yang mempunyai konsentrasi rendah (Salisbury dan Ross, 1995).

Masuknya timbal ke dalam tapak dara air berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan berkurangnya kandungan klorofil pada daun sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu dan menyebabkan penurunan pada produktivitas tanaman. Timbal akan menghambat sintesis klorofil dengan menghambat pengambilan unsur-unsur penting seperti Mg dan Fe (Sharma dan Dubey, 2005).

Pertumbuhan tanaman diukur dari biomassa basah tapak dara air. Tabel 3 menunjukkan semakin lama waktu detensi penurunan biomassa basah semakin tinggi. Pertambahan biomassa tumbuhan pada waktu detensi 7 hari menunjukkan bahwa tapak dara mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang tercemar logam berat. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara timbal dengan akar yang mampu mengeluarkan eksudat akar (Oktaviani, 2014).

Penurunan biomassa tanaman pada waktu detensi 14 hari Tabel 3 dipengaruhi beberapa faktor diantaranya, faktor pertama yaitu tapak dara mengalami kesulitan dalam memperoleh air sehingga potensial osmotik pada media tanam lumpur lapindo lebih besar dibandingkan dengan potensial osmotik tanaman. Faktor yang kedua yaitu tapak dara air mengalami kesulitan dalam memperoleh unsur hara dikarenakan adanya kompetisi ion logam esensial dan ion logam non-esensial pada media tanam. Faktor yang ketiga yaitu kesulitan tumbuhan dalam memperoleh karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Haryati dkk, 2012).

Perubahan pH pada media tanam mempengaruhi kelarutan timbal pada media tanam sehingga akan mempengaruhi penyerapan zat terlarut (Armand dan Nisma, 2010). Kenaikan pH menyebabkan kelarutan logam di dalam air menurun karena terjadi perubahan bentuk karbonat menjadi bentuk hidroksi yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air. Sehingga pH mengalami kenaikan menjadi basa menandakan timbal pada perairan mengalami penurunan akibat terserapnya timbal oleh akar tapak dara air (Darmono, 1995).

Suhu mempengaruhi penyerapan partikel pada timbal. Suhu yang tinggi menyebabkan

kelarutan yang rendah pada partikel timbal (Fitter dan Hay, 1991). Timbal akan berikatan dengan oksigen membentuk ion Pb(O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Prasetyono, 2011).

## SIMPULAN

Biomassa, waktu detensi, dan interaksi biomassa dan waktu detensi berpengaruh terhadap persentase penyerapan timbal pada akar tapak dara air, penurunan timbal pada media tanam, dan pertumbuhan tumbuhan. Penyerapan timbal oleh akar tumbuhan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*) tertinggi yaitu pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 1,781 ppm dengan persentase sebesar 83,62%. Penyerapan timbal menyebabkan penurunan pada media tanam. Penyerapan oleh akar mempengaruhi pertumbuhan tapak dara air (*Ludwigia adscendens*), pertumbuhan tertinggi yaitu pada biomassa 150 gram dan waktu detensi 14 hari sebesar 158,67 gram.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arman B dan Nisma F, 2010. Pengaruh Umur Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Penyerapan Logam Pb, Cd, dan Cu Dalam Ember Perlakuan Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Farmasains*. 1(2):62-70.
- Darmono. 1995. *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press
- Fitter AH. dan Hay RK, 2001. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: UGM Press.
- Gupta D, Huang H, Yang X, Razafindrabe B, Inouhe M. 2010. The Detoxification of Lead in *Sedum alfredii* H. is not Related to Phytochelatins but the Gluthathione. *Journal Hazard Mater*. 1(3): 437-444.
- Haryati M, Purnomo T, Kuntjoro S, 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair kertas Pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *LenteraBio*. 1(3): 131-138.
- Jha P, Samal AC, Santra SC, Dewanji A, 2016. Heavy Metal Accumulation Potential of Some Wetland Plants Growing Natural In the City of Kolkata, India. *American Journal of Plant Science*. 7: 2112-2137.
- Lakitan B, 2009. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Oktaviani R, Rachmadiarti F, Wisanti, 2014. Potensi Pistia sratioites dan Spyrogyra Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Perairan. *LenteraBio*. 3(3): 276-181.
- Palar H, 2012. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Parawita D, Insafitri, Nughraha WA, 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*. 2(2): 117-124.

- Priyanto B dan Prayitno J, 2008. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat* (Online) Diakses melalui <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.html> pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Pohl C, 2007. Lapindo Brantas and the Mud Volcano Sidoarjo, Indonesia. *Friends of the Earth International and Friends of the Earth Europe* (Online) Diakses pada tanggal 17 Oktober 2016.
- Pourrut B, Shahid M, Dumat C, Winterton P, Pineli E, 2011. Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 213:113-136.
- Prasetyono S, 2011. Bioremediasi logam berat timbal (Pb) pada lumpur Lapindo dengan menggunakan Eceng Gondok (*Eicchornia crassipens* Mort (Solm.)) pada berbagai tingkat biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Unesa.
- Priyanto, B. dan J, Prayitno. 2008. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat* (Online) Diakses melalui <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.html> pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Purnomo T, 2014. Cadmium And Lead Content in Aquatic Ecosystem, Brackishwater Ponds And Fish in Areas Affected Lapindo Mud. *Proceeding of International Conference on Research, Implementaton and Education of Mathematics and Sciences*. 169-176.
- Rachma NA, 2013. Adaptasi Tumbuhan Tapak Dara Air (*Jussiaea repens* L.) Yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Rachmadiarti F, Soehono LA, Utomo WH, Yanuwiyadhi B, Fallowfield H, 2012. Resistance of Yellow Velvetleaf (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Exposed to Lead. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2(6): 210-215.
- Sharma P and Dubey RS, 2005. Lead Toxicity in Plants. *Journal Plant Physicol*. 17(1): 35-52.
- Sharma SK and Sanghi R, 2012. *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention*. (ebook). Online. Diakses melalui <https://books.google.co.id/sharmaandsanghi> 2012/advancesinwatertreatment pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Salisbury FB and Ross CW, 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.