LenteraBio
Berkala Ilmiah Biologi
ISSN: 2252-3979
http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio

Azolla microphylla sebagai Fitoremediator Logam Pb

Azolla microphylla as Pb Phytoremediator

Dwi Wahyuning Asih*, Fida Rachmadiarti
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya
*e-mail: dwiwahyuning06@gmail.com

ABSTRAK

Fitoremediasi merupakan teknik pengendalian pencemaran air dengan penggunaan tumbuhan untuk mentransfer, menghapus, menstabilkan atau menurunkan kontaminan di air. Tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan pengaruh konsentrasi Pb terhadap kadar Pb pada akar *A. microphylla* dan mendeskripsikan pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla.* Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Terdapat satu faktor perlakuan yaitu konsentrasi Pb pada media tanam (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm) dengan tiga kali pengulangan. Parameter yang diukur adalah kadar Pb pada akar *A. microphylla* dan pertumbuhan tumbuhan setelah 14 hari perlakuan. Analisis data menggunakan Anava satu arah kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap kadar Pb pada akar *A. microphylla*. Kadar Pb tertinggi terdapat pada konsentrasi 15 ppm sebesar 3,89±0,02 ppm. Terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla,* pertumbuhan terbaik sebesar 30,00±5,00 gr dan 32,67±4,62 gr pada konsentrasi 5 ppm dan 10 ppm.

Kata Kunci: *Azolla microphylla*, fitoremidiasi, kadar pb, logam pb, pertumbuhan

ABSTRACT

Phytoremediation is control of water pollution techniques use the plants to transfer, remove, stabilize or decrease contaminants in water. The purpose of this study were to describe the effect of Pb concentration on Pb level on root A. microphylla and to describe the effect of Pb concentration on growth of A. microphylla. This research design used a randomized block design. There was one treatment factor that is Pb concentration in planting medium (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm and 15 ppm) with three replication. The parameters measured were Pb levels at root A. microphylla and plant growth after 14 days of treatment. The data were analyzed using Anova one way then proceed with Duncan test. The results showed that there was an influence of Pb concentration on Pb level at root A. microphylla. The highest concentration of Pb was at concentration 15 ppm with average 3.89 ppm. Pb concentration influenced the on growth of A. microphylla, best growth were 33.00±5.00 gr and 32.67±4.62 gr at concentration 5 ppm and 10 ppm.

Key words: *Azolla microphylla,* growth, phytoremediation, pb level

PENDAHULUAN

Timbal (Pb) adalah salah satu logam berat non essensial bagi tumbuhan dan pada umumnya ditemukan dalam perairan yang tercemar pembuangan limbah industri. Pencemaran logam berat ke dalam lingkungan perairan bisa menimbulkan dampak negatif bagi biota perairan. Pencemaran logam berat ke dalam lingkungan perairan bisa menimbulkan dampak negatif bagi biota perairan. Terdapat 80 jenis unsur logam, salah satunya adalah timbal (Pb) yang termasuk dalam kategori "*the big three heavy metal*" berdasarkan tingkat keracunannya (Rezazee *et al.,* 2005). Akumulasi zat pencemar utamanya logam berat sangat berbahaya bagi kesehatan biota perairan.

Teknik fitoremediasi merupakan suatu teknik untuk pencemaran tersebut dengan menggunakan tumbuhan air sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat (Zayed *et al.*,1998). Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk mentransfer, menghapus, menstabilkan atau menurunkan kontaminan di tanah (Ali *et al.* 2013), air dan sedimen (Singh, 2012).

Azolla microphylla merupakan salah satu tumbuhan air dengan cara hidup terapung dan mewakili tumbuhan berakar tanpa substrat (Sood, 2011) banyak ditemukan di sawah dan kolam mempunyai permukaan daun yang lunak dan hidup bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* (Dewi, 2016; Feriyanda, 2015). *Azolla microphylla* dapat mengakumulasi logam (Rahman dan Hasegawa, 2011) karena adanya kontak langsung dengan air yang terkontaminasi, mampu memproduksi biomassa lebih tinggi (Sood *et al.*,2011). Tumbuhan

air jenis mengapung akan menyerap logam berat melalui akar yang langsung menyerap unsur hara di suatu perairan (Priyanto dan Prayitno, 2008).

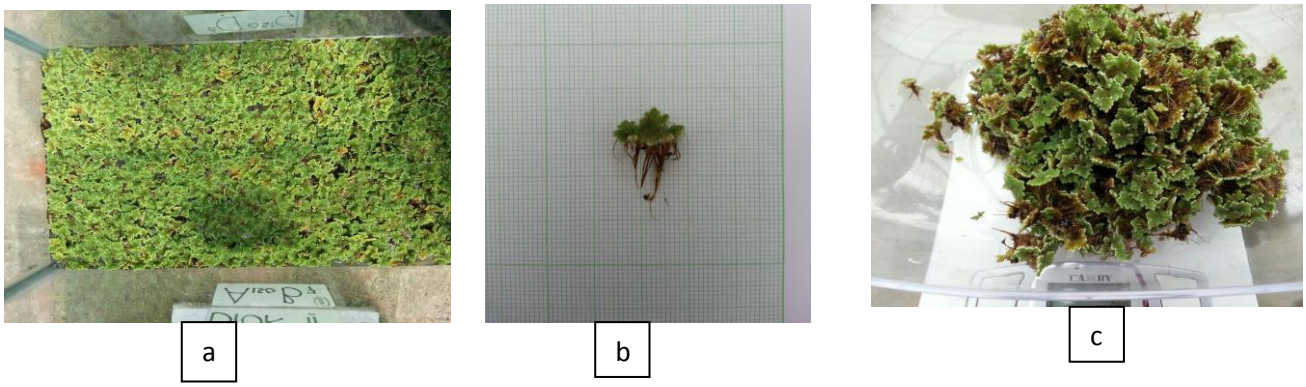
Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 03 Tahun 2010 kandungan logam Pb pada perairan dapat dikatakan normal jika tidak lebih dari 1 ppm, sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi Pb dengan 0, 5, 10, 15 ppm. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Ahmady (2014) tentang *Azolla microphylla* sebagai Biokonsentrasi Pencemaran Timbal (Pb) diperoleh hasil bahwa *A. microphylla* pada hari ketujuh dengan perlakuan penambahan timbal 5 ppm mampu menyerap Pb sebanyak 1,65 ppm sehingga dari hasil penelitian ini kandungan Pb di dalam air mengalami penurunan, sedangkan pada *A. microphylla* dan tanah mengalami peningkatan kandungan Pb pada hari ke-14 dibanding pada hari ke-7.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh konsentrasi Pb terhadap kadar Pb pada akar *A. microphylla* dan mendeskripsikan pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla.*

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini penelitian eksperimental, penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Juni 2017. Proses aklimatisasi hingga pengambilan data akan dilakukan pada kolam di Green House Jurusan Biologi dan uji Logam Berat Pb dilakukan pada Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya dan Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Tumbuhan *Azolla microphylla* diperoleh dari tempat budidaya Kec. Sepanjang, Kab. Sidoarjo. Variabel manipulasi dalam penelitian ini adalah konsentrasi Pb dengan tiga kali pengulangan. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah kadar Pb pada akar *A.micophylla*, dan pertumbuhan *A. micophylla* setelah 14 hari perlakuan.

Alat yang digunakan diantaranya akuarium ukuran p x l x t = 35cm x 30cm x 20 cm, kertas label, pisau, gelas ukur 1000 ml, kantong plastik bening, pipet volume, water Checker U-10, pH pen, luxmeter, termometer air, neraca. Adapun bahan pada penelitian ini adalah tanaman *Azolla microphylla,* logam berat $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm, larutan Hoagland, akuades. Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahap yakni tahap persiapan, tahap perlakuan dan tahap pengambilan data. Tahap persiapan terdiri dari tahapan aklimatisasi *A. microphylla*, dan pembuatan media tanam. Tahap perlakuan terdiri dari menimbang *A. microphylla* sebanyak 100 gr. Tahap pengambilan data terdiri pengukuran faktor fisik dan kimia, menimbang pertambahan biomassa *A. microphylla* setelah perlakuan, dan menganalisis kadar logam Pb pada Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Analisis data kadar Pb pada akar *A. Micophylla* dan pertumbuhan *A. microphylla* menggunakan statistik uji ANAVA satu arah kemudian dilanjutkan dengan menggunakan uji DMRT untuk mengetahui perlakuan yang paling baik.



Gambar 1. Bahan penelitian (a) *Azolla microphylla* pada tahap perlakuan; Gambar (b) dan (c) morfologi *Azolla microphylla* setelah perlakuan.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa *A. microphylla* mampu menyerap Pb dan mengalami pertumbuhan pada media yang terpapar Pb 0, 5, 10, 15 ppm setelah 14 hari perlakuan. Hasil kadar Pb pada akar *A. microphylla* diuraikan pada Tabel 1. Sedangkan pertumbuhan *A. microphylla* setelah perlakuan diuraikan pada Tabel 2. dan parameter fisik dan kimia lingkungan diuraikan pada Tabel 3. Berdasarkan data diperoleh bahwa konsentrasi Pb memengaruhi kadar Pb dalam akar *A. microphylla*. Kadar Pb mengalami kenaikan seiring dengan pertambahan konsentrasi Pb pada media. Terdapat notasi A, B, C dan D yang menunjukkan signifikasi antar perlakuan, sehingga diketahui kadar Pb tertinggi pada akar *A. microphylla* terdapat pada konsentrasi Pb 15 ppm dengan rerata sebesar 3,89 ppm dengan notasi D (Tabel 1). Pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla.* Terdapat notasi A, BC, C dan B yang menunjukkan signifikasi antar perlakuan. Pertumbuhan yang terbaik terdapat pada perlakuan konsentrasi Pb 5 ppm dan 10 ppm dengan rerata sebesar 30,00 gram dan 32,67 gram (Tabel 2).

Keadaan faktor fisik dan kimia lingkungan yang mengalami perubahan pada akhir perlakuan. Terdapat kenaikan nilai pH pada media tanam pada akhir perlakuan yakni dengan rata-rata 7,4 – 8,1 dibandingkan pada awal perlakuan yakni nilai pH sebesar 7,0. Pada data suhu mengalami perubahan dari 30^0C pada awal perlakuan sedangkan pada akhir perlakuan menjadi 31 – 28^0C. Pada data besarnya intensitas cahaya pada awal perlakuan adalah 750 candela sedangkan pada akhir perlakuan menjadi 600 – 530,7 candela (Tabel 3).

Tabel 1. Rata-rata dan standar deviasi kadar Pb pada akar *A. microphylla* setelah perlakuan

Konsentrasi Pb pada media (ppm)	Rerata dan SD Kadar Pb (ppm) dalam akar *A. microphylla*
0	$0{,}00\pm0{,}00^{A}$
5	$2.64\pm0{,}01^{B}$
10	$3{,}55\pm0{,}27^{C}$
15	$3{,}89\pm0{,}02^{D}$

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut Uji DMRT pada taraf uji 0,05.

Tabel 2. Rata-rata dan standart deviasi pertumbuhan *Azolla micophylla* setelah perlakuan

Konsentrasi Pb pada media (ppm)	Rerata dan SD Pertambahan Biomassa (gr) *A. microphylla*
0	$16{,}67\pm2{,}89^{A}$
5	$30{,}00\pm5{,}00^{BC}$
10	$32{,}67\pm4{,}62^{C}$
15	$15{,}00\pm4{,}36^{B}$

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut Uji DMRT pada taraf uji 0,05.

Tabel 3. Perubahan pH, suhu dan intensitas cahaya pada media tanam *A. microphylla* selama penelitian berdasarkan baku mutu PP No. 82 Th 2001

Parameter	Satuan	Perbedaan Konsentrasi Pb (ppm)				$\overline{X}$	Baku mutu
		0	5	10	15		
pH		7,0	7,4	7,6	8,1	7,5	5-9
Suhu	^{o}C	30	31	32	28	30,3	Deviasi 3
Intensitas cahaya	candela	750	600	463,7	530,7	586,1	

PEMBAHASAN

Salah satu cara pengolahan limbah cair yang berasal dari kegiatan industri adalah pengolahan alternatif dengan menggunakan tumbuhan air, teknik ini dinamakan teknik fitoremediasi yang mempunyai kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat (Zayed *et al*., 1998). Faktor yang mempengaruhi keberhasilan fitoremediasi dapat didasari oleh jumlah biomassa dan konsentrasi logam berat di bagian aerial tanaman (Gupta *et al*., 2013). Penelitian tentang *A. microphylla* sebagai fitoremediator logam Pb akibat pelakuan konsentrasi Pb terhadap kadar Pb pada akar dan pertumbuhan tumbuhan dapat diuraikan sebagai berikut. Terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap kadar Pb pada akar *A. microphylla*, kadar Pb tertinggi terdapat pada Pb 15 ppm yakni dengan rerata sebesar 3,89 ppm (Tabel 1). Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Pb yang diberikan pada media tanam maka kadar Pb yang terserap oleh akar *A. microphylla* akan meningkat. Penelitian Oktaviani (2014) menunjukkan konsentrasi Pb 5 ppm pada media mengakibatkan penyerapan kadar Pb yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Pb yang lebih rendah pada media.

Azolla microphylla memiliki kemampuan menyerap Pb, kemampuan tumbuhan dalam menyerap Pb karena tumbuhan membutuhkan unsur hara yang diperoleh dari media tanam (pemberian larutan Hoagland) sehingga *A. microphylla* tetap mampu melakukan metabolisme seperti fotosintesis dan respirasi. *Azolla microphylla* menyerap logam berat dari media ke akar, lalu ion logam berat baik dapat disimpan dalam akar atau translokasi ke tunas terutama melalui pembuluh xilem (Prasad, 2003). Hal ini didukung Sood *et al*. (2011) menyatakan tumbuhan air lebih cocok untuk pengolahan air limbah karena mampu memproduksi biomassa lebih tinggi dan kemampuan yang relatif lebih tinggi dalam menyerap polutan karena adanya kontak langsung dengan air yang terkontaminasi. Menurut Rahman dan Hasegawa (2011) menjelaskan kemampuan tumbuhan ini dalam menyerap logam Pb dapat disebabkan karena merupakan salah satu tumbuhan dengan jenis mengambang, sehingga dapat mengakumulasi logam dengan menggunakan akarnya yang terendam di dalam air.

Hasil penelitian pada *A. microphylla* morfologi akar mengalami pemendekan dan mudah rontok, sedangkan pada daun terlihat gejala klorosis. Namun berbeda dengan pernyataan menurut Neuenschwander *et al*. (2009) bahwa penghambatan perpanjangan akar dan rontoknya beberapa bulu akar menjadi efek dari respon toksisitas Pb hal ini karena terjadi penghambatan pembelahan sel akar dan atau penurunan ekspansi sel dalam zona perpanjangan di jaringan meristem akar. Rachmadiarti *et al.* (2012); Hayati dkk (2012) menjelaskan bahwa tumbuhan yang berada pada paparan lingkungan yang tercemar logam berat akan melakukan suatu mekanisme adaptasi untuk bertahan hidup. Adanya perubahan morfologi akar dan daun dari kedua tumbuhan tersebut dilakukan agar mampu betoleransi terhadap media yang mengandung Pb (Oktaviani, 2014). Menurut Palar (2012) kerusakan suatu tumbuhan yang terpapar oleh Pb diantaranya munculnya nekrosis dan klorosis pada akar maupun pada daun.

Terdapat dua mekanisme yang mungkin dilakukan tumbuhan dalam menghadapi suatu zat toksik, yakni ameliorasi dan toleransi. Ameliorasi merupakan kemampuan penanggulangan oleh tumbuhan yang mengabsorpsi ion logam dengan meminimalkan pengaruhnya misalnya dengan dilusi (pengenceran), dan inaktivasi secara kimia. Toleransi dilakukan oleh tumbuhan dengan mengembangkan suatu sistem yang mampu bertahan pada paparan konsentrasi toksik tertentu. Hal ini dilakukan agar mampu betoleransi terhadap media yang mengandung Pb (Fitter and Hay, 2001) syarat suatu tumbuhan bertoleransi terhadap logam berat adalah dengan kemampuannya yang tetap tumbuh meskipun berada dalam paparan logam berat (Gupta *et al*., 2013).

Terdapat pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla* dengan pertumbuhan terbaik terdapat pada konsentrasi Pb 5 ppm dan 10 ppm dengan rerata sebesar 30,22 gram dan 32,67 gram (Tabel 2). Pada konsentrasi Pb yang terlalu tinggi (15 ppm) menyebabkan *A. microphylla* mengalami pertumbuhan yang kurang optimal. Hal ini sesuai dengan Hartati dkk (2011) bahwa semakin tinggi konsentrasi Pb pada media tanam maka penurunan laju pertumbuhan tumbuhan akan semakin meningkat, hal ini dapat disebabkan oleh adanya logam Pb yang masuk ke dalam sel yang akan berikatan dengan enzim menyebabkan metabolisme dalam sel akan terganggu.

Azolla microphylla dalam keadaan tercemar Pb tetap mampu tumbuh, hal ini dapat disebabkan karena kemampuan tumbuhan dalam menyerap Pb karena tumbuhan membutuhkan

unsur hara yang diperoleh dari media tanam (pemberian larutan Hoagland sebelum perlakuan) sehingga *A. microphylla* tetap mampu melakukan metabolisme seperti fotosintesis dan respirasi. Selain itu *A. microphylla* telah mampu mengalami mekanisme adaptasi dan toleransi terhadap kondisi media tanam yang terpapar Pb seperti adanya perubahan morfologi akar maupun pada daun. Tangahu *et* al. (2011) menyatakan bahwa tumbuhan yang berkontak langsung dengan paparan logam berat akan mengalami perubahan warna pada daun karena penurunan klorofil pada tumbuhan.

Faktor fisik dan kimia lingkungan juga memengaruhi penyerapan logam dalam akar dan pertumbuhan diantaranya intensitas cahaya, suhu, dan pH, Intensitas cahaya yang tinggi mengakibatkan suhu media tanam air yang tercemar lumpur lapindo meningkat (Muflikah, 2012). Peningkatan suhu akan mempercepat penyerapan ion logam (Fritioff *et al*., 2005). Rerata suhu perlakuan berkisar 28-33^{o}C termasuk standar baku mutu suhu normal untuk perairan. Kenaikan suhu dapat menaikkan kecepatan difusi ion ke akar termasuk ion logam (Fitter dan Hay, 2001).

Kelarutan logam dalam air memengaruhi pH air. Air yang mengandung kadar logam tinggi, pH-nya akan turun (asam). Semakin rendah kadar Pb pada media, maka semakin tinggi pH (menuju basa). Kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam dalam air, karena akan mengubah logam dari bentuk karbonat menjadi bentuk hidroksi yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air (Darmono, 1995). Penurunan Pb pada media diikuti oleh kenaikan pH. Perairan yang mengandung logam berat akan bersifat asam, hal ini menyebabkan kelarutan logam Pb semakin besar (Palar, 2012).

SIMPULAN

Simpulan hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh konsentrasi Pb pada media tanam terhadap kadar Pb pada akar, kadar Pb tertinggi terdapat pada konsentrasi Pb 15 ppm dengan rerata sebesar 3,89 ppm**.** Ada pengaruh konsentrasi Pb terhadap pertumbuhan *A. microphylla*, pertumbuhan terbaik terdapat pada perlakuan konsentrasi Pb 5 ppm dan 10 ppm dengan rerata sebesar 30,00 gram dan 32,67 gram.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmady, Guntur A, Pindi P dan Riri E, 2014. *Azolla microphylla* sebagai Biokonsentrasi Pencemaran Timbal (Pb). *Skripsi.* Tidak Dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Ali H, Azzat K dan Muhammad AS, 2013. Phytoremediation of Heavy Metals-Concepts and Applications. *Chemosphere*, 91: 869-881.

Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.

Dewi PD, 2016, Pengaruh Pemberian Kombinasi Pakan *Azolla microphylla* dan Konsentrat Terhadap Pertumbuhan Ikan mas (*Cyprinus carpilio* L). *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Jember: Universitas Negeri Jember.

Feriyanda S, 2015. Pemanfaatan Tepung Azolla sebagai Bahan Pakan terhadap Pertumbuhan, Retensi Protein dan Rasio Konversi Pakan Ikan Lele Dumbo *(clarias gariepinus*). *Tesis*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

Fitter AH dan Hay RK, 2001. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: UGM Press.

Fritioff AL, Kautsky M dan Greger. 2005. Influence of Temperature and Salinity on Heavy Metal Uptake by Submerged Plants. *Environmental Pollution Elsevier Journal*, 133: 265-274.

Gupta DK, HG Huang, dan FJ Corpas, 2013. Lead Tolerance In Plants: Strategies for Phytoremediation. *Environ Sci Pollut Res*, 20: 2150-2161.

Hartati I, Riwayati I dan Kurniasari L, 2011. Potensi xanthate pulpa kopi sebagai adsorben pada pemisahan ion timbal dari limbah industry batik. *Journal momentum,* 7(2): 25-30.

Haryati, Maharani, Tarzan P dan Sunu K, 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Lentera Bio.* 1(3):131-138.

Neuenschwander P, Mic HJ, Ted DC dan Martin PH, 2009. *Biological Control of Tropical Weeds Using* Arthropods : Cambridge University Press.

Oktaviani R, Rachmadiati F dan Wisanti, 2014. Potensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan *Spirogyra* sp. sebagai Agen Fitoremediasi dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Perairan. *Jurnal LenteraBio,* 2: 1-12.

Palar dan Haryando, 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Prasad MNV dan H Freitas, 2003. Metal Hyperaccumulation in Plants Biodiversity Prospecting for Phytoremediation Technology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6: 285–321.

Priyanto B dan Prayitno, 2008. *Fitoremidiasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*. diakses pada tanggal 01 Februari 2017.

Rahman AM dan Hasegawa H, 2011. Review Aquatic Arsenic: Phytoremediation Using Floating Macrophytes. *Chemosphere,* 83: 633-646.

Rachmadiarti F, Soehono LA, Utomo WH, Yanuwiyadi B dan Fallowfield H, 2012. Resistance of Yellow Velvetleaf (Limnocharis flava (L.) Buch.) Exposed to Lea. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences,* 2(6): 210-215.

Republik Indonesia, 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan Pemerintah No. 82.

Republik Indonesia, 2010. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri .Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 03.

Rezazee A, Derayat J, Mortazavi SB, Yamini dan Jafarzadeh MT, 2005. Removal of Mercury from chlor-alkali Industry Wastewater using Acetobacter xylinum Cellulose. *American Journal of Environmental Safety,* 73: 1264-1271.

Singh PK dan Subudhi BPR, 2012. Save Food, Use Azolla as Polutry Feed. *Indian Fmg,* 27(1): 1578-1582.

Sood APL, Uniyal R dan Rasana ASA, 2011. Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, Azolla. *AMBIO*, 41: 122-137.

Tangahu BV, Siti RSA, Hassan B, Mushrifah I, Nurina A dan Muhammad M, 2011. A review on heavy metals (As, Pb, dan Hg) uptake by plats through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering,* 25(7): 93-101.

Zayed A, Gowthaman S dan Terry N, 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *J. Environ. Qual*, 27(15): 715-721.