

Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda

Maharani Haryati, Tarzan Purnomo, Sunu Kuntjoro
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

ABSTRAK

Industri kertas menghasilkan hasil samping berupa limbah terutama limbah cair dalam volume sangat besar yang mengandung logam berat Pb, dan biasanya dibuang ke perairan sehingga menimbulkan pencemaran. Untuk itu diperlukan upaya meminimalkan kadar logam Pb sebelum dibuang ke perairan, diantaranya dengan memanfaatkan tanaman genjer sebagai agen fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman genjer dalam menyerap logam timbal (Pb) dari limbah cair kertas. Penelitian dilaksanakan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan, yaitu biomassa tanaman dan lama waktu pemaparan. Faktor perlakuan biomassa tanaman yaitu, 0 g, 50 g, 100 g dan 150 g, faktor waktu pemaparan yaitu, selama 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Parameter yang diamati meliputi kadar Pb dalam limbah cair kertas, dalam akar dan daun tanaman genjer. Analisis kadar Pb menggunakan ICP di lakukan di Laboratorium Studi Energi dan Rekayasa, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Data dianalisis secara statistik menggunakan Anava 2 arah dan Uji lanjut Duncant Multiple Range Test (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan biomassa tanaman Genjer dan waktu pemaparan berpengaruh terhadap kemampuan tanaman genjer untuk menyerap logam Pb limbah cair kertas. Penurunan kadar Pb yang paling optimal terjadi pada perlakuan biomassa genjer 150 gram dengan lama pemaparan 21 hari yakni sebesar 0,4688 mg/l (80,09%). Tanaman genjer mampu menyerap dan mengakumulasi Pb. Akumulasi Pb pada akar tertinggi yaitu 1,1546 mg/l (26,1%), dan pada daun sebesar 0,1120 mg/l (21,9%), keduanya terjadi pada perlakuan biomassa 150 gram dan waktu pemaparan 21 hari. Dengan demikian tanaman genjer dapat digunakan sebagai fitoremediator logam berat timbal (Pb) pada limbah cair kertas.

Kata Kunci: Logam berat Pb; limbah cair kertas; tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.); fitoremediasi

ABSTRACT

The Paper Industry produces minor product in the form of sewage especially liquid sewage in a very large volume which contains of heavy metals Pb. Furthermore, this sewage is usually discharged into the water which causes pollution. An effort is required to minimize the content of Pb metal before being discharged into waters, including the use of Genjer plants as the agent of phytoremediation. This study aims to determine the ability of Genjer plants to absorb the Lead metals (Pb) from liquid paper waste. The research is accomplished by doing an experiment that uses a Randomized Block Design (RGD) with two treatment factors, the biomass plant and length of exposure time. The treatment factor of plant biomass is 0 g, 50 g, 100 g and 150 g. The factor of exposure time is for 7 days, 14 days and 21 days. The parameters which are observed include the levels of Pb in the liquid paper waste, in roots of Genjer plants and leaves of Genjer plants. The analysis of Pb levels uses ICP that is done at the Energy Studies and Engineering Laboratory, Sepuluh November Institute of Technology (ITS), Surabaya. The data are statistically analyzed using 2-way Anava and further test, Duncant Multiple Range Test (DMRT). The result shows that biomass of Genjer plants and exposure time affect to the ability of Genjer plants to absorb Pb metals in liquid paper waste paper. The most optimal decrease of Pb levels occurs in the treatment of biomass Genjer 150 grams with exposure time for 21 days which is equal to 0.4688 mg / l (80.09%). Genjer plants can absorb and accumulate Pb. The highest accumulation of Pb in the root is 1.1546 mg / l (26.1%), and in the leaves is 0.1120 mg / l (21.9%), both occur at 150 g biomass treatment and exposure time of 21 days. Thus the Genjer plant can be used as fitoremediator heavy Lead metal (Pb) in the liquid paper waste.

Key words: heavy metals Pb; liquid waste paper and Genjer plants (*Limnocharis flava* (L.) Buch.); phytoremediation

PENDAHULUAN

Negara Indonesia telah banyak mencapai kemajuan di bidang teknologi terutama teknologi

industri. Dengan demikian cepatnya pertumbuhan industri ternyata limbah yang dihasilkan juga semakin banyak dan

beranekaragam, yang kebanyakan merupakan hasil samping dari proses industri. Industri kertas menghasilkan limbah cair yang dihasilkan dalam volume yang besar. Limbah cair tersebut merupakan air hasil dari filtrasi limbah yang berupa bubur kertas encer yang apabila tidak dikelola secara benar dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 115 tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air, baku mutu Pb di air ialah 0,03 ppm. Senyawa atau ion-ion Timbal (Pb) yang masuk ke perairan, mengakibatkan konsentrasi Timbal (Pb) dalam perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, sehingga dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Palar, 2004).

Menurut Palar (2004) menyebutkan bahwa badan perairan yang telah kemasukan senyawa/ion-ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan tersebut. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan-ikan, bila pada badan perairan dimana biota itu berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75-49 mg/l dan terpapar selama 245 jam akan menyebabkan kematian pada *Crustacea* sedangkan pada konsentrasi Pb yang terlarut sebesar 3,5-64 mg/l yang terpapar selama 168-336 jam akan menyebabkan kematian *Insecta*. Untuk itu perlu dilakukan upaya remediasi terhadap air yang tercemar logam berat, sehingga aman untuk kehidupan biota akuatik.

Berdasarkan pada hasil uji laboratorium, limbah cair kertas kertas yang diambil dari bak penampungan terakhir sebelum dibuang ke Kali Surabaya mengandung logam berat Timah (Pb) yakni sebesar 2,3548 ppm. Limbah cair ini berada di atas Nilai Ambang Batas (NAB) baku mutu sebagaimana ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur, baku mutu Pb di limbah cair kertas ialah sebesar 0,5 ppm. Agar pencemaran terhadap lingkungan tidak terjadi, maka diperlukan pengelolaan dampak terhadap lingkungan sehingga tidak merusak ekosistem sekitar adalah dengan proses biologi menggunakan tanaman sebagai agen fitoremediasi.

Fitoremediasi ialah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan

pencemar baik itu senyawa organik maupun senyawa anorganik (Priyanto, 2008).

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. **Alat** yang digunakan selama penelitian ini ialah neraca analitik, gelas ukur 1000 ml, *beaker glass* 50 ml, labu ukur 50 ml, corong, botol vial, kertas saring, plastik, *hot plate*, pipet tetes, pipet volum, luxmeter, termometer, pH meter, *Inductively Coupled Plasma* (ICP), speed dan akuarium kaca (ukuran : panjang = 20 cm, lebar = 30 cm, tinggi= 40 cm), **Bahan** yang digunakan dalam penelitian ini ialah limbah cair kertas, tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.), larutan HNO₃ pekat, HCL 6% dan akuades. Pada penelitian ini terdapat 2 faktor perlakuan yakni 3 variasi biomassa, yaitu 50 gram, 100 gram dan 150 gram, sedangkan biomassa 0 gram sebagai kontrol, dan 3 variasi waktu pemaparan, yaitu selama 7 hari, 14 hari dan 21 hari.

Penelitian ini setiap perlakuan diulang 2 kali sehingga didapatkan 24 unit eksperimen. **Langkah persiapan aklimatisasi tumbuhan Genjer.** Aklimatisasi bertujuan untuk menetralkan tumbuhan Genjer terhadap media tanam semula. Metode Aklimatisasi ialah sebagai berikut menyiapkan media tumbuhan Genjer dengan menggunakan air isi ulang, memilih tumbuhan Genjer yang sehat dan segar serta tidak tercampur dengan spesies atau varietas lain, menanam tanaman Genjer dalam media tanam (air) dan setiap 2 hari sekali dilakukan pergantian air, aklimatisasi dilakukan selama 10 hari dengan sistem pencahayaan alami (sinar matahari) (Mekarsari, 1999), setelah 10 hari, tanaman Genjer dicuci dengan air isi ulang hingga bersih, memilih tumbuhan Genjer yang segar dan sehat, selanjutnya tumbuhan Genjer siap diaplikasikan. **Pembuatan Media Tanam.** Media tanaman Genjer berupa limbah cair kertas dimasukkan pada akuarium kaca uji masing-masing 4.000 ml kemudian ditambahkan larutan *hogland's* sebanyak 25% dari 4.000 ml yakni sebesar 1.000 ml pada masing-masing media tanam. Pemberian larutan *hogland's* adalah untuk memberikan nutrisi kepada tanaman Genjer agar tanaman ini tidak kekurangan unsur hara. Ketiga menimbang berat awal tanaman Genjer sebesar 0 gram, 50 gram, 100 gram dan 150 gram sebelum perlakuan, kemudian menganalisis kadar logam berat limbah cair yang terkandung dalam tanaman Genjer sebelum perlakuan, dan menanam tanaman Genjer yang telah diaklimatisasi ke dalam akuarium kaca yang telah

berisi media tanam, cara penanamannya ialah tanaman Genjer dimasukkan ke dalam lubang sterofoam yang telah dilubangi lalu tanaman Genjer dimasukkan ke dalam akuarium kaca. Setelah 7, 14, dan 21 hari diukur kadar logam Timbal yang ada pada akar tanaman Genjer dan media tanam serta mengukur biomassa tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L) Buch). **Langkah pengukuran** pengambilan data dilakukan pada awal penelitian dan akhir penelitian. Data yang diambil meliputi :data awal sebelum penelitian, mengukur pH, suhu dan intensitas cahaya (sebagai data penunjang kualitas air). Kemudian menguji di laboratorium, kadar logam Timbal yang terdapat pada media tanam dan akar tanaman Genjer. Data akhir setelah percobaan, mengukur biomassa akhir tanaman Genjer setelah perlakuan. Kemudian mengukur pH, suhu dan intensitas cahaya (sebagai data penunjang kualitas air). **Langkah pengamatan** data yang dikumpulkan adalah data logam berat Pb dan biomassa tanaman Genjer pengukuran sebelum dan sesudah perlakuan. **Detruksi media tanam** dengan cara mengambil air pada media tanam sebanyak 50 ml, diletakkan pada *bekker glass* yang berukuran 100 ml. Ditambahkan 1 ml HNO₃ (1:1) ke dalam sampel, dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 150°C dibiarkan sampai volumenya berkurang menjadi 10 ml. Sampel diambil dan didinginkan, ditambahkan akuades sampai volumenya bertambah menjadi 25 ml, disaring dan sampel siap diujikan (EPA, 2007). **Detruksi**

tanaman dengan cara mengambil akar dan daun tanaman Genjer, dipotong kecil-kecil, dikeringkan di oven dengan suhu 150°C selama 1,5 jam. Setelah kering dihaluskan dan ditimbang sebesar 1 gram. Sampel tanaman dimasukkan dalam *bekker glass* dan ditambahkan 10 ml HNO₃ pekat ke dalam

sampel tanaman, dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu bertahap yakni 90°C selama 20 menit kemudian dinaikkan suhunya menjadi 150°C selama 1 jam dan dibiarkan sampai semua organ tanaman berupa akar dan daun larut. Sampel diambil dan didinginkan, ditambahkan akuades sampai volumenya bertambah menjadi 25 ml, disaring dan sampel siap diujikan (Zeng-Yei Hseu, 2004). **Pembacaan Inductively Coupled Plasma (ICP)** yakni dengan cara larutan standart Timbal (Pb) diamati dengan *Inductively Coupled Plasma (ICP)*, kemudian membuat kurva kalibrasi dengan mengeluarkan absorpsi dan konsentrasi standart Timbal (Pb). Sampel diamati dengan alat *Inductively Coupled Plasma (ICP)* dan dihitung konsentrasi Timbal (Pb) dalam satuan ppm dengan persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Mengukur kadar logam berat Timbal (Pb) pada media tanam dan organ akar tanaman Genjer dengan metode *Inductively Coupled Plasma (ICP)*. Sampel diamati dengan alat *Inductively Coupled Plasma (ICP)* lalu mengukur konsentrasi Timbal (ppm) dengan persamaan kalibrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) menyerap logam berat Timbal (Pb) dari limbah cair kertas.

Tabel 1. Rerata kadar Timbal (mg/l) pada pada limbah cair kertas, akar dan daun tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) setelah perlakuan selama 7,14 dan 21 hari.

Waktu Pemaparan (Hari)	Biomassa Awal (gram)	Kadar logam Pb		
		limbah cair kertas (mg/l)	akar (mg/l)	daun (mg/l)
7	0	2,3483	0	0
	50	1.7363	4,5251	0,5292
	100	1.5943	4,6344	0,5450
	150	1.4970	4,7545	0,5581
14	0	1.8082	0	0
	50	1.3523	4,8016	0,5637
	100	1.2377	4,9082	0,5670
	150	1.1258	5,1073	0,5858
21	0	1.7982	0	0
	50	0.8722	5,2495	0,5907
	100	0.6793	5,4581	0,6128
	150	0.4688	5,5746	0,6240

Tabel 2. Persentase kadar Timbal (mg/l) pada limbah cair kertas, akar dan daun tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) setelah perlakuan selama 7,14 dan 21 hari

Waktu Pemaparan (Hari)	Biomassa Awal (gram)	Persentase Kadar Pb		
		limbah cair kertas (%)	akar (%)	daun (%)
7	0	0,28	0	0
	50	26,27	2,27	3,36
	100	32,30	4,74	6,45
	150	36,43	7,46	9,00
14	0	23,21	0	0
	50	42,57	8,52	10,10
	100	47,44	10,93	10,74
	150	52,19	15,43	14,41
21	0	23,63	0	0
	50	62,96	18,64	15,37
	100	71,15	23,36	19,69
	150	80,09	25,99	21,88

Kemampuan tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) mengakumulasi logam berat Timbal (Pb)**Tabel 3.** Rerata akumulasi kadar logam berat Timbal (Pb) oleh akar tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Waktu Pemaparan (Hari)	Biomassa Awal (gram)	Kadar logam Pb		Persentase akumulasi Pb (%)
		Awal (mg/l)	di akar (mg/l)	
7	0		0	0
	50		0,1051	2,4
	100		0,2144	4,9
	150		0,3345	7,6
14	0		0	0
	50	4,4246	0,3816	8,6
	100		0,4882	11,1
	150		0,6873	15,6
21	0		0	0
	50		0,8295	18,8
	100		1,0381	23,5
	150		1,1546	26,1

Tabel 4. Rerata akumulasi kadar logam berat Timbal (Pb) oleh daun tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Waktu Pemaparan (Hari)	Biomassa Awal (gram)	Kadar logam Pb		Persentase Akumulasi Pb (%)
		Awal (mg/l)	daun (mg/l)	
7	0		0	0
	50		0,0172	3,4
	100		0,0330	6,5
	150		0,0461	9,0
14	0		0	0
	50	0,512	0,0517	10,1
	100		0,0549	10,7
	150		0,0738	14,4
21	0		0	0
	50		0,0787	15,3
	100		0,1008	19,7
	150		0,1120	21,9

Biomassa Tanaman Genjer

Tabel 5. Biomassa Akhir Perlakuan dan Persentase Biomassa Akhir Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Waktu Pemaparan (Hari)	Biomassa Awal (gram)	Biomassa Akhir (gram)	Persentase (%)
7	0	0	0
	50	57,50	15
	100	104,50	4,5
	150	167,50	11,7
14	0	0	0
	50	49,25	-1,5
	100	93,45	-6,6
	150	143,80	-4,1
21	0	0	0
	50	48,50	-3
	100	92,50	-7,5
	150	99,50	-33,7

Suhu, pH dan Intensitas Cahaya

Tabel 6. Rerata pH, suhu dan intensitas cahaya hasil penelitian

Waktu Pemaparan (hari)	Biomassa Awal (gram)	pH		Suhu (°C)		Intensitas Cahaya (Cd)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
7 hari	0	7,8	8,3				
	50		8		28		529 x 10
	100	7,6	8				
	150		8				
14 hari	0	7,8	7,1				
	50		7,9	32	26	515 x 10	379 x 10
	100	7,6	7,8				
	150		7,7				
21 hari	0	7,8	8,2				
	50		8		29		519 x 10
	100	7,6	7,9				
	150		7,8				

PEMBAHASAN

Tanaman memiliki kemampuan hidup dalam berbagai cekaman pada lingkungan baik faktor biotik maupun abiotik. Media tanam berupa limbah cair kertas mengandung logam berat seperti Besi (Fe), Tembaga (Cu), Kobalt (Co), Seng (Zn) dan Timah (Pb), kadar paling banyak

terkandung dalam limbah cair kertas adalah logam berat Pb, salah satu faktor abiotik unsur non esensial yang mempengaruhi kelangsungan hidup suatu tanaman.

Hasil Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) memiliki kemampuan beradaptasi untuk bertahan hidup dalam

lingkungan yang tercekam logam berat Pb dan memiliki daya untuk menyerap logam berat Pb pada media limbah cair kertas sehingga kadar logam berat Pb di media limbah cair kertas menurun dan kadar logam berat Pb di tanaman meningkat. Dengan demikian tanaman Genjer sebagai fitoremediator logam Pb.

Prinsip penyerapan logam berat Pb oleh tumbuhan adalah semakin besar konsentrasi Pb dalam media tanam tanaman akan menyebabkan semakin besar pula logam Pb yang diserap. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi Timbal antara dua jenis media, yaitu media dalam jaringan tanaman dan media limbah cair kertas sebagai tempat pertanamannya. Perbedaan konsentrasi ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan atau transfer massa (Timbal) secara difusi dan osmosis, dimana massa zat pada media dengan konsentrasi yang tinggi akan berpindah ke media dengan konsentrasi yang rendah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Genjer mampu akumulasi logam Pb melalui akar dan menyebarkan ke seluruh organ tubuhnya. Akumulasi logam berat Pb oleh tanaman Genjer berlangsung melalui akar dan akan disebarkan ke seluruh organ tubuhnya hingga ke daun (Salisbury dan Ross, 1995). Hal ini dibuktikan dengan berkurang kadar logam berat Pb di media tanam, namun pada akar dan daun tanaman Genjer terjadi akumulasi kadar logam berat Pb (Tabel 2 dan Tabel 3). Tanaman Genjer mempunyai akar serabut, sehingga memungkinkan mempunyai kemampuan menyerap logam berat Pb lebih banyak dan lebih efektif. Akar serabut memiliki banyak rambut akar dengan ukuran yang kurang lebih sama besar dan keluar dari pangkal akar menyebar ke samping dan ke segala arah. Akar serabut membentuk cabang dengan ukuran percabangan yang tidak terlalu berbeda (Tjitrosoepomo, 2007).

Penyerapan dan akumulasi logam berat Pb oleh Genjer dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut (Priyanto, 2006). Akumulasi logam berat Pb pada akar tanaman Genjer melalui bantuan transpor liquid dalam membran akar, akan membentuk transpor logam kompleks yang akan menembus xilem dan menuju ke sel daun tanaman Genjer (Yulita, 2006). Setelah sampai di daun akan melewati plasmalema, sitoplasma, dan vakuola, dimana logam Pb akan terakumulasi dalam

vakuola yang tidak akan berhubungan dengan proses fisiologi sel tumbuhan.

Pada daun terjadi proses transpirasi, proses ini adalah akumulasi logam Pb dan logam Pb tersebut diuapkan ke udara melewati stomata daun. Proses transpirasi ini menggunakan matahari sebagai sistem yang membantu transpirasi. Pada saat transpirasi terjadi akar tanaman menghisap zat cair dan larutan yang berada di sekitar akar tertarik ke daerah *rhizospher* sehingga kontaminan cenderung berada di daerah *rhizospher*.

Kehadiran timbal (Pb) mengambil bagian terhadap terganggunya proses fotosintesis karena terganggunya enzim yang berperan terhadap biosintesis klorofil yaitu asam aminolevulinic (ALAD) yang mengkatalisis pembentukan porphobilinogen (Singh, 1995). Logam berat timbal (Pb) dapat merusak struktur kloroplas yaitu pada struktur grana (Mishra & dubey, 2005a).

Menurut Salisbury dan Ross (1995), logam berat diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Lingkungan yang banyak mengandung logam berat Timbal (Pb), membuat protein regulator dalam tumbuhan tersebut membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta suatu asam glutamat dan sebuah glisin pada ujung yang berlawanan. Fitokhelatin dibentuk di dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, vasikula sekretori untuk sampai ke permukaan sel. Bila bertemu dengan Timbal (Pb) serta logam berat lainnya fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks, sehingga Timbal (Pb) dan logam berat lainnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan.

Kenaikan temperatur dapat menaikkan kecepatan difusi ion ke akar tanaman Genjer termasuk ion logam berat Pb (Chutsiah, 2006). Temperatur pada limbah cair kertas (media tanam tanaman Genjer) mempengaruhi kecepatan reaksi kimia baik pada media luar (lingkungan) maupun limbah cair kertas (media tanam). Semakin tinggi temperatur maka kecepatan reaksi kimia akan meningkat demikian juga sebaliknya, temperatur yang menurun akan menurunkan reaksi kimia. Reaksi kimia yang menurun, maka kadar gas-gas akan menurun termasuk oksigen. Kenaikan temperatur akan menurunkan kelarutan oksigen, demikian pula sebaliknya penurunan temperatur akan menaikkan kelarutan oksigen. Jika

temperatur pada lingkungan meningkat sampai batas toleransi organisme, maka organisme tersebut (tanaman) akan mati (Kristanto, 2002).

Ion Pb tidak terakumulasi semua oleh tanaman Genjer, karena ion Pb dapat berpindah dari media tanam (limbah cair kertas) melalui proses penguapan, ion Pb tersebut berikatan dengan oksigen membentuk ion $Pb(O_3)_2$ (Prasetyono, 2011). Proses tersebut terjadi karena suhu yang tinggi (Tabel 5), tinggi suhu berpengaruh pada kadar oksigen pada media tanam. Semakin tinggi suhu maka kadar oksigen semakin berkurang. Oksigen ikut bereaksi dengan air pada media tanam dan berikatan dengan ion Pb.

Akar tanaman Genjer di dalam media limbah cair kertas mengabsorpsi ion dari media yang kompleks, mengandung tidak hanya selusin ion hara esensial, tetapi juga sejumlah ion non-esensial dan senyawa organik. Apabila terjadi kesetimbangan yang berat dalam suplai ini, tanaman mungkin tidak mampu mengambil hara secara efisien, baik karena pengaruh langsung ion-ion toksik pada metabolisme atau fungsi akar, atau semata-mata oleh kompetisi atau interaksi dengan ion-ion hara (Fitter dan Hay, 2001).

Penurunan biomassa tanaman dipengaruhi oleh adanya toksisitas logam yang menyebabkan: (1) sulit memperoleh air karena pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, dimana masalah osmotik tanaman dikarenakan ion-ion tertentu mencapai kadar larutan yang tinggi. Jika tanaman ditempatkan dalam larutan dengan potensial air yang lebih rendah dari pada xylem akar, maka pengambilan air akan berhenti, karena potensial osmotik dari larutan lebih besar daripada yang terdapat pada tanaman, sehingga tidak ada penyesuaian osmotik. Hal ini akan menyebabkan pengambilan air tidak memungkinkan, (2) sulit memperoleh hara karena adanya kompetisi antara ion-ion, dimana akar-akar tanaman mengabsorpsi ion dari media kompleks yang mengandung tidak hanya satu atau lebih ion hara yang esensial, tetapi juga ion non esensial dan senyawa organik. Apabila terjadi ketidakseimbangan yang berat dalam suplai ini, tanaman mungkin tidak mampu mengambil hara secara efisien, baik karena pengaruh langsung dari ion-ion toksik pada metabolisme atau fungsi akar, atau karena disebabkan oleh kompetisi atau interaksi dengan ion-ion hara, serta (3) sulit memperoleh CO_2 , dimana CO_2 digunakan sebagai bahan dasar dari proses fotosintesis, apabila tanaman sulit memperoleh CO_2 maka proses fotosintesis tidak akan berjalan dengan sempurna, dan (4) penerimaan intensitas sinar. Akibatnya

pertumbuhan tanaman akan mengalami hambatan atau terhenti.

Faktor fisik kimia lingkungan mempengaruhi kelangsungan hidup tanaman Genjer dan laju akumulasi Timbal, diantaranya pH dan suhu air. pH air sangat mempengaruhi proses biokimiawi dalam air (Effendi, 2003 dalam Fitriyah, 2011). Kenaikan pH disebabkan adanya proses fotosintesis, denitrifikasi, pemecahan nitrogen organik dan reduksi sulfat (Jennie, 1993 dalam Fitriyah, 2011). Dalam penelitian ini nilai pH mempengaruhi kelarutan logam berat Pb, karena tidak ada pengadukan dalam perlakuannya menyebabkan logam berat Pb seluruhnya tidak larut dalam air tapi sebagian besar mengendap di sedimen. Naiknya pH akan menurunkan kelarutan oksigen air dan meningkatkan toksisitas logam berat Pb. Nilai pH dipengaruhi oleh suhu dan salinitas air. Dalam hal ini suhu mengalami penurunan, menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air sehingga nilai pH menjadi naik (basa).

Hilangnya Timbal (Pb) dalam media tanam tidak seluruhnya diserap oleh tanaman ini disebabkan logam berat Timbal yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan dieksresi dengan cara mengugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam Timbal. (Priyanto, 2008). Selain itu Timbal (Pb) tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan Timbal (Pb) yang berupa molekul garam dalam air (Darmono, 1995).

Semakin tinggi kadar Pb dalam media tanam, maka penurunan laju pertumbuhan tanaman Genjer semakin meningkat. Penurunan laju pertumbuhan tanaman Genjer terjadi karena logam Pb masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel tanaman Genjer akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman Genjer (Palar, 2004).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa, Biomassa dan waktu pemaparan yang berbeda berpengaruh terhadap kemampuan tanaman genjer untuk menyerap logam Pb pada media limbah cair kertas. Penyerapan kadar logam Pb tertinggi terjadi pada biomassa 150 gram dan pada waktu pemaparan 21 hari. Kadar logam Pb tertinggi pada akar dan daun terdapat pada waktu detensi 21 hari pada perlakuan biomassa 150 gram. Tanaman Genjer (*Limncharis flava* (L) Buch) mampu menyerap

Timbal (Pb) dari media hidupnya dan mengakumulasi di akar dan daunnya. Kemampuan akumulasi Pb tertinggi terjadi pada biomassa 150 gram dan waktu pemaparan 21 hari, yaitu pada akar sebesar 1,1546 mg/l dan pada daun sebesar 0,1120 mg/l. Media limbah cair kertas berpengaruh terhadap biomassa tanaman genjer. Biomassa tanaman genjer terbesar diperoleh pada waktu pemaparan 7 hari dengan perlakuan biomassa awal sebesar 150 gram. Biomassa tanaman genjer terkecil diperoleh pada 21 hari dengan perlakuan biomassa awal sebesar 150 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Chutsiah, V. R. 2006. Analisis Kadar Kadmium (Cd) dalam Kangkung air (*Ipomea aquatic* Forsk yang tumbuh di kali Surabaya. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Surabaya: Biologi FMIPA Unesa.
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta. UI-Press.
- EPA, 2007. Determination Of Metals And Trace Elements In Water And Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/200_7.pdf. diakses tanggal 4 April 2012
- Fitriyah, U. 2011. Potensi Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Sebagai Bioabsorber Timbal (Pb) Dalam Air. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Surabaya : UNESA Press
- Fitter, A. H. dan R. K. M. Hay. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Diterjemahkan oleh Sri Danayani dan E. D. Purbayantu. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: ANDI dan Universitas PETRA Surabaya.
- Mishra, S dan Dubey, R.S. 2005a. Heavy Metal Toxicity Induced Alterations in Photosynthetic Metabolism in Plants. India : Banaras Hindu University.
- Mekarsari, P. 1999. Study Pemanfaatan Kayu Apu untuk Menurunkan COD, N dan P pada Air Limbah Pabrik. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Surabaya: FTL ITS.
- Nugroho, P. B. 2012. Pemanfaatan Akar Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) untuk Menyerap Logam Berat Timbal (Pb). *Skripsi tidak dipublikasikan*. Surabaya: Unesa.
- Salisbury, F. B. dan Cleon W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 11*. Diterjemahkan oleh Dian R. Lukman dan Sumaryono. Bandung: Penerbit ITB.
- Singh, V.P, (1995). *Toxic metal cadmium: Phytotoxicity dan tolerance in plants*. In advances in environmental Science Technology (Ed..R.K.Trivedy) Ashish Publication House. Delhi: 225-256pp.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- 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. <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.html>. Diakses Tanggal 3 Oktober 2011.
- Purnomo, T. 2009. Kemampuan Bioabsorpsi Dan Bioakumulasi Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes* Mart (Solm)) Terhadap Pb Dan Cd Dalam Perairan Tercekam Lumpur Lapindo. *Makalah kualifikasi tidak dipublikasikan*. Surabaya : UNESA Press.
- Tjitrosoepomo, G. 2007. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Yulita, A. F. 2006. Kemampuan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* Linn.) dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Perairan. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Surabaya: Unesa.
- Zeng-Yei Hseu, 2004. *Evaluating Heavy Metal Contents In Nine Composts Using Four Digestion Methods*. Taiwan: Department of Environmental Science and Engineering, National Pingtung University of Science and Technology