

Potensi *Pistia stratiotes* dan *Spirogyra* Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan

The Potential of Pistia stratiotes and Spirogyra as Phytoremediation Agent of Heavy Metal Lead (Pb) in Waters

Riska Oktaviani*, Fida Rachmadiarti, Wisanti

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: rizhe.cha@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan potensi *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* terhadap tingkat penyerapan logam berat timbal oleh biota, penurunan kadar logam berat timbal pada media, dan pertumbuhan biota setelah pemberian logam berat timbal pada media tanam. Rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor perlakuan, biota yang digunakan baik perlakuan tunggal maupun kombinasi diletakkan pada media tanam yang telah diberi perlakuan logam timbal selama 10 hari. Data yang berupa perbedaan biomassa biota pada awal dan akhir perlakuan, penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam, dan kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota dianalisis dengan menggunakan anava dua arah dan BNT pada taraf uji 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan kadar logam berat timbal tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dengan konsentrasi logam berat timbal pada media tanam yaitu 5 ppm. Penurunan kadar logam berat timbal tertinggi pada media tanam terdapat pada perlakuan dengan penggunaan logam berat timbal dengan konsentrasi 5ppm. Pertumbuhan biota paling optimal terdapat pada perlakuan kombinasi *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* pada konsentrasi 5 ppm.

Kata kunci: fitoremediasi; *Spirogyra*; *Pistia stratiotes*; logam berat timbal

ABSTRACT

This study aimed to describe the potential of Spirogyra and Pistia stratiotes on the level of heavy metal lead uptake by biota, lead to decreased levels of heavy metals in the media, and the growth of biota after the heavy metal lead in the growing media. The study design was a randomized completely block design (RCBD) with 2 factors, biota are used either alone or in combination treatment is placed on the planting medium that had been treated for 10 days lead metal. Data in the form of differences in biomass biota at the beginning and end of treatment, decreased levels of the heavy metal lead in the growing medium, and heavy metal content of lead is absorbed by biota were analyzed using two-way ANOVA and LSD test at the 5% level. The results showed that the absorption of the highest lead levels of heavy metals found in the combination treatment of Spirogyra and Pistia stratiotes on heavy metal concentrations of lead in the planting medium 5 ppm. The highest decrease of lead level was found in the treatment with used lead levels of heavy metal concentrations of lead in the planting medium 5 ppm. Optimal growth of organism (Spirogyra and Pistia stratiotes) was shown in the combination of treatment Spirogyra and Pistia stratiotes at a concentration of 5 ppm.

Key words: phytoremediation; *Spirogyra*; *Pistia stratiotes*; heavy metal lead

PENDAHULUAN

Air merupakan zat cair yang sering tercemar oleh bahan organik. Menurut Wardhana (2007), pencemaran air dapat disebabkan oleh pembuangan limbah sisa hasil produksi suatu industri yang dibuang langsung ke sungai bukan pada tempat penampungan limbah. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air. Salah satu faktor terpenting dalam pencemaran air adalah jumlah kandungan limbah logam berat salah satunya timbal yang terkandung dalam air tersebut. Dalam jumlah yang relatif kecil logam

timbal dibutuhkan organ tumbuhan dan kehidupan di perairan, akan tetapi dalam jumlah yang relatif besar dapat menyebabkan toksisitas yang dapat timbul karena adanya perubahan struktur kimia akibat pengaruh fisik-kimia, biologis, atau aktivitas manusia (Lu, 1995).

Untuk menanggulangi tingkat ketoksikan dari logam timbal pada perairan maka perlu dilakukan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik dimana tumbuhan tertentu, secara sendiri atau bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air), dapat mengubah

pencemar/polutan menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Priyanto dan Prayitno, 2008).

Spirogyra merupakan salah satu genus dari alga hijau (Chlorophyta) yang mempunyai bentuk tubuh filamen tidak bercabang dan mudah ditemukan di perairan air tawar dalam massa yang besar (Bold dan Wynne, 1982). Menurut Pattanaik dkk. (2012), penggunaan *Spirogyra* dalam pengurangan limbah tambang di Lembah Sukinda, India menunjukkan adanya penurunan dari kromium heksavalen yaitu sebesar 97,60%. Hal ini menunjukkan potensi *Spirogyra* dapat digunakan sebagai bioremediasi perairan yang tercemar.

Pistia stratiotes termasuk dalam famili Araceae yang tumbuh mengapung pada permukaan air dengan akar-akarnya yang menggantung terendam di bawah bagian daunnya yang mengambang. Lebar daun tumbuhan ini antara 5-14 cm dan jarak antar nodusnya 0,1-0,5 cm sehingga membuat susunan daun pada tumbuhan ini terdapat pada tiap bagian rosetnya (Don, 2006). Menurut Mamonto (2013), *Pistia stratiotes* sebanyak 200 gr dengan konsentrasi awal 5 ppm dapat mengakumulasi polutan sianida (CN) dalam pertambangan emas di wilayah pesisir sungai di areal tambang Bulawa, Gorontalo sebanyak 63,96% dengan proses fitoremediasi.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* serta konsentrasi logam timbal yang berbeda terhadap kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota dan penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam, mendeskripsikan pertumbuhan *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* sebelum dan sesudah pemberian logam berat timbal pada media tanam, serta mendeskripsikan proses penyerapan kadar logam berat timbal pada media tanam dengan menggunakan *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berjenis eksperimen dengan objek yang digunakan adalah *Spirogyra* yang diperoleh dari daerah Tawang Sari, Sepanjang, Sidoarjo dan *Pistia stratiotes* yang diperoleh dari daerah Pondok Tjandra, Waru, Sidoarjo, Jawa Timur. Sasaran dari penelitian ini adalah kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota, penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam, serta pertumbuhan biota pada akhir penelitian.

Tahap aklimatisasi *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dilakukan selama 7 hari di *Green House*

C10, Jurusan Biologi, FMIPA, UNESA. sampel biota yang digunakan adalah sampel dalam kondisi sehat. Setelah 7 hari, selanjutnya biota disaring menggunakan penyaring santan kemudian ditimbang sesuai dengan kode perlakuan. Untuk kode S (*Spirogyra*) dan P *Pistia stratiotes* ditimbang sebesar 100 gram (Rachmadiarti, 2012). Untuk kode S + P untuk perlakuan kombinasi antara biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* adalah 50 gram *Spirogyra* dan 50 gram *Pistia stratiotes*. Biota yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan pada akuarium (35x 30x 20cm) dengan volume akuades yang digunakan sebanyak 5 liter kemudian pupuk cair/*Flora green* ditambahkan pada masing-masing media sebanyak 20% dari jumlah keseluruhan media tanam. Logam berat $Pb(NO_3)_2$ 0ppm (sebagai kontrol), 1ppm, 3ppm, dan 5ppm ditambahkan ke media tanam air sesuai dengan kode perlakuan sesuai dengan kode perlakuan.

Setelah 10 hari, biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* diambil dari media tanam kemudian disaring menggunakan penyaring santan hingga air tidak menetes kemudian biomassa *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* diukur pada akhir perlakuan menggunakan neraca O'Haus. (4) air yang digunakan sebagai media tanam didestruksi basah sedangkan sampel biota didestruksi kering. Selanjutnya sampel dianalisis dengan menggunakan metode SSA λ 248,3 nm.

HASIL

Berdasarkan uji ANAVA dua arah untuk perlakuan biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* menunjukkan hasil $F_0 = 1,04 > F_{0,05} = 0,069$ yang artinya bahwa perbedaan perlakuan biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota. Adapun perlakuan biota terbaik yaitu kombinasi antara *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes*. Konsentrasi logam timbal yang digunakan juga menunjukkan hasil $F_0 = 1629,47 > F_{0,05} = 0,069$ yang artinya konsentrasi logam timbal memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota pada perairan, adapun konsentrasi logam timbal yang terserap oleh biota secara optimal terdapat pada konsentrasi 5ppm. Persentase kadar timbal hasil penelitian tentang kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan hasil uji ANAVA dua arah menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal yang digunakan menunjukkan hasil $F_0 = 0,94 > F_{0,05} = 0,0305$ yang artinya konsentrasi logam

timbangan yang digunakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar logam timbal pada media tanam, adapun penurunan kadar logam timbal terbanyak terdapat pada

perlakuan dengan konsentrasi 5ppm. Penelitian tentang penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Kadar logam timbal yang terserap oleh biota

Perlakuan biota	Kadar logam timbal yang terserap oleh biota (%)				Rata-rata
	0	1	3	5	
<i>Spirogyra</i>	0±0	1,027±0,096	3,327±0,16	5,586±0,164	2,485 ^a
<i>Pistia stratiotes</i>	0±0	1,018±0,123	3,291±0,19	5,845±0,158	2,538 ^a
<i>Spirogyra</i> + <i>Pistia stratiotes</i>	0±0	1,097±0,044	3,369±0,09	6,020±0,38	3,495 ^b
Rata-rata	0 ^a	1,047 ^b	3,329 ^b	5,817 ^d	

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris dan kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji BNT.

Tabel 2. Penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam

Perlakuan biota	Penurunan kadar logam berat pada media tanam (ppm)				Rata-rata
	0	1 ppm	3 ppm	5 ppm	
<i>Spirogyra</i>	0±0	0,704±0,017	2,700±0,040	4,547±0,079	1,988
<i>Pistia stratiotes</i>	0±0	0,658±0,199	2,642±0,115	4,510±0,048	1,952
<i>Spirogyra</i> + <i>Pistia stratiotes</i>	0±0	0,766±0,050	2,753±0,0155	4,636±0,153	2,039
Rata-rata	0 ^a	0,709 ^b	2,698 ^c	4,564 ^d	

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris dan kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji BNT.

Berdasarkan uji ANAVA menunjukkan bahwa perlakuan biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* menunjukkan hasil $F_0 = 6,75 > F_{0,05} = 0,065$ yang artinya perlakuan biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan biota pada akhir perlakuan. Konsentrasi logam berat timbal yang digunakan menunjukkan hasil $F_0 = 35,93 > F_{0,05} = 0,048$ yang artinya konsentrasi logam berat timbal yang digunakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan biota pada

akhir perlakuan. Interaksi antara biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dengan konsentrasi logam berat timbal yang digunakan menunjukkan hasil $F_0 = 0,36 > F_{0,05} = 0,03$ yang artinya interaksi antara biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dengan konsentrasi logam berat timbal yang digunakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan biota pada akhir perlakuan. Adapun hasil pertumbuhan biota pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertumbuhan biota pada akhir penelitian

Perlakuan Biota	Pertumbuhan biota (g)				Rata-rata
	0 ppm	1 ppm	3 ppm	5 ppm	
<i>Spirogyra</i>	32,4±0,87 ^g	15,7±0,6 ^f	26,2±1,84 ^g	33,1±3,16 ^g	26,85 ^a
<i>Pistia stratiotes</i>	28,6±0,66 ^g	13,4±0,7 ^e	25,5±2,65 ^g	29,9±7,23 ^g	24,35 ^b
<i>Spirogyra</i> + <i>Pistia stratiotes</i>	33,3±0,98 ^g	16,1±1,34 ^f	27,4±0,76 ^g	34,9±8,64 ^g	27,92 ^b
Rata-rata	31,43 ^c	15,07 ^d	26,37 ^d	32,63 ^d	

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris dan kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji 0,05 menurut uji BNT

PEMBAHASAN

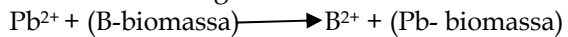
Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biota dan pertumbuhan biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* berpengaruh terhadap kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota dan penurunan kadar logam berat timbal pada perairan. *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* merupakan biota yang memiliki kemampuan menyerap kadar logam berat timbal pada perairan. Jika ditinjau secara biologis, biota akan melakukan adaptasi terhadap lingkungan yang mengandung logam berat timbal yaitu dengan mengadakan ekspresi gen untuk membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam berat (Sastimahardja dan Siregar, 1996). Secara kimia, logam berat yang terserap oleh biota dalam bentuk ion-ion yang terlarut dalam air sehingga dapat menembus membran sel seperti unsur hara yang masuk bersamaan aliran air.

Berdasarkan Tabel 1., menunjukkan persentase kadar logam berat timbal tertinggi yang terserap oleh biota yang digunakan terlihat pada perlakuan kombinasi antara *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dengan konsentrasi logam berat timbal 5 ppm yaitu sebesar 6.020%. Penyerapan ini terjadi karena biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* berinteraksi dengan baik dalam menyerap logam berat timbal pada media air.

Dalam penelitian ini, *Spirogyra* mampu menyerap logam berat timbal yang terdapat pada media tanam karena memiliki kutikula yang sangat tipis pada seluruh permukaan tubuhnya sehingga memudahkan pengambilan logam berat timbal pada air (Priyanto dan Prayitno, 2008). *Pistia stratiotes* memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah yang memiliki kadar organik tinggi melalui proses transpirasi daun. Bersamaan dengan penyerapan air terserap pula bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air di media hidupnya. Selain itu, *Pistia stratiotes* mempunyai keunggulan seperti tingkat pertumbuhan yang cepat, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan, dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim (Fachrurozi, 2010). Selain itu, tumbuhan ini akan menyerap secara langsung logam berat timbal melalui bagian akar di suatu perairan (Priyanto dan Prayitno, 2008). Pada penelitian ini kombinasi antara *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi logam berat timbal di suatu perairan.

Logam berat timbal yang diserap oleh biota merupakan logam berat timbal dalam bentuk ion

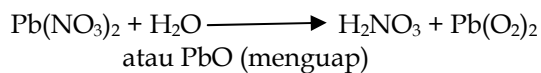
Pb yang berasal dari $Pb(NO_3)_2$. Menurut Putra (2006), mekanisme masuknya ion-ion timbal bivalen (Pb^{2+}) maupun ion timbal tetravalen (Pb^{4+}) ke dalam tubuh tumbuhan melalui pertukaran ion. Mekanisme pertukaran ion timbal bivalen (Pb^{2+}) maupun timbal tetravalen (Pb^{4+}) dapat dirumuskan sebagai berikut :



Ion-ion timbal akan masuk melalui akar tumbuhan secara radial. Mekanisme masuknya ion timbal secara radial, mula-mula ion timbal yang terlarut bersama air menembus epidermis akar. Setelah itu, ion timbal bersama air akan masuk ke dalam jaringan korteks dan selanjutnya akan menuju ke jaringan xilem. Pengangkutan ion timbal melalui lintasan apoplas tidak dapat berlangsung sepenuhnya dari epidermis ke pembuluh xilem, karena pada sel-sel endodermis terdapat pita kaspari yang bersifat impermeable. Pada keadaan ini pengangkutan ion timbal selanjutnya dikendalikan membran plasma sel-sel endodermis. Membran ini mengendalikan laju pengangkutan dan jenis ion yang diangkut oleh pembuluh xilem (Lakitan, 2009). Menurut Priyanto dan Prayitno (2008), terdapat tiga proses penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan antara lain yaitu penyerapan logam berat oleh akar; translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain; dan lokalisasi logam berat pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme suatu tumbuhan. Dalam penelitian ini penggunaan akuarium sebagai media tanam dapat mempengaruhi kelangsungan hidup bagi biota. Penggunaan akuarium dalam penelitian ini dimaksudkan karena akuarium dapat mewakili habitat asli dari biota yang digunakan. Setiap sisi yang terdapat pada akuarium dapat ditembus oleh cahaya sehingga baik *Spirogyra* maupun *Pistia stratiotes* memperoleh intensitas cahaya yang cukup untuk kelangsungan hidupnya.

Berdasarkan Tabel 2, penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam sudah di bawah Standar Baku Mutu Logam Berat Timbal berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 03 Tahun 2010 yaitu 1 ppm. Berdasarkan hal tersebut pemanfaatan biota ini dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi pada IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah) suatu industri sehingga dapat memperbaiki kualitas perairan dan mengurangi tingkat pencemaran pada air oleh limbah cair suatu industri. Perlakuan pada penelitian ini baik perlakuan biota secara kombinasi maupun tunggal menunjukkan bahwa kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota dan penurunan kadar

logam berat timbal pada media tanam terdapat selisih konsentrasi logam berat timbal yang digunakan pada awal dan akhir perlakuan. Hal ini terjadi karena kadar logam berat timbal pada media tanam selain terserap oleh biota yang digunakan juga menguap ke udara. Hal ini dikarenakan sifat logam berat timbal sintesis yang mudah menguap. Adapun prosesnya sebagai berikut :



Apabila PbO dibiarkan terus menguap di udara, hal ini dapat menyebabkan pencemaran udara.

Berdasarkan hasil persentase kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota (Tabel 1) dan penurunan logam berat pada media tanam (Tabel 2) menunjukkan bahwa semakin banyak kadar logam berat timbal yang terserap oleh biota maka penurunan kadar logam berat timbal pada media tanam semakin tinggi. Hal ini dikarenakan biota mempunyai kemampuan untuk melakukan bioabsorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, (a) pertama, pertukaran ion monovalen dan divalen seperti Na^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} pada dinding sel yang digantikan oleh ion-ion logam berat; (b) kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, thiol, hidroksil, fosfat, dan hidroksi-karboksil yang berada pada dinding sel. Proses bioabsorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat. Proses bioabsorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran pH tertentu. Selain bioabsorpsi terdapat pula proses bioakumulasi. Mekanisme ini secara simultan sejalan dengan serapan ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan tumbuhan air, dan atau akumulasi intraselular ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan sekresi sel pada tingkat kedua. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung dan sensitivitasnya terhadap parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya, dan lainnya. Proses ini dapat pula dihambat oleh suhu rendah, tidak tersedianya sumber energi dan penghambat metabolisme sel. Di sisi lain, penyerapan logam berat dengan sel hidup ini terbatas dikarenakan oleh akumulasi ion yang menyebabkan racun terhadap mikroorganisme maupun tumbuhan air. Hal ini biasanya dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme dan tumbuhan air disaat keracunan terhadap ion logam tercapai. Mikroorganisme dan tumbuhan air yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan berdasarkan prosedur seleksi yang ketat terhadap

pemilihan jenis mikroorganisme ion logam berat (Gadd, 1990).

Pertumbuhan biota berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 3, menunjukkan bahwa pada kombinasi biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* terjadi pertumbuhan paling optimal dibandingkan pada perlakuan tunggal *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* di akhir penelitian. Hal ini menunjukkan adanya resistensi dan adaptasi dari biota yang berlangsung dengan baik walaupun kondisi media hidupnya terakumulasi logam berat timbal. Hal ini disebabkan karena biota air yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme akumulasi logam berat timbal sehingga tidak berbahaya bagi pertumbuhan tumbuhan tersebut yaitu tumbuhan air menyimpan banyak air untuk mengencerkan logam berat timbal yang diserap sehingga dapat mengurangi toksisitasnya, tumbuhan air akan membentuk khelat berupa senyawa fitokhelatin yang akan mengikat logam berat timbal, kemudian logam tersebut dikhelat oleh atom belerang yang berasal dari peptida sistein. Logam berat timbal yang sudah berikatan dengan fitokhelatin akan masuk ke dalam sel akar melalui transport aktif, selanjutnya akan diangkut oleh jaringan floem dan xilem menuju ke bagian tubuh tumbuhan air yang lain, logam berat timbal yang sudah masuk ke dalam tubuh tumbuhan akan diekskresi dengan cara menggugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi konsentrasi logam berat timbal. Selain itu, pada daun, timbal yang melebihi ambang batas toleransi akan menyebabkan kerusakan jaringan epidermis, bunga karang, dan jaringan pagar. Kerusakan tersebut ditandai dengan klorosis dan nekrosis (Priyanto dan Prayitno, 2008).

Pemberian logam berat dapat merangsang kemampuannya untuk bertahan pada tingkat yang lebih toksik. Tumbuhan air melakukan penyerapan logam berat timbal dari lingkungan dengan melibatkan unsur dan mekanisme yang kompleks, diantaranya ketersediaan unsur hara lingkungan, faktor fisik kimia lingkungan terutama intensitas cahaya, suhu, pH, konsentrasi timbal dalam air, serta adanya faktor pengkhelat yang memungkinkan kombinasi biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* mampu meminimalisir pengaruh toksik dari logam berat timbal sehingga mampu tumbuh dengan baik..

SIMPULAN

Biota *Spirogyra* dan *Pistia stratiotes* baik dalam perlakuan tunggal maupun kombinasi dengan

penggunaan konsentrasi logam timbal yang berbeda memiliki potensi dalam menyerap dan menurunkan kadar logam berat timbal pada perairan sehingga dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas suatu perairan yang tercemar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bold HC, dan Wynne JM, 1982. *Introduction To The Algae Edisi Kedua*. New York: Harper & Row.
- Don W S, 2006. *Rahasia Kebun Asri*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fachrurrozi MBU, Listiatie, dan Suryani D, 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(1), pp. 0575.
- Gadd GM, 1990 Heavy Metal Accumulation By Bacteria And Other Microorganisms. *Experientia*, 46, pp. 834-840.
- Lakitan B, 2009. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lu FC, 1995. *Toksikologi Dasar*. Jakarta: UI Press.
- Mamonto H, 2013. Uji Potensi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) Pada Limbah Cair Penambangan Emas. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.
- Pattanaik DK, Pattanaik, Subhashree, dan Panda RB, 2012. Reduction of Hexavalent Chromium by Spirogyra Species. *Journal of Environment*. 01(03), pp. 100-104.
- Priyanto B, dan Prayitno, 2008. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*. Diakses melalui <http://www.ltl.bppt.tripod.com/sublab/lfloral1/html>, diakses pada tanggal 01 Februari 2014.
- Putra JA, 2006. *Bioremoval, Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. <http://www.scribd.com/doc/25524495/kategori-kimia-logam>, diakses pada tanggal 01 Februari 2014.
- 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), pp. 210-215.
- Sastimahardja D dan Siregar A, 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Bandung: ITB press.
- Wardhana WA, 2007. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi: Ketiga. Yogyakarta: Andi.