

Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*

(*Phytoremediation Heavy Metals Lead (Pb) using Hydrilla verticillata and Najas indica*)

FADILA MUTMAINNAH¹⁾, ARINAFRIL²⁾, DAN SUHERYANTO³⁾

¹⁾Jurusan Biologi Lingkungan Program Studi Pengelolaan Lingkungan PascaSarjana Universitas Sriwijaya, ²⁾Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, ³⁾Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya

Intisari: Penggunaan timbal (Pb) di industri dan penambangan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya penambangan, peleburan, pembersih, dan berbagai industri. Suatu perairan yang telah terkontaminasi senyawa/ ion-ion Pb, sehingga jumlahnya dalam perairan melebihi konsentrasi yang semestinya dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan. Fitoremediasi merupakan salah satu upaya mengreduksi cemaran Pb dari perairan dengan memanfaatkan tumbuhan. *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* merupakan tumbuhan air yang tergolong submerge yang banyak dijumpai di Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Terpadu PascaSarjana Universitas Sriwijaya. Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial dengan 2 faktor, yaitu macam jenis tanaman yaitu *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*, serta macam konsentrasi yaitu kontrol, 5 mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l. Perlakuan ini dilakukan dengan 3 kali ulangan. Analisa kandungan Pb didalam tumbuhan dan di dalam air dilakukan pada hari ke-5, hari ke-10, hari ke-15 dan hari ke-20 dengan metode analisa AAS yang dilakukan di laboratorium penelitian Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya. Hasil yang diperoleh dari analisa laboratorium dilakukan Analisis Varian (ANOVA), jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncans (DNMRT) pada taraf 5% dan dilakukan perhitungan kecepatan penyerapan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* memiliki kemampuan meremediasi timbal (Pb) dengan kandungan Pb dalam tumbuhan berbeda nyata pada perlakuan mulai B2. *Hydrilla verticillata* memiliki ketahanan lebih baik dalam mengakumulasi timbal (Pb) sampai hari ke-20 jika dibandingkan *Najas indica*. Tetapi *Najas indica* memiliki kecepatan penyerapan lebih baik jika dibandingkan *Hydrilla verticillata* dengan waktu kontak optimum *Hydrilla verticillata* pada hari ke-20 dan waktu kontak optimum untuk *Najas indica* pada hari ke-15. Dengan demikian *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* memiliki potensi dalam meremediasi timbal (Pb)

Kata kunci: fitoremediasi, timbal (Pb), *Hydrilla verticillata*, *Najas indica*.

Abstract: The appearance of Lead (Pb) element in industrial and mining activities has been increasing along with the increases of mining, smelting, bleaching, and various industries. A not small part of water has been contaminated by Pb compounds/ions, which may be strongly exceeded in amount and concentration in water and can cause death to aquatic biota. Phytoremediation is one of technique uses plants to reduce contaminant of lead (Pb) from the environment. *Hydrilla verticillata* and *Najas indica* is a Submerge plant water that are often found in South Sumatra. This research was conducted at the Integrated Research Laboratory Graduate School of Sriwijaya University. The research design used in this research is completely randomized design with factorial design of two factors, kinds of plants are *Hydrilla verticillata* and *Najas indica*, various concentration of Pb wich consisted control, 5 mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l. The measurement has 8 treatment and 3 replication for each treatment. Analysis Pb content in plants and in the water was measured on 5th, 10th, 15th, 20th with AAS analysis method performed at a research laboratory in the Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University. The obtained results from laboratory analysis was processed in Variant Analysis (ANOVA), if there was any significant difference, it would be continued by Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) at 5% level and calculation of absorbed speed of *Hydrilla verticillata* and *Najas indica*. Analysis of the data used 8.0 statistical software. The results showed that *Hydrilla verticillata* and *Najas indica* has the ability to remediate lead (Pb) with Pb contents in plants was significantly different starting with treatment B2. *Hydrilla verticillata* has a better resistance in the accumulating lead (Pb) until day-20 compared *Najas indica*. But *Najas indica* has a better absorption rate than *Hydrilla verticillata* with optimum contact time *Hydrilla verticillata* on the 20th day and the optimum contact time for *Najas indica* at day 15. Thus *Hydrilla verticillata* and *Najas indica* has the potential to remediate lead (Pb).

Keywords: phytoremediation, lead (Pb), *Hydrilla verticillata*, *Najas indica*.

Email: fadilamutmainnah2@gmail.com

1 PENDAHULUAN

P roses samping dari produksi dan kegiatan manusia yang dibuang ke perairan semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi, pertanian, pertambangan dan lain-lain sehingga air semakin tercemar. Salah satu bahan pencemar adalah timbal (Pb). Hasil penelitian Birmansyah (2008) menunjukkan tingginya kandungan Pb^{2+} didalam sedimen Sungai Musi sebesar $1,0191 \mu g/g - 1,2442 \mu g/g$ yang disebabkan meningkatnya aktifitas industri dan transportasi dan sarana pelabuhan. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan, dan jika Pb terlarut 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 dan terpapar selama 168 - 336 jam akan menyebabkan kematian *Insecta* (Juhaeti dkk, 2005). Kadar Pb berdasarkan Peraturan Gubernur Sumsel No. 16 Tahun 2005 tentang peruntukan air sungai adalah 0,3 mg/l untuk golongan I,II dan III, sedangkan golongan IV adalah 1 mg/l. Dengan semakin meluasnya kontaminasi perairan karena logam berat diperlukan pengembangan alternatif yang efektif dan efisien untuk merehabilitasi kasus kontaminan logam berat sehingga aman untuk kehidupan biota akuatik (Juhaeti dkk, 2005).

Cemaran timbal (Pb) di dalam air dapat direduksi dengan menggunakan tumbuhan air. Menurut Stowel *et al* (2000) tanaman air memiliki kemampuan secara umum dalam menetralsir komponen-komponen tertentu di dalam perairan sehingga sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair. Hasil studi pendahuluan (tidak dipublikasikan) *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* banyak ditemukan di sekitar perairan danau Ski Air Jakabaring Palembang. Menurut Giesen & Sukotjo, 1991 bahwa *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* banyak dijumpai di danau-danau buatan maupun perairan di Sumatera Selatan.

Hydrilla verticillata dan *Najas indica* merupakan kelompok submerge aquatic plant yang telah diketahui mempunyai kemampuan mengakumulasi Pb, tetapi belum banyak diketahui informasi mengenai pengaruh berbagai konsentrasi timbal (Pb) terhadap kemampuan fitoremediasi dengan menggunakan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*. Penelitian ini bertujuan untuk: mengkaji kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam meremediasi cemaran timbal (Pb) pada berbagai konsentrasi, mengkaji interaksi berbagai konsentrasi timbal (Pb) terhadap kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam meremediasi cemaran logam berat Pb.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan stok standar $Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm, *Hydrilla verticillata*, *Najas indica*, aquades, air PAM, HNO_3 pekat 65%.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah plastik sebagai tempat media perlakuan, pH meter, AAS, neraca analitik, erlenmeyer, kertas saring *Whatman*, pipet tetes, pipet volumetrik, hot plate, mortar, batang pengaduk, corong gelas, labu ukur, gelas ukur, oven, seperangkat alat saring vakum, botol sampel.

Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial dengan 2 faktor, yaitu macam jenis tanaman yaitu *Najas indica* dan *Hydrilla verticillata*, serta macam konsentrasi dengan 3 kali ulangan.

Faktor 1: Macam jenis tanaman dengan 2 taraf yaitu:

A1 = *Hydrilla verticillata*.

A2 = *Najas indica*

Faktor 2: variasi pH dengan 3 taraf yaitu,

B1 = Kontrol (tanpa perlakuan)

B2 = konsentrasi 5 mg/l.

B3 = konsentrasi 10 mg/l.

B4 = konsentrasi 15 mg/l.

Prosedur Kerja

Pemilihan Tanaman

Tumbuhan yang dipilih mempunyai keseragaman kondisi yaitu: berasal dari tempat tumbuh yang sama, dengan kriteria panjang tumbuhan 10cm s/d 15 cm, daun tumbuhan berwarna hijau segar.

Persiapan Media Fitoremediasi

Media fitoremediasi yang digunakan berupa wadah plastik. Sampel tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* diambil selanjutnya dilakukan pencucian dari kotoran yang melekat dengan air bersih lalu diaklimatisasi selama lima hari.

Perlakuan Fitoremediasi

Setelah diaklimasi selama lima hari, perlakuan dengan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* masing-masing dengan berat basah 300 gr dimasukkan ke

dalam wadah plastik berdiameter 90cm dengan tinggi 30cm yang telah berisi timbal sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan kedalam 20 L air PAM. Larutan timbal diperoleh dari larutan standar stok $Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm. Jumlah wadah plastik untuk fitoremediasi adalah 24 buah. Fitoremediasi yang dilakukan adalah fitoremediasi statis (air yang di-fitoremediasi dalam keadaan diam dan tidak bergerak) selama 20 hari dengan pengamatan pada hari ke-5, 10, 15 dan 20.

Proses Analisis Kandungan timbal (Pb) pada Tumbuhan (Hydrilla verticillata dan Najas indica)

Prosedur analisis kandungan logam berat Pb menggunakan acuan SNI 06-6992.3-2004 menggunakan AAS.

Proses Analisis Kandungan Logam Berat Pb terlarut pada Air

Prosedur analisis logam berat Pb pada air berdasarkan prosedur SNI 6989.8.2009 menggunakan AAS.

Variabel Pengamatan

Pengukuran kadar timbal (Pb) di dalam tumbuhan dan kadar timbal (Pb) terlarut di dalam air dilakukan pada hari ke-5, 10, 15, 20.

Analisa Data

Data konsentrasi Pb di dalam *Najas indica*, *Hydrilla verticillata* dan data konsentrasi air di dalam perlakuan dilakukan Analisis Varian (ANOVA), jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncans (DNMRT) pada taraf 5%.

Perhitungan kecepatan absorpsi dalam penelitian ini didasarkan pada berdasarkan pada konsentrasi timbal (Pb) awal dan konsentrasi timbal (Pb) yang tertinggal yang diserap tumbuhan selama waktu pengamatan. Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Kecepatan penyerapan } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{Pb \text{ awal didalam air} - Pb \text{ yang tersisa di air}}{\text{waktu}}$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang ingin dicapai mengenai fitoremediasi timbal (Pb) pada berbagai variasi konsentrasi dengan menggunakan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* didapatkan hasil sebagai berikut:

Kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam Mengakumulasi Timbal (Pb) secara Alami.

Pengukuran kadar timbal (Pb) dalam *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* sebelum perlakuan telah menunjukkan bahwa kedua jenis tanaman mempunyai kemampuan menyerap timbal (Pb), hal ini ditunjukkan pada hasil uji lanjut Duncan yang di tampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Hasil Uji lanjut Duncan Kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* sebelum perlakuan

Jenis Tumbuhan	Timbal (Pb) di dalam tumbuhan (mg/kg)
<i>Hydrilla verticillata</i>	8,38 a ¹
<i>Najas indica</i>	22,76 b ²

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata (significant different) pada uji lanjut DNMRT (*Duncan New Multiple Range Test*) taraf 5%.

- koordinat 3°1'22,52 LS dan 104°47'5,00 BT
- koordinat 3°1'6,63 LS dan 104°47'43,05 BT

Tabel 1 menunjukkan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* berbeda nyata dengan kadar Pb didalam *Najas indica*. Perbedaan ini dapat disebabkan karena lokasi pengambilan tanaman dilakukan pada tempat yang berbeda sehingga memungkinkan distribusi timbal (Pb) didalam perairan juga berbeda-beda walaupun masih dalam area yang sama yaitu stadion gelora sriwijaya jakabaring Palembang. Pengambilan tumbuhan uji ini dilakukan pada akhir bulan Februari 2015, dimana bulan tersebut masih dalam musim hujan. Waktu pengambilan tumbuhan uji ini mempengaruhi akumulasi Pb didalam tumbuhan karena akumulasi Pb didalam tumbuhan akan meningkat pada musim penghujan (Maiti & Shishir, 2008). Menurut Maiti & Shishir (2008) bahwa timbal (Pb) di dalam tumbuhan masih dalam batas normal sebesar 0,2 – 20 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan secara alami *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* mampu mengakumulasi Pb.

Kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam Mengakumulasi Timbal (Pb) pada Berbagai Konsentrasi.

Percobaan ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh waktu terhadap kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam mengakumulasi timbal (Pb) pada berbagai konsentrasi. Percobaan dilakukan dengan cara buatan yaitu membuat lingkungan air terpapar timbal (Pb). Hasil penelitian disajikan pada gambar 1 dan gambar 2.

Gambar 1 menunjukkan bahwa *Hydrilla verticillata* mampu bertahan hidup terhadap lingkungan yang terpapar Pb pada konsentrasi Pb 15 mg/l sampai dengan hari ke-20. Dengan kemampuan menyerap logam Pb sebesar 3.653 – 24.700,4 mg/kg dari konsentrasi 5 mg/l – 15 mg/l. Kemampuan *Hydrilla verticillata* dalam menyerap Pb menunjukkan peningkatan seiring dengan tingginya konsentrasi Pb didalam air dan waktu kontak. Tetapi pada hari ke-15 terutama pada B3 dan B4 mengalami penurunan penyerapan jika dibandingkan pada hari ke-10 dan kembali meningkat pada hari ke-20. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada titik tertentu tumbuhan akan mengalami kejenuhan. Kejenuhan tersebut diduga karena pada hari sebelumnya *Hydrilla verticillata* telah menyerap semua zat-zat yang berada dalam media, sehingga pada hari ke-15 menyebabkan banyak zat-zat yang terserap menumpuk dalam jaringan tumbuhan dan menyebabkan kejenuhan sehingga penyerapan akan terhambat.

Lamanya perlakuan menunjukkan tumbuhan mempunyai kontak optimum untuk menyerap logam berat Pb secara maksimal. Pada hari ke-15 akumulasi timbal (Pb) oleh *Hydrilla verticillata* mengalami penurunan. Menurut Widaningrum dkk (2007) bahwa waktu kontak sangat mempengaruhi daya serap. Semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali. Gambar 1 menunjukkan kurva kadar timbal (Pb) di dalam *Hydrilla verticillata* berbentuk linier dimana waktu kontak optimum untuk *Hydrilla verticillata* diperoleh pada hari ke-20.

Gambar 2 menunjukkan *Najas indica* mampu hidup sampai dengan hari ke-20 tetapi pada konsentrasi Pb yang paling rendah yaitu 5 mg/l dan hanya mampu bertahan hidup sampai dengan hari ke-15 sampai dengan konsentrasi Pb 15mg/l. Dengan kemampuan menyerap logam Pb sebesar 2.691 – 25.267,2 mg/kg dari konsentrasi 5 mg/l – 15 mg/l. Waktu kontak optimum *Najas indica* diperoleh pada hari ke-15. Ini menunjukkan pada hari ke-15 *Najas indica* mampu mengakumulasi timbal (Pb) secara maksimal, karena pada hari ke-20 terutama untuk perlakuan B3 dan B4 *Najas indica* sudah tidak mampu bertahan, sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan pada hari ke-20.

Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2, jika dibandingkan dapat dilihat bahwa *Hydrilla verticillata* memiliki kemampuan lebih besar dalam mengakumulasi timbal (Pb). Hal ini ditunjukkan pada kemampuan *Hydrilla verticillata* mengakumulasi Pb mencapai 24.700,4 mg/kg pada hari ke-20 dengan konsentrasi 15 mg/l (B4). Sedangkan pada *Najas in-*

dica karena pada tanaman kontrol awalnya telah menyerap Pb sebesar 101,6 mg/kg sehingga pada hari ke-20 kemampuan tanaman menyerap Pb menjadi lebih besar daripada *Hydrilla verticillata* yaitu sebesar 25.267,2 mg/kg pada konsentrasi 15mg/l (B4). *Hydrilla verticillata* mempunyai luas permukaan yang lebih besar jika dibandingkan *Najas indica* sehingga kontak dengan logam Pb semakin besar. Menurut Henggar (2009) bahwa tumbuhan yang memiliki ukuran lebih besar lebih baik dalam mengolah kontaminan. Menurut Malik & Biswas (2012) bahwa *Hydrilla verticillata* merupakan tumbuhan hiperakumulator. Dari kemampuan waktu kontak optimum menunjukkan *Najas indica* lebih cepat menyerap timbal (Pb) daripada *Hydrilla verticillata*.

Interaksi Berbagai Konsentrasi terhadap Kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam Remediasi Logam Berat Pb.

Untuk mengetahui interaksi berbagai konsentrasi terhadap kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam remediasi logam berat Pb dilakukan uji lanjut pengukuran kadar Pb terlarut didalam air dan kadar Pb didalam tanaman pada hari ke-5, 10 15 dan 20 sebagai berikut (Tabel 2 dan Tabel 3):

Pada tabel 2 dan tabel 3, hasil uji lanjut yang menunjukkan bahwa pada hari ke-5 setelah aplikasi, pada *Hydrilla verticillata* kadar Pb didalam air berbeda nyata pada perlakuan B4 dan kadar Pb pada *Hydrilla verticillata* berbeda nyata mulai pada perlakuan B2. Pada hari ke-5 penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air yang semula 15 mg/l menjadi sebesar 2,216 mg/l dengan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* sebesar 10.832 mg/kg.

Kadar Pb di dalam air yang terdapat *Hydrilla verticillata* bersifat fluktuatif, terutama pada hari ke-10, kadar Pb didalam air nilainya lebih besar jika dibandingkan pada hari ke-5. Hal ini diduga dapat disebabkan karena tumbuhan uji ada yang mulai tumbuh dan ada yang mulai mati, sehingga penyerapan tidak maksimal. Pada hari ke-10 setelah aplikasi pada *Hydrilla verticillata* sama pada hari ke-5 dimana kadar Pb didalam air berbeda nyata pada *Hydrilla verticillata* dengan perlakuan B4 dan kadar Pb didalam tanaman berbeda nyata mulai pada perlakuan B2. Pada hari ke-10 penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air menjadi sebesar 2,996 mg/l dengan kadar Pb didalam tanaman sebesar 15.910 mg/kg.

Pada hari ke-15 setelah aplikasi pada *Hydrilla verticillata*, kadar Pb didalam air berbeda nyata dengan

perlakuan B4 dan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* berbeda nyata mulai pada perlakuan B2. Tetapi kadar Pb didalam tanaman masing-masing antara perlakuan B2, B3 dan B4 berbeda tidak nyata. Pada hari ke-10 penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air menjadi sebesar 1,133 mg/l dengan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* sebesar 10.737 mg/kg.

Pada hari ke-20 setelah aplikasi pada *Hydrilla verticillata* sama seperti pada hari ke-5 dan ke-10 dimana kadar Pb didalam air berbeda nyata *Hydrilla verticillata* dengan perlakuan B4 dan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* berbeda nyata mulai pada perlakuan B2 dengan penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air menjadi sebesar 3,140 mg/l dengan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* sebesar 24.700 mg/kg. Pada perlakuan B2, kadar Pb terlarut didalam air menunjukkan 0,00 mg/l. Hal ini berarti kadar Pb terlarut didalam air telah habis pada hari ke-20 dan telah terserap semua oleh *Hydrilla verticillata*. Pada hari ke-20 untuk perlakuan B2 kadar Pb didalam air telah habis terserap oleh *Hydrilla verticillata*. Ini menunjukkan bahwa *Hydrilla verticillata* dengan biomassa 300 gr berat basah mampu meremediasi Pb dengan konsentrasi 5mg/l sampai dengan hari ke-20. Sedangkan untuk perlakuan B3 masing mengandung Pb sebesar 0,06 mg/l dan pada perlakuan B4 kadar Pb didalam air sebesar 3,14 mg/l. Setiap tumbuhan memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap logam berat. Salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan logam berat oleh tumbuhan adalah biomassa.

Selanjutnya untuk *Najas indica* dari tabel 2 menunjukkan pada *Najas indica*, kadar Pb didalam air mengalami penurunan sampai dengan hari ke - 15 dengan kadar Pb didalam air secara berurutan B2, B3 dan B4 adalah 0,95 mg/l, 1,88 mg/l dan 3,14 mg/l.

Pada hari ke- 5 setelah aplikasi, pada *Najas indica* baik kadar Pb didalam air maupun kadar Pb didalam *Najas indica* menunjukkan perbedaan nyata pada perlakuan B2. Pada hari ke-5 penyerapan tertinggi pada perlakuan B2 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air yang semula 15 mg/l menjadi sebesar 1,820 mg/l dengan kadar Pb didalam *Najas indica* sebesar 2.765 mg/kg.

Pada hari ke-10 setelah aplikasi pada *Najas indica* dimana kadar Pb didalam air berbeda nyata pada perlakuan B3 dan kadar Pb didalam *Najas indica* berbeda nyata mulai pada perlakuan B2. Pada hari ke-10 penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air

menjadi sebesar 5,943 mg/l dengan kadar Pb didalam *Najas indica* sebesar 10.241 mg/kg.

Pada hari ke-15 setelah aplikasi pada *Najas indica*, kadar Pb didalam air dan Pb didalam tanaman berbeda nyata mulai pada perlakuan B2. Tetapi kadar Pb didalam *Najas indica* masing-masing antara perlakuan B2, B3 dan B4 berbeda tidak nyata. Pada hari ke-10 penyerapan tertinggi pada perlakuan B4 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air menjadi sebesar 3,14 mg/l dengan kadar Pb didalam tanaman sebesar 25.267 mg/kg.

Pada hari ke-20 setelah aplikasi kadar Pb didalam air berbeda tetapi tidak nyata pada perlakuan B2 jika dibandingkan kontrol (B1) dan kadar Pb didalam *Najas indica* berbeda nyata pada perlakuan B2 jika dibandingkan kontrol, dimana penyerapan pada perlakuan B2 dengan kadar Pb terlarut yang tertinggal didalam air menjadi sebesar 1,39 mg/l dengan kadar Pb didalam *Najas indica* sebesar 12.841 mg/kg. Pada hari ke-20 ini pada perlakuan B3 dan B4 tidak dapat dilakukan analisa dikarenakan *Najas indica* telah mati. Menurut Lakitan (2004) bahwa logam berat dapat mempengaruhi tumbuhan dengan cara menghambat enzim sehingga protein akan mengalami denaturasi yang dapat memutuskan ikatan hidrogen.

Pada penelitian ini menunjukkan baik tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* mempunyai kemampuan menyerap sampai dengan 24.700mg/kg dan 25.267 mg/kg pada konsentrasi 15 mg/l atau pada konsentrasi tertinggi pada perlakuan ini. Hal ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Pb didalam air maka semakin tinggi Pb yang diserap oleh tumbuhan. Menurut Malik & Biswas (2012) bahwa setiap tumbuhan memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap logam berat tergantung dari konsentrasi logam didalam media tersebut. Selain itu juga bahwa perbedaan kandungan Pb antara media tanaman menyebabkan semakin besar pula logam Pb yang diserap oleh tumbuhan dimana perbedaan kandungan ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan logam Pb secara difusi dan osmosis yaitu massa zat pada media dengan kandungan yang tinggi akan berpindah ke media dengan kandungan yang rendah (Haryati dkk, 2012). Dengan adanya perpindahan kandungan maka akan terjadi penyerapan Pb oleh tanaman. Inilah yang merupakan prinsip penyerapan logam Pb oleh tumbuhan dimana semakin besar kandungan Pb dalam media tanah maka akan menyebabkan semakin besar pula logam Pb yang diserap oleh tanaman (Ghosh & Singh, 2005).

Tingginya kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* juga dapat disebabkan karena membran sel telah rusak sehingga ion-ion logam berat Pb keluar dari sitosol. Pada penelitian ini media ditempatkan pada tempat terbuka langsung terkena cahaya matahari. Menurut Lakitan (2004) bahwa ion-ion yang diangkut masuk ke dalam vacuola sel akan jarang yang diangkut kembali ke luar dari vacuola tersebut. Kebocoran membran (ion keluar dari sitosol) akan berlangsung mudah jika membran tersebut telah rusak misalnya akibat suhu tinggi atau penyebab lainnya. Selain itu juga pada beberapa spesies, akar dan tajuknya dapat mengandung jumlah yang lebih tinggi jika dibandingkan spesies lain. Hal ini dapat disebabkan secara genetis tumbuhan memiliki kemampuan yang sangat beragam untuk toleran atau tidak toleran terhadap unsur tak esensial seperti logam berat Pb (Salisbury & Ross, 1992).

Hydrilla verticillata dan *Najas indica* merupakan kedua jenis tumbuhan yang submerge. Dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kedua jenis tumbuhan ini mampu mengakumulasi logam Pb. Mekanisme kedua jenis tumbuhan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara. Yang pertama yaitu dengan pertukaran kation. Kation masuk ke dalam sel-sel akar secara pasif, sedangkan anion diangkut secara aktif ke dalam sel akar tumbuhan (Lambers *et al*, 2010). Dimana kation sel-sel akar tumbuhan mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada media sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Apabila ion di sekitar sel-sel akar bermuatan positif (kation), penyerapan logam berat Pb tidak membutuhkan energi. Yang kedua adalah akar tumbuhan air seperti yang mengalami stres logam berat akan membentuk zat phytochelatin dan metalothionin (Maiti *et al*, 2004). Phytochelatin adalah kelompok protein yang memiliki asam amino cystein, glycin dan asam glutamat, yang menginduksi tanaman jika tanaman mengalami stres logam berat. Atom belerang dalam sistein ini yang akan mengikat logam berat dari media tumbuh. Senyawa ini mengikat ion logam dan membawanya ke vakuola dimana logam berat tidak menjadi toksik (Suresh & Ravinkar, 2004). Spesies tumbuhan yang tumbuh di lingkungan tercemar logam akan mengalami stres logam dengan membentuk zat phytochelatin khususnya di bagian akar sebagai mekanisme toleransi yang penting (Lambers *et al*, 2010). Metallothionein merupakan zat yang menciptakan lokasi penyimpanan ion untuk kelebihan ion-ion logam berat bebas yang dikhelasi. Metallothionin adalah protein transport yang bertanggung jawab pada pemindahan kelebihan logam berat dari satu tempat ke tempat yang lain untuk menghindari efek toksik yang ditim-

bulkan terhadap tanaman (Shuresh & Ravinskar, 2004). Phytochelatin dan metallothionin bekerjasama dalam mengikat logam berat Pb yang ada di dalam air. Setelah phytochelatin mengikat logam berat Pb maka zat methallothiinein akan menempatkan logam berat Pb ke suatu sel atau jaringan dalam hal ini akar untuk menyimpan logam berat Pb, sehingga keberadaan logam Pb tidak akan mengganggu metabolisme tumbuhan, terutama tumbuhan *Hydrilla verticillata*.

Cara ketiga proses rhizofiltrasi yaitu adsorpsi atau absorpsi logam oleh akar tanaman (Malik dan Biswas, 2012). Dalam akumulasi logam berat oleh tumbuhan, logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) agar terjadi penyerapan oleh akar. Dimana senyawa-senyawa yang larut dalam air akan diambil oleh akar bersama air, dan senyawa – senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Selain itu juga translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain merupakan proses akumulasi logam berat oleh tumbuhan dimana setelah logam menembus endodermis akar, logam berat akan mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut ke bagian tanaman lainnya. Agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman terjadi lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Ini menunjukkan tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar sebagai bentuk pertahanan keracunan terhadap sel (Suresh dan Ravinskar, 2004).

Kecepatan Penyerapan

Kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* dalam menyerap timbal (Pb) dapat dilihat dari kecepatan penyerapan kedua jenis tumbuhan ini. Kecepatan penyerapan dihitung berdasarkan pada konsentrasi timbal (Pb) awal dan konsentrasi timbal (Pb) yang tertinggal yang diserap tumbuhan selama waktu pengamatan. Hasil perhitungan kecepatan penyerapan timbal (Pb) oleh *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* sebagai berikut (Tabel 4).

Pada penelitian ini parameter yang diukur selama pengamatan adalah pH air. Salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan logam berat adalah pH air. Pada penelitian ini selama waktu pengamatan pH air mengalami perubahan. Pada hari ke-5 pada *Hydrilla verticillata* setelah perlakuan telah terjadi perubahan pH air menjadi asam pada perlakuan B2 – B4. Tetapi pada hari ke-10, nilai pH air sedikit demi sedikit naik terutama pada perlakuan B2 dan B3 sampai pada hari ke-20 dimana pH air berubah mendekati netral yaitu 6,57 (B2) dan 6,67 (B3). Sedangkan pada perlakuan B4 pH air tetap pada kisa-

ran asam yaitu 3,51 pada hari ke-15 dan 3,62 pada hari ke-20.

Sedangkan pada *Najas indica*, pada perlakuan B2, B3 dan B4 perubahan pH air fluktuatif. Dimana pada B2 pada hari ke-5 pH air menjadi 3,70 dan sedikit meningkat menjadi 4,66 pada hari ke-10 dan kembali turun pada hari ke-15 dan hari ke-20. Sedangkan pada B3 pH air secara berturut-turut 3,39, 3,65 dan 3,64 pada hari ke-5, 10 dan 15, pada hari ke-20 pH air mengalami peningkatan menjadi 5,02. Walaupun secara umum perubahan pH air ini bersifat fluktuatif tetapi masih dalam kisaran pH asam. Akumulasi logam berat pada tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain karakteristik fisika, kimia, dan media pertumbuhan yang digunakan. Faktor-faktor tersebut meliputi pH, kapasitas tukar ion, kejenuhan basa, pertukaran kation, dan lain-lain.

Nilai pH air sangat penting untuk diketahui karena menentukan mudah tidaknya ion-ion unsur hara diserap dan juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi organisme ((Lopez *et al*, 2000)). Telah dijelaskan sebelumnya bahwa hasil analisis menunjukkan kadar Pb didalam *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* sangat tinggi mencapai puluhan ribu mg/kg. Hal ini dapat disebabkan karena pH air pada perlakuan menjadi asam. Penurunan pH air secara drastis ini dapat meningkatkan kelarutan logam (Lopez *et al*, 2000). Menurut Sood *et al* (2012) bahwa biopsorpsi dipengaruhi oleh tipe jenis tanaman (genus/ spesies) yang digunakan, bentuk proses seperti: suhu, pH, konsentrasi biomassa, dan konsentrasi logam berat. Pada penelitian ini juga dapat ditunjukkan bahwa lamanya waktu tinggal merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses penyerapan logam. Menurut Salisbury dan Ross (1995) bahwa faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam oleh tumbuhan adalah iklim, kesuburan tanah, kesehatan tanaman, dan lamanya waktu perlakuan.

Dari pengamatan yang dilakukan selama 20 hari, kedua jenis tumbuhan ini menunjukkan perubahan secara fisik. Perubahan fisik kedua tanaman uji dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari gambar 3 menunjukkan terjadi perubahan kondisi fisik *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica*. Tanda-tanda kerusakan pada *Hydrilla verticillata* jelas terlihat pada perlakuan B3 dan B4 pada hari ke-10. Sedangkan pada *Najas indica* mampu hidup sampai dengan hari ke-20 tetapi pada konsentrasi Pb yang paling rendah yaitu perlakuan B2 dan hanya mampu bertahan hidup sampai dengan hari ke-15 pada perlakuan B4. Hal ini menunjukkan bahwa

pada hari ke-20 tumbuhan *Najas indica* sudah tidak mampu bertahan hidup pada perlakuan B3 dan B4. Dengan adanya kerusakan pada ke-2 jenis tumbuhan uji ini menunjukkan logam Pb mampu menyebabkan nekrosis dan klorosis. Menurut Haryati dkk (2012) bahwa kerusakan tumbuhan karena logam berat dapat ditandai dengan nekrosis yaitu busuk yang lebih cepat pada ujung dan sisi daun dan klorosis pada tanaman. Semakin tinggi konsentrasi Pb yang diberikan maka tingkat klorosis pada daun akan semakin parah. Hal ini terlihat dari perbedaan warna daun tumbuhan uji. Menurut Sandalio *et al* (2001) bahwa kandungan logam berat mengganggu metabolisme sel sehingga dapat mengilangkan komponen sitoplasma. Logam berat Pb dapat memberikan efek terhadap organ-organ pada tumbuhan dengan menghambat pertumbuhan sehingga mengakibatkan klorosis (Lambers *et al*, 2010). Klorosis pada daun ini dapat disebabkan karena tumbuhan stres terhadap logam berat Pb sehingga translokasi Zn dan Fe ke daun menjadi terlambat (Sandalio *et al*, 2001). Selain itu juga tingginya kandungan Pb pada tanaman dapat mempengaruhi fotosintesis dengan menurunkan aktifitas fotosintesis dan menghambat terbentuknya klorofil (Lambers *et al*, 2005). Dengan menurunnya aktifitas fotosintesis mengakibatkan terjadinya nekrosis.

4 SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* memiliki kemampuan meremediasi timbal (Pb) dengan kandungan Pb dalam tumbuhan berbeda nyata pada perlakuan mulai B2.
2. *Hydrilla verticillata* memiliki kemampuan lebih baik dalam mengakumulasi timbal (Pb) sampai hari ke-20 jika dibandingkan *Najas indica*.
3. *Najas indica* memiliki kemampuan optimum lebih cepat jika dibandingkan *Hydrilla verticillata*. Waktu kontak optimum *Hydrilla verticillata* diperoleh pada hari ke-20. Waktu kontak optimum untuk *Najas indica* diperoleh pada hari ke-15.
4. *Najas indica* kecepatan penyerapan lebih baik daripada *Hydrilla verticillata*.

UCAPAN TERIMA KASIH

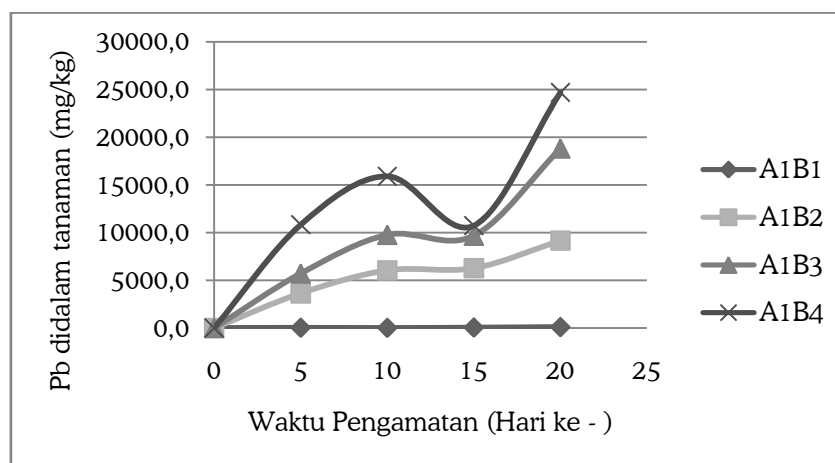
Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Penelitian Kimia Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya, Laboratorium Riset Terpadu PascaSarjana Universitas Sriwijaya dan Program Studi Pengelolaan Lingkungan Jurusan Biologi Lingkungan Pascasarja-

na Universitas Sriwijaya atas bantuannya dalam penelitian ini.

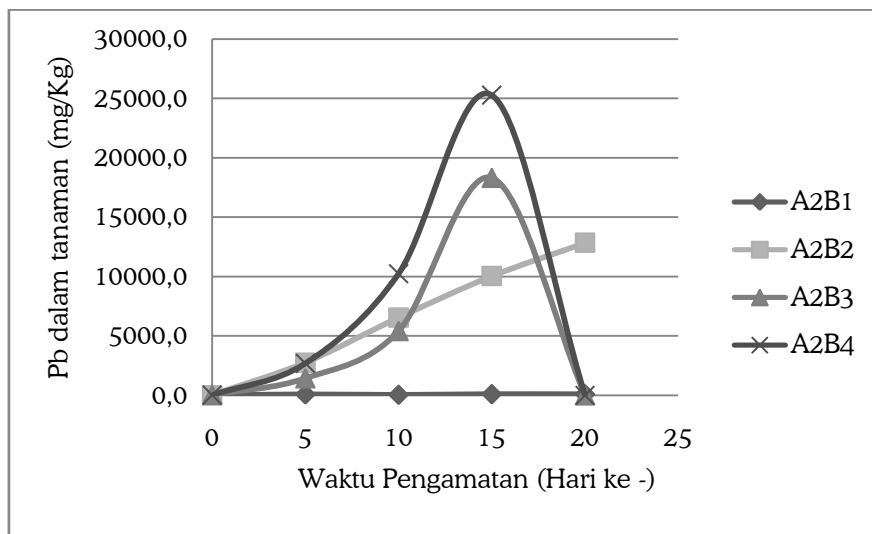
REFERENSI

- Birmansyah. 2008. Sebaran Unsur Timbal (Pb^{2+}) dan Krom Heksavalen (Cr^{6+}) dalam Fraksi Sedimen Sub DAS Musi Bagian Hilir Propinsi Sumatera Selatan. Tesis. Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program Pasca-sarjana Universitas Sriwijaya.
- Giesen, W & Sukotjo. 1991. Conservation and Management Of The Ogan Komering and Lebaks South Sumatra. *Survey Report PHPA AWB Sumatra Wetland Project Report No.8*. Asian Wetland Bureau Indonesia.
- Ghosh, M. dan Singh, S.P. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of its Byproducts. *Applied Ecology and Environmental Research* 3 (1): 1 -18.
- Haryati, M., Purnomo, T., dan 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. *Lentera Bio* (1) 3 :131-138. www. ejournal.unesa.ac.id. Diakses pada tanggal 22 November 2014.
- Henggar, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *BS, Vol. 44, No. 1, Juni 2009* : 27 - 40. Diakses tanggal 15 Mei 2013.
- Juhaeti, T., Syarif, F dan Hidayati, N. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodiversitas* 6 (1): 31-33. ISSN 1412-033X.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Edisi 1, Cet.5. PT. RajaGrafindo Persada. Jakarta. 206 hlm.
- Lambers, H., Chapin, F.S and Pons, T.J. 2010. *Plant Physiological Ecology*. Second Edition. Spinger.
- Lelifajri, L. 2010. Adsorpsi Ion Logam Cu (II) menggunakan Lignin dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 7(3).
- Lopez, A., Lazaro, N., Priego, J.M and Marques, a.m. 2000. Effect of pH on the biosorption of nickel and other heavy metals by *Pseudomonas fluorescens* 4F39. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 24: 146-151.
- Maiti, S.K., Pinero, J.L.H., Oreja, J.A.G., and Santiago, D.L. 2004. Plant Based Bioremediation and Mecanism of Heavy Metal Tolerance of Plants: A Review. *Proc Indian natn Sci Acad* 70 (1): 1-12.
- Maiti, S.K & Shishir, J. 2008. Bioaccumulation and Translocation of Metal in Natural Vegetation Growing on Fly Ash Lagoons: A Field Study From Santaldih Thermal Power Plants, West Bengal India. *Environmental Monitoring and Assessment* 136: 355 - 370.
- Malik, N & Biswas, A.K. 20012. Role Of Higher Plants In Remediation Of Metal Contaminated Sites. *Scientific Reviews & Chemical Communications* 2(2): 141 - 146.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tanaman*. UGM Press. Yogyakarta.
- Sandalio , L.M., Dalrzo, H.C., Gomez, Puertas, M.C.R and del-Rio, R.A. 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany* 52 (364): 2115 - 2126.
- Sood, A., Perm, L. Uniyal., Radha, P., and Amrik, S.A. 2012. Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*. *AMBIO* 41: 122 - 137.
- Stowel, R.R., J.C. Ludwig and G. Thobanoglous. 2000. *Toward the Rational Design of Aquatic Treatments of Wastewater*, Departement of Civil Engineering and Land, Air and Wastewater Resources, University of California, California.
- Suresh B., and G.A. Ravishankar. 2004. Phytoremediation - Anovel and Promising Approach for Environmental Clean-up. *Critical Reviews in Biotechnology* 24, 2-3:97 - 110.
- Widaningrum., Miskiyah, dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran Dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 3.

LAMPIRAN

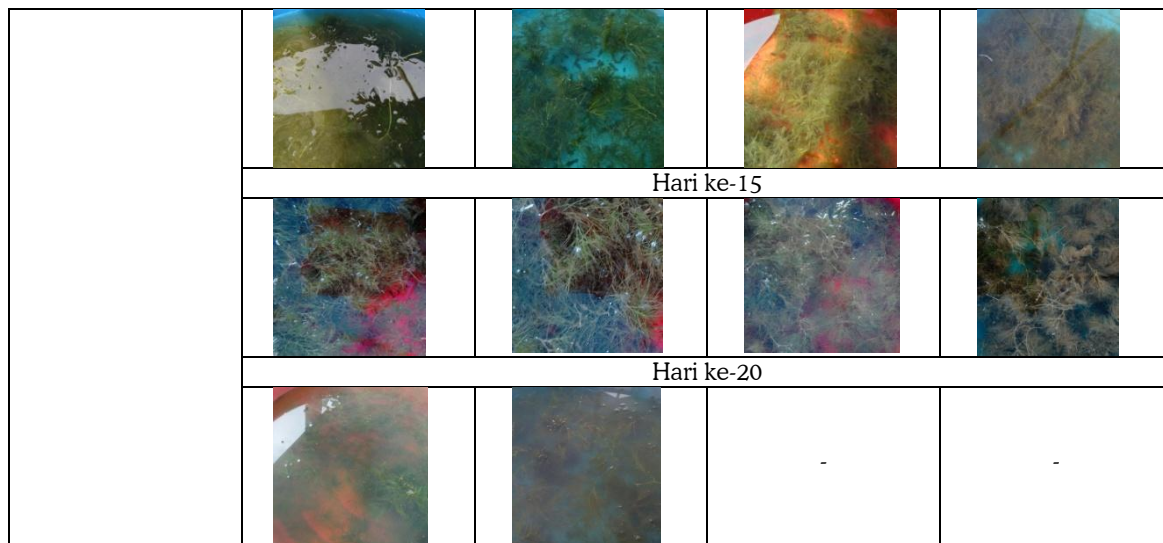


Gambar 1. Kadar Pb di dalam *Hydrilla verticillata*.



Gambar 2. Kadar Pb di dalam Najas indica.

Jenis Tumbuhan	Hari ke-5			
	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4
<i>Hydrilla verticillata</i>				
	Hari ke-10			
	Hari ke-15			
	Hari ke-20			
<i>Najas indica</i>	Hari ke-5			
	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4
	Hari ke-10			



Gambar 3. Perubahan kondisi fisik *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* yang terpapar timbal (Pb)

Tabel 2. Rekapitulasi hasil uji lanjut pengukuran kadar Pb di dalam air (mg/l)

Jenis Tumbuhan	Konsentrasi (mg/l)	Waktu Pengamatan (Hari ke-)			
		5	10	15	20
<i>Hydrilla verticillata</i>	B1	0,00 a	0,00 a	0,15 a	0,00 a
	B2	0,01 a	0,18 a	0,10 a	0,00 a
	B3	0,21 a	0,48 a	0,23 a	0,06 a
	B4	2,21 b	2,97 b	1,13 b	3,14 b
<i>Najas indica</i>	B1	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	B2	1,82 b	0,63 a	0,95 b	1,39 ab
	B3	4,96 c	3,66 b	1,87 c	2,56 b
	B4	9,47 d	5,94 c	3,14 d	5,71 c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata (non significant different) pada uji lanjut DNMRT (*Duncan New Multiple Range Test*) taraf 5%.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji lanjut Pengukuran Kadar Pb di dalam *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* (mg/kg)

Jenis Tumbuhan	Konsentrasi (mg/l)	Waktu Pengamatan (Hari ke-)			
		5	10	15	20
<i>Hydrilla verticillata</i>	B1	23,61 a	7,54 a	40,65 a	89,39 a
	B2	3,65 c	6,05 b	6,28 b	9,16 b
	B3	5,72 d	9,77 c	9,68 b	18,82 d
	B4	10,83 e	15,91 d	10,73 b	24,70 e
<i>Najas indica</i>	B1	84,56 a	46,15 a	101 a	93,19 a
	B2	2,76 bc	6,55 b	10,04 b	12,84 c
	B3	1,43 ab	5,41 b	18,32 c	0,00 a
	B4	2,69 bc	10,24 c	25,26 d	0,00 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata (non significant different) pada uji lanjut DNMRT (*Duncan New Multiple Range Test*) taraf 5%.

Tabel 4. Persentase kecepatan penyerapan *Hydrilla verticillata* dan *Najas indica* (mg/l)

Jenis tumbuhan	Konsentrasi awal (mg/l)	Waktu Pengamatan (Hari ke-)			
		5	10	15	20
<i>Hydrilla verticillata</i>	B2	80,05	90,46	93,47	95,00
	B3	80,43	90,48	93,49	95,03
	B4	82,96	92,00	93,84	96,05
<i>Najas indica</i>	B2	87,28	91,27	94,60	96,40
	B3	89,93	93,66	94,58	96,28
	B4	92,62	93,96	94,73	96,90