

## Pemanfaatan *Salvinia minima* sebagai Penyerap Logam Berat Timbal (Pb) pada Berbagai Konsentrasi Pb

### *The Utilization of *Salvinia minima* as Absorben of Heavy Metal Lead (Pb) at Various Concentrations of Pb*

Nur Kholifah\*, Fida Rachmadiarti

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\* e-mail: [nurkholip31@gmail.com](mailto:nurkholip31@gmail.com)

#### ABSTRAK

Pemanfaatan tumbuhan air sebagai fitoremediasi dapat mengurangi polutan perairan akibat logam berat timbal (Pb). Tumbuhan air mempunyai kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi Pb, di antaranya yaitu *Salvinia minima*. Tujuan penelitian ini adalah menguji pengaruh konsentrasi Pb pada media (0, 5, 10, 15 ppm) terhadap kadar Pb di akar dan kadar klorofil di daun *S. minima*. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan faktor perlakuannya, yaitu konsentrasi Pb pada media (0, 5, 10, 15 ppm). Analisis Pb menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), sedangkan analisis klorofil menggunakan spektrofotometer. Data dianalisis secara statistik menggunakan uji ANAVA satu arah kemudian dilanjutkan uji DMRT. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh konsentrasi Pb pada media terhadap kadar Pb di akar dan klorofil daun *S. minima*, yaitu yang paling optimal pada 15 ppm. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh konsentrasi Pb pada media terhadap kadar Pb di akar *S. minima*, yaitu pada konsentrasi 15 ppm sebesar 9,97 ppm, serta berpengaruh pada kadar klorofil daun *S. minima* sebesar 17,08. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa *S. minima* merupakan agen fitoremediasi karena dapat menyerap Pb dengan baik.

**Kata kunci:** fitoremediasi; *S. minima*; kadar Pb; dan kadar klorofil.

#### ABSTRACT

*The utilization of aquatic plants as a phytoremediator can reduced aquatic pollutants due to heavy metal lead (Pb). Water plants have ability to absorb and accumulate Pb, for example *Salvinia minima*. The purpose of this study was to determine the effect of Pb on the media (0, 5, 10, 15 ppm) to the level of Pb in the roots and chlorophyll content in the leaves of *S. minima*. This was experimental research by using Randomized Block Design (RAK). The treatment factor was Pb concentration in media (0, 5, 10, 15 ppm). The level of Pb was analyzed by using AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), while the chlorophyll content was analyzed by using spektrofotometer. Data were analyzed statistically using one way ANAVA test followed by DMRT test. The results showed that there was influence the level of Pb in the media to Pb concentration in *S. minima* root, that is at concentration 15 ppm equal to 9.97 ppm and the effect on chlorophyll content of the leaves *S. minima* equal to 17.08. The results of this study prove that *S. minima* is a phytoremediator agent because it can absorb Pb well.*

**Key words:** phytoremediation; *S. minima*; Pb content; and chlorophyll content

#### PENDAHULUAN

Dewasa ini masalah yang sedang dihadapi oleh Indonesia adalah berkurangnya kuantitas dan kualitas air dari tahun ke tahun (Sasongko, dkk., 2014). Minimnya kuantitas dan kualitas air bersih ini disebabkan oleh pencemaran air. Pencemaran air ini disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya kegiatan industri, pertanian, pertambangan, dan kegiatan rumah tangga yang menghasilkan limbah mengandung bahan pencemar yang akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Bahan pencemar

tersebut, antara lain timbal (Pb).

Bahan pencemar terbagi atas dua jenis, yaitu organik dan anorganik. Bahan pencemar organik yaitu kadar CO<sub>2</sub>, padatan terlarut, dan aktivitas hidrogen yang ditunjukkan oleh nilai pH perairan tersebut. Bahan pencemar anorganik salah satunya adalah logam berat. Logam berat yang kadarnya di perairan masih melebihi baku mutu yaitu logam berat timbal (Pb) (Tafangenyasha dan Dzinomwa, 2005).

Timbal (Pb) adalah logam non-essensial yang berbahaya bagi kelangsungan makhluk hidup.

Baku mutu Pb menurut PP no. 82 Tahun 2001 adalah 0,03 mg/L. Pb akan berdampak pada perubahan morfologi, dan fisiologi, misalnya tersumbatnya dinding sel (Arisandi, dkk., 2013). Kadar Pb yang tinggi akan menghambat laju pertumbuhan ikan mujair (Yulaipi dan Aunurohim, 2013). Kadar Pb yang tinggi juga akan berdampak bagi kesehatan masyarakat jika air yang terkontaminasi Pb dikonsumsi oleh masyarakat sehingga perlu diadakan perbaikan kualitas air.

Perbaikan kualitas air adalah usaha untuk memperbaiki kualitas air baik sifat fisik maupun sifat kimianya. Perbaikan kualitas air dilakukan untuk memperbaiki fungsi air mengingat air digunakan untuk dikonsumsi manusia dan untuk keberlangsungan rantai makanan agar tetap stabil. Teknik perbaikan kualitas air salah satunya dengan fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan pencucian polutan dengan menggunakan media tumbuhan yang meliputi pohon, tumbuhan air, dan rumput-rumputan (Hidayati, 2005). Tumbuhan dapat menyerap polutan baik logam berat ataupun zat pencemar lainnya, yang kemudian diakumulasi di sebagian tubuhnya atau melalui respirasi di stomata. Jenis tumbuhan air yang berpotensi menyerap logam salah satunya adalah *Salvinia minima*. *S. minima* merupakan jenis tumbuhan air yang mempunyai genus *Salvinia*. *Salvinia minima* adalah tumbuhan air yang mengapung dan memiliki habitat yang tersebar. *Salvinia minima* hidup pada habitat perairan yang lentik, misalnya sawah, danau, atau rawa-rawa, memiliki bentuk daun orbicular rata dengan luas daun berkisar 0,4-2 cm, panjang akar mencapai 1-2 cm, dan trikoma pada permukaan (Parys dan Johnson, 2012).

Timbal (Pb) yang terdapat pada tumbuhan juga akan mempengaruhi fisiologi tumbuhan, yaitu klorofil. Klorofil adalah zat hijau pada tumbuhan terutama di bagian daun yang mengandung senyawa antioksidan alami. Kadar klorofil pada tumbuhan akan mengalami penurunan diikuti dengan meningkatnya akumulasi logam timbal (Pb) yang berakibat pada kerusakan kloroplas (Ulfah, dkk., 2017).

Beberapa penelitian menggunakan tumbuhan air untuk fitoremediasi salah satunya dilakukan oleh Yuliani, dkk., (2013) yaitu menganalisis potensi Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai agen penurunan logam Cu (II) pada media tanam, selain itu dilakukan oleh Caroline dan Guido (2015) tentang fitoremediasi Pb oleh tumbuhan melati air (*Echinodorus palaeifolius*). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sinhei dan Bianchini, (2015) tentang fitoremediasi Cd, Ni, Pb

and Zn oleh *Salvinia minima*. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan jenis tumbuhan air saja untuk fitoremediasi sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan *Salvinia minima* sebagai penyerap logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi Pb yang tinggi. (5, 10, dan 15 ppm). Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh berbagai konsentrasi Pb pada media (0, 5, 10, dan 15 ppm) terhadap penyerapan kadar Pb oleh akar dan kadar klorofil pada daun *S. minima*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian Rancangan Acak Kelompok. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah Biomassa *S. minima* sebesar 50 g, variabel manipulasinya adalah Konsentrasi Pb pada media yang digunakan, yaitu 0, 5, 10, dan 15 ppm. Variabel respons berupa kadar Pb di akar oleh *S. minima*, dan kadar klorofil pada daun *Salvinia minima*. Waktu perlakuan penelitian ini adalah 10 hari. Kadar Pb pada akar dan kadar klorofil pada daun *Salvinia minima* diukur setelah 10 hari perlakuan.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ekologi, Laboratorium Fisiologi dan *Green House* Jurusan Biologi FMIPA UNESA, pada bulan Februari-Maret 2018. Analisis kadar Pb dilaksanakan di Laboratorium Terpadu, FMIPA UNESA. Analisis kadar klorofil total tumbuhan dilakukan di Laboratorium Fisiologi FMIPA, UNESA.

Alat-alat yang diperlukan adalah akuarium ukuran 35 cm x 30 cm x 20 cm, gelas ukur 1000 ml, botol sampel, *hot plate*, *beaker glass* 100 ml, kertas saring, mortar dan alu, Spektrofotometer, neraca digital, pengaduk, cawan cruss, AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), *Hot plate*. Bahan-bahan yang digunakan adalah *S. minima*, logam berat Pb sintesis 5, 10, dan 15 ppm, larutan Hoagland, akuades, akuademin, alkohol, larutan HNO<sub>3</sub>.

Tahapan kerja penelitian ini pertama-tama mengaklimatisasi tumbuhan selama 7 hari menggunakan 3 L akuades, kemudian setelah mengaklimatisasi tumbuhan, memilih tumbuhan yang masih segar dengan ciri-ciri daun berwarna hijau segar, dan panjang akar sebesar ± 1-1,5 cm. Perlakuan sampel dilakukan dengan menyiapkan media tanam dalam aquarium, menimbang *S. minima* sebanyak 50 g, menanam tumbuhan ke dalam akuarium-akuarium yang berisi media tanam dengan konsentrasi timbal (Pb) 0, 5, 10, dan 15 ppm, dan setelah 10 hari, melakukan pengukuran meliputi kadar Pb di akar, dan pengukuran kadar klorofil pada daun *S. minima*

Analisis kadar logam berat timbal (Pb) pada akar tumbuhan air dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) yang sebelumnya melakukan destruksi kering dengan sampel ditanur pada 700°C menggunakan cawan kurz selama 8 jam sampai menjadi abu. Abu yang dihasilkan kemudian didestruksi dengan melarutkan abu sampel ke 2 ml HNO<sub>3</sub> lalu dipanaskan menggunakan *hotplate* dan dimasukkan ke labu ukur 100 ml dan diencerkan kembali dengan 2 ml HNO<sub>3</sub> kemudian ditambah dengan 10 ml aquademin, selanjutnya dianalisis konsentrasi Pb dalam akar menggunakan AAS.

Kadar klorofil dianalisis menggunakan Spektrofotometer. Tumbuhan *Salvinia minima* ditimbang masing-masing daun sebesar 1 g, kemudian dipotong kecil-kecil dan digerus menggunakan lumping porselin sampai halus. Gerusan daun-daun yang sudah halus tersebut diekstraksi menggunakan 30 ml alkohol 95%, kemudian disaring sampai mencapai 30 ml. Pengukuran kadar klorofil menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 655 nm, sebelumnya harus dikalibrasi menggunakan alkohol 95% sebelum mengukur kadar klorofil pada sampel.

Data yang diperoleh berupa kadar logam berat timbal (Pb) pada akar *S. minima*, serta kadar klorofil daun tumbuhan tersebut. Analisis data terkait kadar Pb pada akar dan kadar klorofil pada daun *S. minima* menggunakan uji hipotesis yaitu Uji ANAVA Satu Arah karena

menggunakan satufaktor perlakuan yaitu konsentrasi Pb dan dilanjutkan dengan Uji DMRT untuk mengetahui adanya perbedaan dari pemberian perlakuan.

## HASIL

Penelitian ini menggunakan *S. minima* untuk menyerap kadar timbal (Pb) pada berbagai konsentrasi Pb pada media. Konsentrasi Pb pada media, yaitu 0, 5, 10, dan 15 ppm. Hasil pengukuran kadar timbal (Pb) pada akar *S. minima* dan kadar klorofil daun diberbagai pemberian konsentrasi timbal (Pb) di media tanam ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Kadar Pb di akar *S. minima* di berbagai konsentrasi Pb pada media tanam, yaitu 0, 5, 10, dan 15 ppm diperoleh hasil semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi kadar Pb di akar. Kadar Pb di akar *S. minima* yang tertinggi ada pada perlakuan konsentrasi media 15 ppm. Kadar Pb sebesar 9,97 ppm pada akar *S. minima* merupakan kadar Pb yang terbesar di konsentrasi 15 ppm (Tabel 1).

Kadar klorofil daun *S. minima* di berbagai konsentrasi Pb pada media tanam, yaitu 0, 5, 10, dan 15 ppm diperoleh hasil semakin tinggi konsentrasi maka semakin rendah kadar klorofil. Kadar klorofil yang terendah ada pada konsentrasi 15 ppm. Kadar klorofil sebesar 17,08 pada daun *S. minima* merupakan kadar klorofil yang terendah pada 15 ppm (Tabel 2).

**Tabel 1.** Kadar timbal (Pb) pada akar *S. molesta*

Jenis Tumbuhan	Konsentrasi Pb (ppm)	Kadar Pb dalam akar
<i>S. minima</i>	0	0±0,00 <sup>A</sup>
	5	3,11±0,38 <sup>B</sup>
	10	6,67±0,72 <sup>C</sup>
	15	9,97±2,02 <sup>D</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom diatas menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji DMRT dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf besar menunjukkan konsentrasi Pb.

**Tabel 2.** Rerata klorofil pada daun setelah 10 hari perlakuan.

Jenis Tumbuhan	Konsentrasi Pb (ppm)	Kadar Klorofil pada daun
<i>S. minima</i>	0	20,69±5,88 <sup>C</sup>
	5	20,06±4,15 <sup>C</sup>
	10	18,72±1,39 <sup>B</sup>
	15	17,08±0,85 <sup>A</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang berbeda pada baris dan kolom diatas menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut uji DMRT dengan taraf uji 0,05. Notasi huruf besar menunjukkan konsentrasi Pb.

## PEMBAHASAN

Konsentrasi Pb pada media (0, 5, 10, 15 ppm) mempunyai pengaruh terhadap kadar Pb pada akar, dan mempunyai pengaruh pada kadar klorofil di daun *S. minima*. Kadar Pb di akar yang tertinggi ada pada konsentrasi 15 ppm sebesar 9,97 ppm dan pada konsentrasi 15 ppm didapat kadar klorofil daun terendah sebesar 17,08 ppm.

Kadar Pb pada akar tumbuhan tersebut ada karena terjadi proses akumulasi Pb pada organ tumbuhan, yaitu akar. Akumulasi Pb oleh *S. molesta* dan *S. minima* dimulai dari akar tumbuhan menyerap air yang telah terkontaminasi timbal (Pb), selanjutnya logam dan ion-ion terlarut akan masuk ke sel akar baik dengan cara simplas yaitu dengan melewati membran plasma dari sel-sel akar endodermal, maupun dengan cara apoplas melalui ruang antar sel kemudian diangkut melalui pengangkutan xylem dengan cara solute (zat yang tidak diurai dalam zat yang lain) harus melewati pita kaspari (suatu lapisan yang tidak dapat ditembus solute) sehingga solute melewati sel-sel endodermis yang dipompa atau dengan menggunakan saluran. Arus getah xylem akan mengangkut logam menuju daun dan bagian atau sel lainnya. Tumbuhan menggunakan khelat untuk meningkatkan pengangkutan logam, contoh dari khelat tumbuhan antarlain histidin yang dapat mengikat logam berat seperti timbal (Pb) (Irhamni, dkk., 2017).

Penyerapan logam Pb oleh akar juga dibantu adanya mikroba yang ada di sekitar akar tumbuhan. Mikroba yang hidup disekitar akar ini akan bersimbiosis dengan tumbuhan, yaitu akar akan mengeluarkan eksudat yang berguna bagi mikroba, sementara itu mikroba tersebut mampu menyederhanakan molekul sehingga akar mudah untuk menyerap molekul (Dewi, dkk., 2016).

*Salvinia minima* mampu menyerap Pb sebanyak 9,97 pada konsentrasi 15 ppm. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa *S. minima* dapat menyerap Pb secara optimal. Penelitian yang serupa adalah Hoffman, et al., (2004), menyatakan bahwa *S. minima* dapat menyerap Pb sebanyak 160 M dalam waktu 4 hari dengan berat kering tumbuhan sebesar 50 gram. Viobeth, dkk (2013), hasil dari penelitiannya, yaitu *S. molesta* mampu menurunkan timbal (Pb) dari konsentrasi awal media sebesar 0,5 mg/l mengalami penurunan hingga Pb pada media mencapai 0.182 mg/l. Rachmadiarti, et al. (2012), menyatakan bahwa

timbal (Pb) dapat diserap Genjer sebanyak 1,92 ppm dengan waktu detensi selama 10 hari perlakuan.

Kadar Pb pada akar tumbuhan juga dipengaruhi oleh konsentrasi Pb dalam media tanam. Pengaruh konsentrasi Pb pada media mempengaruhi kadar Pb di akar dan kadar Pb di daun. Kadar Pb pada akar tumbuhan berbanding lurus dengan konsentrasi Pb pada media tanam (Haryati, dkk., 2012). Pengaruh konsentrasi Pb dalam media terhadap kadar Pb di akar, yaitu semakin besar konsentrasi Pb dalam media tanam maka akan menyebabkan semakin besar pula kadar Pb di akar tumbuhan yang ditunjukkan pada Tabel 1. Konsentrasi 15 ppm menunjukkan kadar klorofil terendah, pada konsentrasi ini pula tumbuhan banyak menyerap Pb. Konsentrasi ini menyebabkan media mempunyai kepekatan larutan yang tinggi akibatnya terjadi perbedaan jumlah zat terlarut antara di dalam sel dan di luar (media) yang menyebabkan proses difusi, yaitu perpindahan zat terlarut dari konsentrasi tinggi (media) ke konsentrasi rendah (sel tumbuhan).

Konsentrasi Pb pada media ini juga mempengaruhi kadar klorofil pada daun karena terdapat proses translokasi Pb di bagian tubuh tumbuhan lainnya selain akar, misalnya daun. Translokasi pada daun ini berdampak pada klorofil dari tumbuhan. Dampak yang ditimbulkan dapat dilihat dari kadar klorofil *S. minima* setelah perlakuan 10 hari (Tabel 2). Kadar klorofil mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi Pb pada media. Translokasi Pb menuju daun ini mengakibatkan Pb juga ada yang terakumulasi pula di daun. Akumulasi Pb di daun dapat mengakibatkan terganggunya pembentukan klorofil.

Pembentukan klorofil dipengaruhi oleh Mg dan N. Logam berat yang masuk secara berlebihan pada tumbuhan seperti Pb akan mengurangi asupan Mg dan N sehingga menyebabkan terganggunya pembentukan klorofil (Novita dan Tarzan, 2012). Akumulasi logam berat yang tinggi, misal timbal (Pb) secara berlebihan secara langsung dapat mengurangi asupan nutrisi Mg dan N yang berdampak pada perubahan jumlah dan volume kloroplas (Ulfah, dkk., 2017).

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa kadar klorofil daun *Salvinia minima* dari berbagai konsentrasi media 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm yang terendah ada pada konsentrasi 15 ppm. Konsentrasi 15 ppm menunjukkan kadar klorofil daun *S. minima* yang terendah.

Konsentrasi ini menyebabkan media mempunyai kepekatan larutan yang tinggi akibatnya terjadi perbedaan jumlah zat terlarut antara di dalam sel dan di luar (media) yang menyebabkan proses difusi, yaitu perpindahan zat terlarut dari konsentrasi tinggi (media) ke konsentrasi rendah (sel tumbuhan). Perpindahan tersebut menyebabkan tingginya akumulasi Pb oleh tumbuhan sehingga mengakibatkan semakin terganggunya sintesis klorofil karena keberadaan Pb pada daun dapat mengurangi asupan Mg dan N (Fuad, dkk., 2013).

*Salvinia minima* menjadi agen fitoremediator yang efektif karena dapat menyerap Pb dengan optimal, dan dapat bertahan pada media yang berkonsentrasi 15 ppm hingga 10 hari perlakuan. *S. minima* dapat beradaptasi dengan media yang terkontaminasi Pb karena masih mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan *S. minima* tersebut ditunjukkan karena adanya daun menggulung pada tubuh tumbuhan. Daun menggulung merupakan daun muda kelompok paku-pakuan (Dewi, dkk., 2016).



**Gambar 1.** Daun menggulung yang ditandai oleh lingkaran merah pada *S. minima* setelah perlakuan 10 hari

Pembahasan yang telah dijelaskan menunjukkan bahwa *S. minima* merupakan agen fitoremediator yang optimal karena dapat menyerap Pb secara optimal pada akar. *S. minima* juga dapat beradaptasi dengan cekaman Pb yang tinggi, ditunjukkan dengan adanya daun menggulung.

### SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *S. minima* merupakan fitoremediator Pb yang efektif. Penelitian ini menunjukkan konsentrasi Pb pada media tanam berpengaruh terhadap kadar Pb di akar dan kadar klorofil daun *S. minima*, yaitu perlakuan paling optimal pada konsentrasi Pb 15 ppm. Konsentrasi 15 ppm memiliki kadar Pb di akar yang tertinggi

sebesar 9,97 ppm, dan kadar klorofil terendah sebesar 17,08.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi A, Gisala Y, dan Rochma, 2013. Dampak Konsentrasi Fe dan Pb terhadap Morfologi Zooplankton Di Tambak Socah Bangkalan. *Kelautan*. 6(1): 1-8.
- Caroline J, dan Guido A, 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya : Hal. 733-744 (ISBN 978-602-98569-1-0).
- Dewi I, Putu S, Iryanti E, Suprihatin, Wahyu D, 2016. Penurunan BOD, COD, dan Zat Warna Limbah Pencelupan dengan Fitoekstraksi Menggunakan Kiambang (*Salvinia natans*). *Bumi Lestari*. 16(1): 11-15.
- Fuad M, Aunurohim, Tutik N, 2013. Efektivitas Kombinasi *Salvinia molesta* dengan *Hydrilla verticillata* dalam Remediasi Logam Cu pada Limbah Elektroplating. *Sains dan Seni Pomits*. 2(1): 240-245.
- Haryati, Maharani, Diah T, Mutianingsih, 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) (L.Buch) Menyerap Logam Berat timbal Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *LenteraBio*. 1(3): 131-138.
- Hidayati N, 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulat. *Pusat Penelitian Biologi*. 12(1): 35-40.
- Hoffman T, Kutter C, Santamaria J, 2004. Capacity of *Salvinia minima* Baker to tolerate and Accumulate As and Pb. *Journal Engineering in Life Science*. 4(1): 61-65
- Irhanni, Setiaty P, Edison P, Wirsal H, 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat secara Fitoremediasi. *Serambi Engineering*. 1(2): 75-84.
- Novita Y, dan Tarzan P, 2012. Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Kadar Klorofil Elodea canadensis pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Kertas. *LenteraBio*. 1(1): 1-8.
- Parys K, dan Johnson, S. J. 2012. Impact of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), on biological control of *Salvinia minima* (Hydropteridales: Salviniaceae) by *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist*. 95(1): 136-142.
- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Rachmadiarti F, Soehono LA, Utomo WH, Yanuwiyadi B, Fallowfield H, 2012. Resistance of Yellow Velvetleaf (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Exposed to Lead. *Journal of*

- Applied Environmental and Biological Sciences*. 2(6): 210-215.
- Sasongko, E, Endang W, dan Rawuh E, 2014. Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat Di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Lingkungan*. 12(2): 72-82.
- Sinhei, dan Bianchini, 2015. Phytoremediation of Cd, Ni, Pb, and Zn By *Salvinia minima*. *Journal of Phytoremediation*. 17(10): 929-935.
- Tafangenyasha C, dan Dzinomwa t, 2005. Land-use Impacts on River Water Quality in Lowveld Sand River Systems in South-East Zimbabwe. *Land Use and Water Resources Research*.
- Ulfah M, Fida R, dan Yuni S, 2017. Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kadungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *LenteraBio*. 6(2): 44-48.
- Viobeth B, Surmiyati S, Sutrisno E, 2012. *Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) dan Nikel (Ni) Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta)*. Program Studi Teknik Lingkungan. UNDIP.
- Yuliani D, Saibun S, dan Teguh W, 2013. Analisis Kemampuan Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) pada Media Tumbuh Air. *Jurnal Analisis Kemampuan Kiambang*. 10(2): 68-73.
- Yulaipi, dan Aunurohim, 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 2(2): 166-170.