



**PENGGUNAAN TANAMAN AZOLLA (*Azolla microphylla*) SEBAGAI  
FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Risca Rezicca**

**NIM. 151510501018**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PENGGUNAAN TANAMAN AZOLLA (*Azolla microphylla*) SEBAGAI  
FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh :

**Risca Rezicca**

**NIM. 151510501018**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

**PERSEMBAHAN**

***Karya ini saya persembahkan untuk :***

*Allah Ya Alim, Yang Maha Mengetahui dan selalu memberikan kekuatan untuk menyelesaikan karya ilmiah ini.*

*Ibu Unsiyatuz Zahroh, mama yang selalu membuat yang ada pada dirinya menjadi milik saya.*

*Bapak Umar Habi, ayah saya*

*Bapak Amalihan dan Ibu Jumaidah.*

*Semua guru saya yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu.*

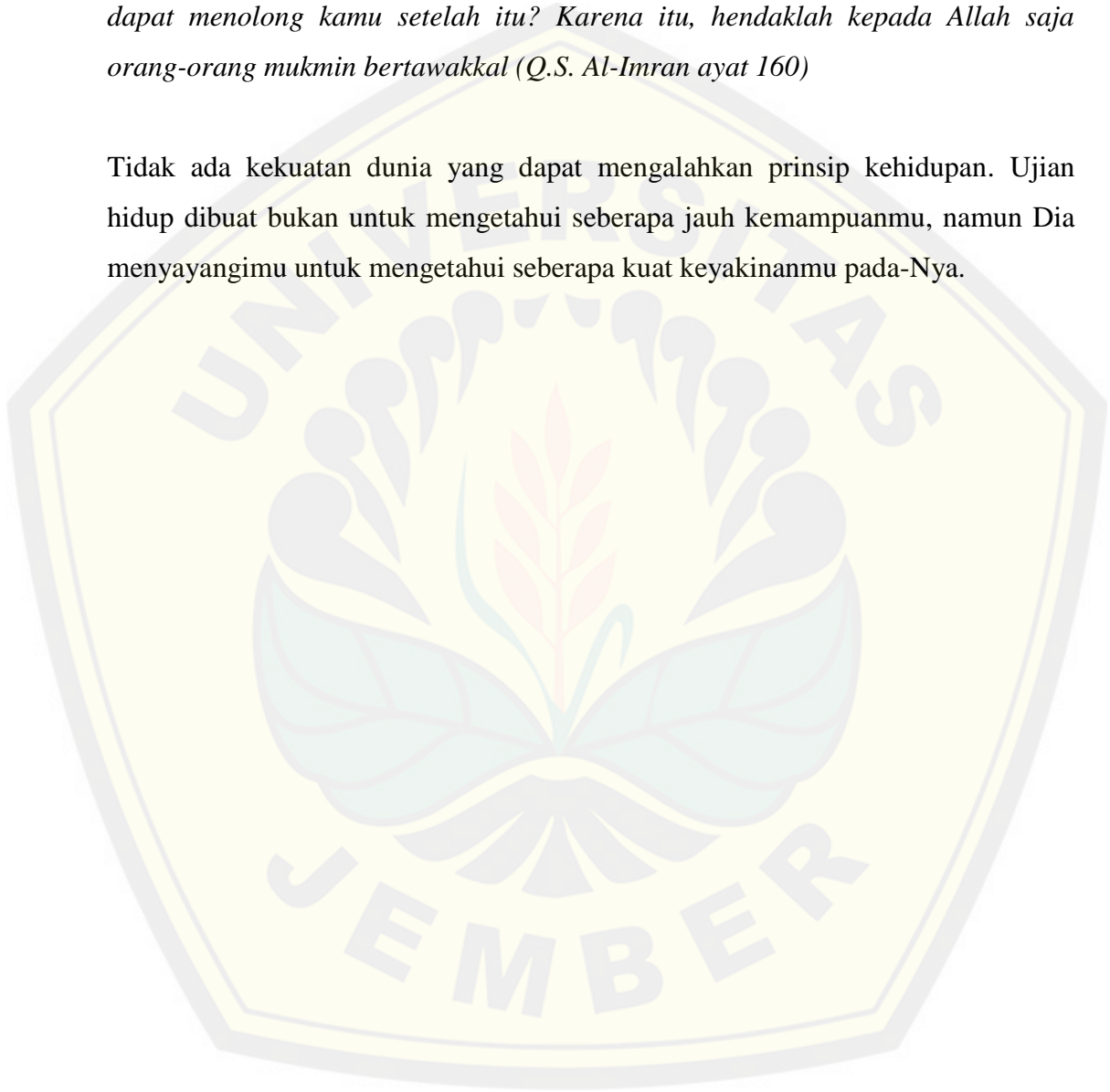
*Almater Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.*



## MOTTO

*Jika Allah menolong kamu, maka tidak ada yang dapat mengalahkanmu, tetapi jika Allah membiarkan kamu (tidak memberi pertolongan), maka siapa yang dapat menolong kamu setelah itu? Karena itu, hendaklah kepada Allah saja orang-orang mukmin bertawakkal (Q.S. Al-Imran ayat 160)*

Tidak ada kekuatan dunia yang dapat mengalahkan prinsip kehidupan. Ujian hidup dibuat bukan untuk mengetahui seberapa jauh kemampuanmu, namun Dia menyayangimu untuk mengetahui seberapa kuat keyakinanmu pada-Nya.



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Risca Rezicca

NIM : 151510501018

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Penggunaan Tanaman Azolla (*Azolla microphylla*) sebagai Fitoremediator Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)”** adalah benar-benar hasil karya saya sendiri kecuali jika pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya dari jiplakan manapun. Saya bertanggung jawab atas kebenaran dan keabsahan isi sesuai dengan sikap ilmiah yang harus saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia memperoleh sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 September 2019  
yang menyatakan,

Risca Rezicca  
NIM. 151510501018

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN TANAMAN AZOLLA (*Azolla microphylla*) SEBAGAI  
FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)**

Oleh :

Risca Rezicca  
NIM. 151510501018

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Skripsi

: Dr. Ir. Hidayat Bambang Setyawan, M.M  
NIP. 195707071984031004

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Penggunaan Tanaman Azolla (*Azolla microphylla*) sebagai Fitoremediator Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kangkung Air**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 11 September 2019  
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

**Dosen Pembimbing Skripsi,**

**Dr. Ir. Hidayat Bambang Setyawan, M.M**  
NIP. 195707071984031004

**Penguji I,**

**Penguji II,**

**Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si**  
NIP. 196403221989031001

**Dr. Ir. Mohammad Setyo Poerwoko, MS**  
NIP. 195507041982031001

**Mengesahkan**  
**Dekan,**

**Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D.**  
NIP. 196005061987021001

## RINGKASAN

**Penggunaan Tanaman Azolla (*Azolla microphylla*) sebagai Fitoremediator Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*).** Risca Rezicca; 151510501018, 2019: 53 Halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Kangkung air termasuk dalam sayuran yang dikonsumsi oleh ternak dan manusia karena mudah untuk didapatkan dan merupakan sumber hijauan yang disukai ternak dan ikan serta mudah beradaptasi di wilayah Indonesia. Permasalahan budidaya kangkung air ketika ditanam di lahan tercemar timbal dapat menyebabkan kangkung air menyerap timbal dan menjadi mediator penyebaran timbal pada makhluk hidup. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan cemaran logam berat timbal adalah fitoremediasi dengan menggunakan tanaman hiperakumulator *Azolla microphylla*.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu perlakuan konsentrasi timbal pada media tanam (0; 10; 20; 30 dan 40) ppm dan analisis kandungan timbal pada jaringan tanaman menggunakan AAS. Hasil penelitian menunjukkan pemaparan timbal mempengaruhi pertumbuhan tanaman kangkung air yaitu dengan penghambatan pertumbuhan daun dan akar tanaman serta menurunkan berat segar tanaman. Tanaman *Azolla microphylla* mampu menyerap timbal pada media dan mengurangi penyerapan timbal oleh kangkung air. Penyerapan timbal oleh *Azolla microphylla* tertinggi hingga terendah yaitu perlakuan Pb 30 ppm; Pb 40 ppm; Pb 10 ppm; Pb 20 ppm dan Pb 0 ppm sebesar 1,123 ppm; 0,906 ppm; 0,688 ppm; 0,616 ppm dan 0,543 ppm sehingga penyerapan timbal oleh kangkung air menjadi lebih rendah yaitu Pb 0 ppm mengandung timbal 0,326 ppm; Pb 10 ppm sebesar 0,471 ppm; Pb 20 ppm sebesar 0,543; Pb 30 ppm dan Pb 40 ppm sebesar 0,471.



## SUMMARY

**The Use of Azolla Plants (*Azolla microphylla*) as Phytoremediator of Heavy Metal Lead (Pb) against Growth and Production of Water Spinach Plants (*Ipomoea aquatica*).** Risca Rezicca; 151510501018, 2019: 53 pages; Agrotechnology Program Study, Faculty of Agriculture , University of Jember.

Water spinach is included in vegetables consumed by livestock and humans because it is easy to obtain and is a source of forage that is favored by livestock and fish and is easy to adapt in Indonesian territory. Cultivation problems of water spinach when planted on lead polluted land can cause water spinach to absorb lead and become a mediator of the spread of lead in living things. An alternative that can be used to overcome the problem of lead heavy metal contamination is phytoremediation using *Azolla microphylla* as hyperaccumulator plant.

The research has used a completely randomized design (RAL) with the treatment of lead concentration in the growing media (0 ppm; 10 ppm; 20 ppm; 30 ppm and 40 ppm) and analysis of lead content in plant tissue using AAS. The Lead exposure affect to the growth of water spinach plants such as inhibition growth of leaves and roots. *Azolla microphylla* is able to absorb lead in media and reduce lead absorption by water spinach. The Lead absorption by *Azolla microphylla* is highest to lowest, that is Pb 30 ppm ; Pb 40 ppm; Pb 10 ppm; Pb 20 ppm and Pb 0 ppm of 1,123 ppm; 0,906 ppm; 0,688 ppm; 0,616 ppm and 0,543 ppm so that absorption of lead by water spinach becomes lower that is Pb 0 ppm treatment of 0,326 ppm; Pb 10 ppm of 0,471 ppm; Pb 20 ppm of 0,543; Pb 30 ppm and Pb 40 ppm of 0,471.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penggunaan Tanaman Azolla (*Azolla microphylla*) sebagai Fitoremediator Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)”** dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan karya ilmiah tertulis ini, yaitu :

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada :

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Dr. Ir. Hidayat Bambang Setyawan, M.M selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, meluangkan waktu dan memberikan ilmu dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Ir. Mohammad Setyo Poerwoko, M.S selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membimbing, memberikan ilmu dan saran selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Kedua orang tua saya Ibu Unsiyatuz Zahroh dan Bapak Umar Habi atas segala usaha, dorongan semangat dan doa untuk saya.
6. Rafi Anggara Putra dan Ibu Sumarni atas bantuan usaha selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Arifatul Jannah, Siti Masruroh, Tim Logam dan teman-teman saya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang terlibat langsung dalam proses pelaksanaan skripsi ini serta teman-teman Agroteknologi 2015 yang telah menjadi teman seperjuangan dan memberikan begitu banyak pengalaman.

Penulis berharap semoga Karya Ilmiah (Skripsi) ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Jember, September 2019

Penulis



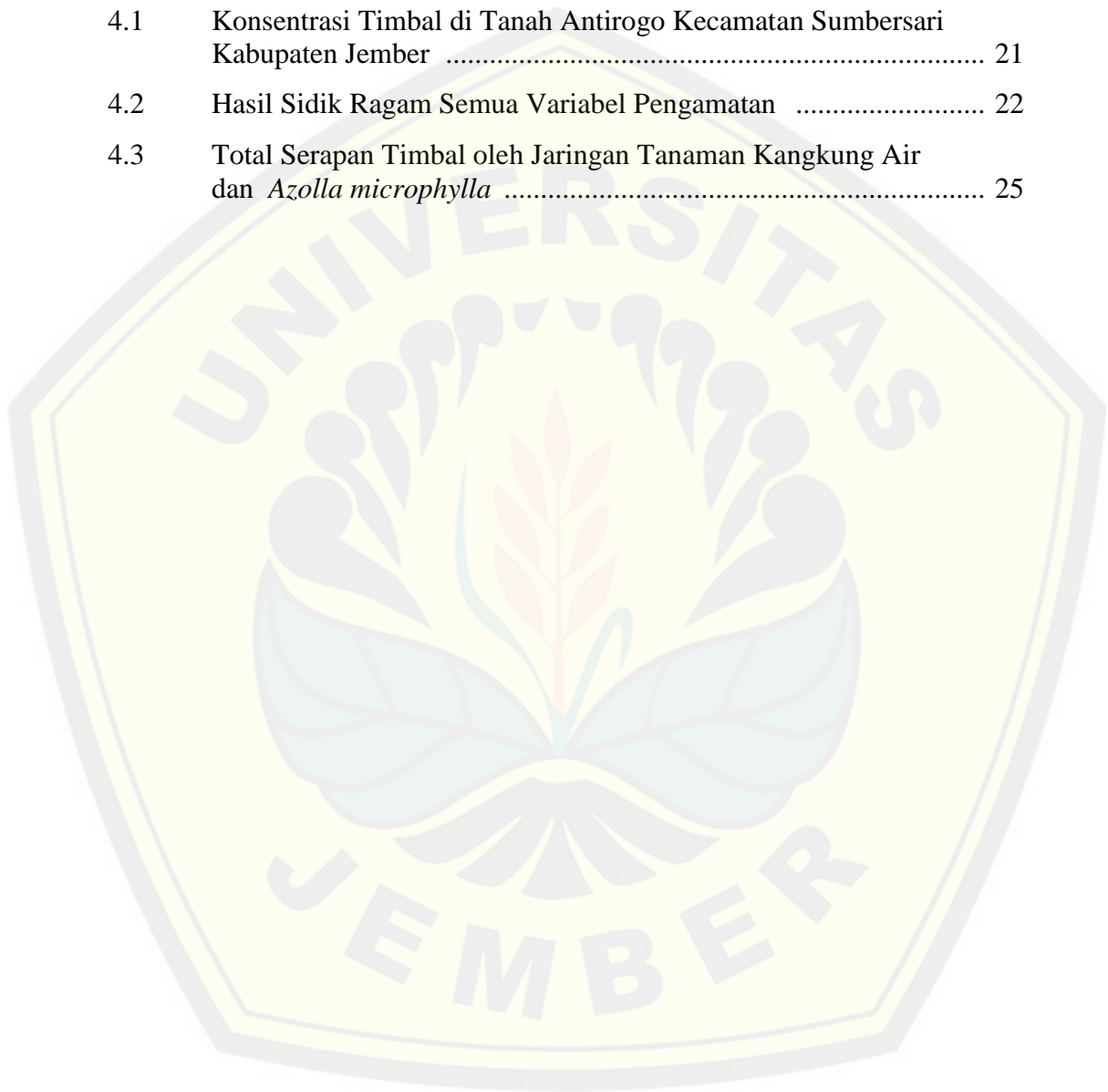
## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Timbal (Pb).....	4
2.2 Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> ).....	5
2.3 Fitoremediasi.....	7
2.4 <i>Azolla microphylla</i> .....	8
2.5 Hipotesis.....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Persiapan Penelitian.....	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	11

3.3.1 Rancangan Percobaan .....	11
3.3.2 Prosedur Penelitian.....	12
3.3.3 Variabel Pengamatan.....	18
3.4 Analisis Data .....	20
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Konsentrasi Logam Timbal pada Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	23
4.2 Panjang Tanaman Kangkung Air.....	26
4.3 Jumlah Daun Kangkung Air .....	27
4.4 Berat Basah Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	28
4.5 Berat Kering Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	31
4.6 Panjang Akar Kangkung Air.....	32
4.7 Volume Akar Kangkung Air.....	33
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN</b> .....	41

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Kandungan Nutrisi Hijauan Pakan Lokal .....	7
4.1	Konsentrasi Timbal di Tanah Antirogo Kecamatan Sumpalsari Kabupaten Jember .....	21
4.2	Hasil Sidik Ragam Semua Variabel Pengamatan .....	22
4.3	Total Serapan Timbal oleh Jaringan Tanaman Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	25



**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
3.1	Persiapan Media Tanam Tanah dan Kompos .....	13
3.2	Penimbangan Pb (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (a) dan Larutan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> yang telah Siap Diaplikasikan (b) .....	13
3.3	Pengaplikasian Larutan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> pada media tanam .....	14
3.4	Penanaman <i>Azolla microphylla</i> .....	14
3.5	Penanaman Kangkung Air .....	14
3.6	Penyiraman Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	15
3.7	Tanaman Kangkung Air yang Siap Dipanen .....	16
3.8	Pemberian HNO <sub>3</sub> pekat (a) dan Penyaringan Sampel Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	17
3.9	Uji Absorbansi Konsentrasi Timbal dengan AAS.....	18
4.1	Konsentrasi Logam Timbal pada Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	23
4.2	Panjang Tanaman Kangkung Air .....	26
4.3	Jumlah Daun Kangkung Air .....	27
4.4	Berat Basah Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	29
4.5	Berat Kering Kangkung Air .....	31
4.6	Berat Kering <i>Azolla microphylla</i> .....	32
4.7	Panjang Akar Kangkung Air .....	32
4.8	Volume Akar Kangkung Air .....	34

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Dokumentasi.....	41
Lampiran 2. Hasil Analisis Tanah dan Air Sungai .....	43
Lmpiran 3. Denah Percobaan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL)....	44
Lampiran 4. Perhitungan Konsentrasi Timbal .....	45
Lampiran 5. Analysis of Variance (ANOVA) .....	46
Lampiran 6. Hasil Anlisis Kadar Pb dalam Sampel Kangkung Air dan <i>Azolla microphylla</i> .....	53



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) termasuk tanaman sayuran yang dapat dikonsumsi oleh hewan ternak dan manusia. Kangkung air digunakan sebagai bahan pangan karena mudah didapatkan dan memiliki harga yang murah serta merupakan sumber hijauan yang disukai oleh ternak dan ikan (Agustono dkk., 2010). Kangkung air mudah beradaptasi di wilayah Indonesia sehingga dapat tumbuh dengan baik di bantaran sungai, selokan, danau dan wilayah tergenang air lainnya sehingga kangkung air cukup mudah untuk dibudidayakan.

Permasalahan dalam budidaya kangkung air adalah terjadinya pencemaran di air dan tanah. Kangkung air yang ditanam di media tercemar dapat menyebabkan kangkung air terpapar oleh logam berat. Timbal adalah salah satu logam berat yang beracun dan dilepaskan oleh industri, penggunaan bahan yang mengandung logam seperti pestisida serta timbal di udara dapat turun ke darat dengan bantuan air hujan. Kondisi ini dapat menyebabkan tanaman kangkung air menjadi mediator dalam penyebaran timbal pada makhluk hidup karena timbal masuk dalam tumbuhan melalui akar dan stomata dengan jumlah yang cukup tinggi, selanjutnya akan masuk ke rantai makanan (Katipana, 2015).

Keberadaan timbal dalam organ tanaman sayuran dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan hewan dan manusia yang mengkonsumsinya. Timbal dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Indirawati, 2017). Timbal dalam tubuh manusia bersifat kronis yang dapat menyebabkan gastrointentional, infertilitas pada laki-laki, aborsi spontan pada wanita, daya ingat menurun dan gangguan fungsi syaraf serta ginjal. Dampak negatif timbal bagi tubuh hewan ternak yaitu timbal merupakan senyawa karsinogenik dapat menyebabkan ternak menjadi keracunan. Menurut Wardhayani dkk (2006), konsentrasi timbal dalam pakan yang dapat menyebabkan keracunan kronis pada anak sapi sebesar 6 mg/kg/hari dan pada sapi dewasa yaitu 7 mg/kg/hari. Timbal dalam tubuh hewan akan berbahaya dalam jangka waktu yang cukup lama karena timbal bersifat akumulatif.

Fitoremediasi merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi pencemaran air dan tanah yang mengandung timbal sehingga penyerapan timbal oleh kangkung air menjadi lebih rendah agar kangkung air dapat dikonsumsi, dimana batas maksimum timbal dalam sayuran yaitu 0,5 mg/kg (SNI 7387:2009). Fitoremediasi adalah sebuah pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan baik pohon, rumput-rumputan dan tanaman air (Caroline dan Moa, 2015). Fitoremediasi bertujuan mengurangi kandungan logam berat pada tanaman dengan menggunakan tanaman hiperakumulator.

*Azolla* (*Azolla microphylla*) merupakan tanaman perairan yang dapat berfungsi sebagai tanaman hiperakumulator. *Azolla* dapat menyerap timbal dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga *azolla* berpotensi sebagai tumbuhan fitoremediator (Juhaeti dkk., 2005). *Azolla* sebagai tanaman fitoremediator memiliki pertumbuhan yang cepat, mampu beradaptasi dengan keasaman, tanah yang tidak subur, temperatur dan bahan pencemar yang tinggi (Arimby dkk., 2014). Penanaman *azolla* pada lahan tercemar timbal merupakan alternatif dalam mengurangi serapan timbal oleh kangkung air.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kangkung air yang ditanam pada media tercemar timbal (Pb) menyebabkan kangkung air menjadi berbahaya bila dikonsumsi oleh manusia dan ternak, sehingga diperlukan informasi bagaimana pengaruh *Azolla microphylla* terhadap daya absorpsi timbal (Pb) pada tanaman kangkung air yang ditanam pada media tercemar timbal dan produksi tanaman kangkung air yang ditanam dengan *Azolla microphylla*.

## 1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh *Azolla microphylla* terhadap daya absorpsi timbal (Pb) pada tanaman kangkung air yang ditanam di media tercemar timbal.
2. Untuk mengetahui produksi tanaman kangkung air yang ditanam dengan tanaman *Azolla microphylla*.

#### 1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektifitas penggunaan *Azolla microphylla* terhadap budidaya tanaman kangkung air pada media yang tercemar logam berat timbal (Pb).



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) salah satu logam berat dalam golongan IVA dalam sistem periodik kimia. Timbal memiliki nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 yang berbentuk pada suhu kamar. Timbal memiliki berat jenis sebesar 11,4/1 dan titik lebur 327,4°C. Timbal di alam jarang ditemukan dalam bentuk bebas, melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain seperti  $PbBr_2$  dan  $PbCl_2$  (Gusnita, 2012).

Timbal dalam batuan berada pada struktur silikat, dimana timbal menggantikan unsur kalsium. Timbal akan dapat diserap oleh tumbuhan saat timbal dalam mineral utama dan terpisah oleh proses pelapukan. Timbal dalam tanah cenderung terikat dengan bahan organik karena menyatu dengan tumbuhan. Timbal terakumulasi sebagai hasil pelapukan di lapisan humus (Herman, 2006).

Timbal secara alami ditemukan di udara berkisar antara 0,0001-0,001  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sumber pencemaran Pb terbesar berasal dari pembakaran kendaraan bermotor, dimana pembakaran bahan tambahan timbal pada bahan bakar kendaraan bermotor dapat menghasilkan emisi timbal inorganik. Logam berat Pb terdeteksi pada sayuran, terutama sayuran yang ditanam di daerah dekat jalan raya yang rentan polusi udara maupun asap kendaraan bermotor (Pasaribu dkk., 2017).

Logam berat pada lahan pertanian bersumber dari pupuk dan pestisida kimia, asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, buangan limbah dari rumah tangga, industri dan lain sebagainya. Sumber timbal dari bidang pertanian yaitu pupuk anorganik dan pestisida kimia. Serapan pestisida oleh tanaman tergantung pada dosis pemberian pestisida, jenis tanah dan kemampuan tanaman menyerap pestisida (Charlena, 2004).

Timbal pada air tercemar akan diserap oleh tanaman dan sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman daun, akar, dan batang. Konsentrasi Pb yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu 100-1000 mg/kg sehingga dapat mengakibatkan toksik pada proses fotosintesa. Timbal akan diserap

akar tanaman apabila timbal terlepas dari ikatan tanah, berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah dan logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya (Charlena, 2004).

Timbal dapat masuk ke tubuh hewan ternak, melalui saluran pencernaan yang bersumber dari makanan dan minuman. Pencemaran timbal pada pakan hewan dapat terjadi melalui proses pra produksi, produksi dan pasca produksi. Berdasarkan penelitian Irasanti dkk (2012), pemeriksaan hati sapi diperoleh hasil yang cukup tinggi terkandung timbal. Ditinjau dari sumber pakan ternak, timbal pada hati sapi bersumber pada rumput liar yang digunakan sebagai pakan terkontaminasi timbal.

Timbal dalam tubuh manusia dapat berbahaya karena timbal yang masuk dalam tubuh tidak semua tinggal di dalam tubuh. Sekitar 5-10% dari jumlah yang tertelan diadsorpsi oleh saluran pencernaan dan 30% yang terserap melalui pernafasan akan tinggal dalam tubuh. Timbal dalam tubuh akan menggumpal di skeleton. Penentuan orang keracunan timbal yaitu dengan menganalisis timbal dalam darah. Timbal sebesar 90% akan terikat oleh sel darah merah sehingga sintesis hemoglobin akan terhambat, hal ini menyebabkan sel darah merah berumur lebih pendek dan menurunkan konduksi syaraf (Kafiar dkk., 2013).

## 2.2 Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)

Tanaman kangkung (*Ipomoea sp*) merupakan tanaman sayuran yang dapat ditanam di perairan seperti kolam, rawa, parit dan sawah ataupun ditanam di darat. Syarat tumbuh dari kangkung adalah tumbuh di berbagai jenis tanah dan tidak berpengaruh pada kemasaman tanah. Kangkung dapat tumbuh di perairan tawar seperti sungai, danau, aliran air, kolam maupun sawah. Kangkung tumbuh optimal pada ketinggian 1-2000 m dpl, dengan curah hujan 500-5000 mm/tahun (Priyono dan Sarwono, 2015).

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) termasuk dalam famili Convolvulaceae atau kangkung-kangkungan, Sub-ordo Convolvuliineae, Ordo Tubiflorae, Kelas Dicotyledone, Sub divisi Angiospermae, Divisi Spermatophyta, Genus *Ipomoea*. Famili Convolvulaceae termasuk dalam tanaman herba atau

semak berkayu. Pertumbuhan kangkung air kebanyakan merayap atau membelit, daun tunggal dan duduk tersebar tanpa daun penumpu. *Ipomoea aquatica* dan *Ipomoea reptans* berhabitus herba dengan ciri-ciri akarnya lunak, rapuh, sedikit kompak, percabangan banyak dan menyebar, bentuk filiformis, warna putih kekuningan dengan panjang akar 15-40 cm dan diameter 1-3 mm. *Ipomoea aquatica* dan *Ipomoea reptans* memiliki batang bentuk bulat berongga, permukaan batang licin dan bergetah bening hingga putih keruh. *Ipomoea aquatica* batangnya menjalar dan buku batang keluar akar, panjang batang kangkung air 0,5-3 m dengan diameter 4-5 mm. Daun kangkung air tersusun dari altematus, terdiri dari tangkai dan helai daun, pulvinus tidak jelas, tidak terdapat stipula, tunas dan bunga terdapat pada ketiak daun, daun tunggal atau soliter, ujung daun tumpul dan warna hijau tua. Bunga kangkung air memiliki mahkota yang berwarna putih, sedangkan *Ipomoea reptans* memiliki daun panjang, ujung agak runcing, warna hijau keputih-putihan dan bunga putih. (Suratman dkk., 2000).

Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) merupakan tanaman yang tumbuh baik pada tempat berair yang tidak terlalu dalam, termasuk pada selokan. Kangkung air sebagai pakan ternak terdapat dua jenis pakan yaitu pakan dalam bentuk kering dan dalam bentuk basah. Pakan dalam bentuk kering yaitu menggunakan metode pengeringan yang dijemur di bawah sinar matahari (Dahlan dkk., 2013). Pakan basah yaitu kangkung segar yang selesai panen dapat digunakan sebagai pakan ternak. Pakan kering digunakan untuk pakan kambing dan pakan basah digunakan untuk pakan itik. Kangkung air berpotensi digunakan sebagai pakan karena memiliki kandungan gizi yang baik. berikut data kandungan nutrisi kangkung air sebagai pakan lokal.

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Hijauan Pakan Lokal

Komposisi kimia (%)	Jenis Hijauan Lokal		
	Kangkungan	Kiti-kiti Balanda (Kacangan liar)	Jonga-jonga (Dokar)
Kadar air (KA)	7,86	8,13	8,86
Abu	10,37	11,52	7,63
Protein kasar (PK)	21,36	24,55	22,63
Lemak kasar (LK)	3,30	3,13	6,38
Serat Kasar (SK)	12,81	15,62	9,81
Energi (kkal/kg)	-	-	3.583,50

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Provinsi Sulawesi dalam Saking dan Qomariyah (2017).

Lingkungan tumbuh kangkung air menyebabkan kangkung air terpapar timbal yang berada di air dan tanah. Kangkung air yang tumbuh dilingkungan tercemar akan mengandung logam pencemar karena kangkung air merupakan tanaman yang potensial dalam mengakumulasi timbal (Lestari, 2013). Tanaman jenis kangkung-kangkungan merupakan tanaman yang memiliki daya adaptasi yang cukup luas terhadap kondisi iklim di daerah tropis. Kangkung merupakan tanaman yang tidak selektif dengan unsur hara tertentu sehingga dapat menyerap semua unsur yang terkandung dalam air (Hapsari dkk., 2018).

### 2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi pada dasarnya yaitu penggunaan tanaman dan mikroorganisme untuk memulihkan kontaminan yang dipilih dari tanah, air tanah, lumpur, sedimen dan air limbah. Fitoremediasi memanfaatkan berbagai proses dalam tanaman dan karakteristik tanaman untuk membantu perbaikan media yang terkontaminasi baik untuk menghilangkan logam berat, menghilangkan radionuklida serta polutan organik ((Dixit *et al.*, 2015).

Teknik fitoremediasi meliputi sejumlah proses yaitu fitoekstraksi, fitofiltrasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi dan fitodegradasi. Fitoekstraksi merupakan penyerapan kontaminan dari tanah atau air oleh akar tanaman dan translokasi serta akumulasi logam ke bagian tanaman. Fitofiltrasi yang meliputi rhizofiltrasi yaitu penggunaan akar tanaman untuk menyerap logam dari air, dalam hal ini logam diadsorpsi sehingga gerakan logam di air tanah menurun.

Fitostabilisasi yaitu pengurangan mobilitas logam di lingkungan sehingga mengurangi migrasi logam ke air tanah dan rantai makanan. Proses fitostabilisasi yaitu proses membatasi mobilitas dan ketersediaan logam berat di tanah oleh akar dan terjadi akumulasi logam berat dalam jaringan tanaman. Fitodegradasi yaitu terjadinya pemecahan dan transformasi logam berat oleh enzim di dalam jaringan tanaman yaitu enzim dehalogenase dan oksigenase. Proses volatilisasi yaitu proses mengubah logam menjadi bentuk yang mudah menguap dan logam dilepaskan ke atmosfer melalui permukaan daun, akan tetapi proses volatilisasi ini dapat digunakan untuk logam-logam yang mudah menguap seperti Hg dan Se (Dixit *et al.*, 2015).

#### 2.4 *Azolla microphylla*

Tanaman *Azolla microphylla* merupakan tanaman air yang memiliki ukuran relatif kecil. Panjang tanaman azolla 1,5-2,5 cm, akar lateral dengan bentuk runcing atau tajam seperti rambut atau bulu di atas air. Daun berukuran 1-2 mm (Sudjana, 2014). Azolla terdiri dari 3 bagian rhizome, akar dan daun, azolla memiliki daun yang terdiri dari lobus dorsal dan lobus ventral (Etikawati dan Jutono, 2000). Menurut Paulus (2010), menggolongkan *Azolla microphylla* sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Pteridophyta  
Kelas : Pteriopsida  
Ordo : Salviniiales  
Famili : Salviniaceae  
Genus : Azolla  
Spesies : *Azolla microphylla*

Tanaman *Azolla microphylla* termasuk tumbuhan akuatik dalam jenis tumbuhan paku-pakuan yang hidupnya mengambang di atas air atau disebut emerge plant, yaitu tumbuhan dengan akar dan sebagian dari batangnya terendam dalam air dan sebagian batang daun dan bunganya muncul di permukaan air. Tanaman Azolla memiliki kemampuan sebagai hiperakumulator, dimana azolla



mampu menyerap dan menurunkan konsentrasi timbal sehingga azolla menjadi tanaman air yang berpotensi tinggi untuk digunakan dalam teknologi fitoremediasi (Murdhiani dkk., 2011). Azolla memiliki kemampuan tumbuh yang cepat, azolla mampu beradaptasi dengan kemasaman, tanah yang tidak subur dan bahan pencemar yang tinggi (Arimby dkk., 2014). Azolla merupakan tanaman hiperakumulator yang digunakan sebagai fitoremediasi.

Kehadiran tanaman air dalam kolam pengolahan sangat potensial dalam menyerap bahan yang terlarut di dalam limbah seperti Pb, Hg, Cn, Mn, Mg dan lain-lain. Berdasarkan hasil penelitian Murdhiani (2011), tanaman azolla mampu menurunkan logam berat timbal hingga 100%. Berdasarkan penelitian Arimby dkk (2014), azolla pada semua perlakuan mengalami penambahan berat segar yang tinggi dibandingkan perlakuan kontrol akibat adanya kandungan logam berat dalam media.

Tanaman *Azolla microphylla* berpotensi dalam meremediasi logam berat timbal dari badan air yang tercemar dapat ditunjukkan dengan gejala klorosis pada daun. Pertumbuhan relatif dan produktivitas biomassa yang menurun apabila konsentrasi timbal semakin tinggi. Peningkatan konsentrasi timbal pada media pertumbuhan akan meningkatkan faktor biokonsentrasi. Hal ini berpengaruh terhadap nilai optimal sehingga akan terjadi penurunan panjang akar azolla dan pertumbuhan relatif tanaman menurun (Mishra *et al.*, 2014).

Proses tumbuhan hiperakumulator merubah logam berat adanya proses pengolahan unsur-unsur di dalam tanah dan air dari bentuk yang tidak dapat diserap menjadi bentuk yang dapat diserap dengan melibatkan eskudat yang diproduksi oleh akar dan adanya interaksi rizosferik pada zona perakaran. Berdasarkan hasil penelitian Arifin dkk (2018), pada hari ke 10 kandungan logam berat pada air cenderung meningkat. Interaksi bakteri rizoferik pada akar merubah logam berat dari bentuk tidak dapat diserap menjadi unsur yang dapat diserap oleh *Azolla microphylla*. Pengamatan hari ke 20 logam berat mulai berkurang. Semakin banyak tanaman *Azolla microphylla* berada di sekitar KJA maka menurunkan kandungan logam berat.

### 2.5 Hipotesis

1. Tanaman *Azolla microphylla* mampu menyerap logam timbal (Pb) pada media yang tercemar timbal.
2. Kangkung air yang ditanam bersama dengan *Azolla microphylla* menyebabkan konsentrasi timbal menjadi berkurang.



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juni 2019. Penanaman kangkung air dan *Azolla microphylla* dilakukan di *green house* di Desa Antirogo Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Analisis logam berat timbal dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi (Baristand) Industri Surabaya dan Fakultas MIPA Universitas Jember.

#### 3.2 Persiapan Penelitian

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah cangkul, meteran, alat tulis, *handsprayer*, timba, timbangan analitik, oven, gelas ukur, blender, erlemeyer, botol, corong dan *Atomic Absorption Spektrofotometri* (AAS). Bahan yang dibutuhkan saat penelitian adalah  $Pb(NO_3)_2$ , kangkung air (*Ipomoea aquatica*), *Azolla microphylla* (10 g), tanah, kompos, polybag, aquades,  $HNO_3$  pekat,  $HNO_3$  encer, aluminium foil, kertas saring dan amplop.

#### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

##### 3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan konsentrasi Pb dalam bentuk  $Pb(NO_3)_2$  dan diulang 4 kali sehingga diperoleh 20 satuan percobaan.

- P0 : Konsentrasi Pb 0 ppm
- P1 : Konsentrasi Pb 10 ppm
- P2 : Konsentrasi Pb 20 ppm
- P3 : Konsentrasi Pb 30 ppm
- P4 : Konsentrasi Pb 40 ppm

### 3.3.2 Prosedur Penelitian

#### 1. Analisis Kadar Logam Timbal pada Tanah

##### 1. Preparasi Sampel Tanah

Menimbang 0,3 g tanah yang sudah kering, ditambahkan 10 ml  $\text{HNO}_3$  pekat lalu didiamkan selama 10 menit. Kemudian dipanaskan dengan suhu  $175^\circ\text{C}$  selama 26 menit hingga jernih dengan menggunakan *microwave sample preparation system*. Filtrat dimasukkan ke labu ukur sebanyak 100 ml dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas, lalu saring sampel dan dimasukkan dalam erlemeyer (SNI 3554: 2015 dalam Nasir dkk., 2018).

##### 2. Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Membuat larutan standar  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  100 pm dengan memindahkan 10 ml larutan standar 1000 ppm dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,5 N hingga tanda batas dan dihomogenkan. Membuat variasi konsentrasi larutan 1 ppm, 2 ppm, 5 ppm dan 10 ppm dengan memindahkan masing-masing 1 ml; 2 ml; 5 ml dan 10 ml larutan standar  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  100 pm ke labu ukur 100 ml, kemudian larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,5 N hingga tanda batas lalu digojok hingga homogen (SNI 3554: 2015 dalam Nasir dkk., 2018).

##### 3. Pengukuran Timbal dengan AAS

Masing-masing larutan standar di absorbansi dengan menggunakan *Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS)* sistem nyala pada panjang gelombang 283,3 nm. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplot konsentrasi sebagai sumbu X terhadap absorbansi sumbu Y. Penetapan kadar timbal dalam sampel diambil 100 ml larutan sampel dan diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 283,3 nm.

#### 2. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan untuk penanaman kangkung air dan *Azolla microphylla* adalah tanah dan kompos yang telah dilakukan analisis kandungan timbal. Perbandingan antara tanah dan kompos yaitu 1:1 yang dimasukkan dalam

polybag berukuran 40x30 cm. Total berat media masing-masing yang digunakan untuk penanaman yaitu 6 kg.



Gambar 3.1 Persiapan Media Tanam Tanah dan Kompos

### 3. Pembuatan Larutan $Pb(NO_3)_2$

Pembuatan larutan  $Pb(NO_3)_2$  dilakukan di laboratorium dengan menimbang  $Pb(NO_3)_2$  sebanyak 0 g (0 ppm), 0,0965 g (10 ppm), 0,193 g (20 ppm), 0,290 g (30 ppm) dan 0,386 g (40 ppm). Serbuk  $Pb(NO_3)_2$  kemudian dilarutkan pada aquades sebanyak 200 ml.

$$\text{Rumus : mg } Pb(NO_3)_2 = \text{ppm} \times \text{berat tanah} \times \frac{Mr Pb(NO_3)_2}{Ar Pb}$$



(a)



(b)

Gambar 3.2 Penimbangan  $Pb(NO_3)_2$  (a); dan Larutan  $Pb(NO_3)_2$  yang Telah Siap Diaplikasikan (b)

### 4. Pengaplikasian Larutan $Pb(NO_3)_2$ pada Media Tanam

Larutan  $Pb(NO_3)_2$  dituangkan pada media tanam sesuai dengan perlakuan dan dihomogenkan pada media tanam. Kemudian melakukan penggenangan media tanam dengan aquades sebanyak 3 liter air pada masing-masing unit percobaan sehingga diperoleh ketinggian air 5 cm di atas permukaan tanah.



Gambar 3.3 Pengaplikasian Larutan  $Pb(NO_3)_2$  pada Media Tanam

### 5. Penanaman *Azolla microphylla*

*Azolla microphylla* di tanam pada media yang telah diberi perlakuan senyawa timbal. Penanaman *Azolla microphylla* pada media tanam dengan cara ditebarkan di atas permukaan air sebanyak 10 gram.



Gambar 3.4 Penanaman *Azolla microphylla*

### 6. Penanaman Kangkung Air

Kangkung air dikembangbiakkan menggunakan stek batang dengan panjang 20 cm. Stek batang kangkung air ditanam langsung pada media yang telah digenangi. Setiap polybag ditancapkan 1 stek dengan kedalaman 3-4 cm dan setiap stek batang yang ditanam disisakan 2 daun. Stek kangkung air ditanam 7 hari setelah penanaman *Azolla microphylla*



Gambar 3.5 Penanaman Kangkung Air

## 7. Penyiraman

Penyiraman tanaman kangkung air dan *Azolla microphylla* dilakukan dengan menyesuaikan kondisi ketinggian air secara konstan yaitu 5 cm di atas permukaan tanah. Setiap penyiraman dilakukan pada sore hari.



3.6 Penyiraman Kangkung Air dan *Azolla microphylla*

## 8. Penyulaman

Penyulaman dilakukan pada tanaman kangkung air jika terdapat bibit yang mengalami pertumbuhan abnormal, layu ataupun terserang oleh hama dan penyakit tanaman dengan kondisi yang cukup parah. Kegiatan penyulaman ini dilakukan dengan cara mengganti tanaman kangkung air yang abnormal tersebut dengan tanaman kangkung air yang berumur sama serta memiliki perlakuan yang sama yang telah dipersiapkan sebelumnya. Waktu penyulaman adalah pada saat satu minggu setelah penanaman.

## 9. Penyiangan

Membersihkan gulma yang tumbuh di sekitar tanaman kangkung air dan *Azolla microphylla* di dalam maupun di luar polybag. Pembersihan gulma ditujukan agar kangkung air dan *Azolla microphylla* dapat tumbuh secara maksimal dan untuk mengurangi hama penyakit disekitar pertanaman.

## 10. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman

Pengendalian hama dan penyakit tanaman pada kangkung dan *Azolla microphylla* dilakukan secara manual dengan mengambil menggunakan tangan hama yang ada pada kangkung air dan *Azolla microphylla*.

## 11. Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan kangkung air dilakukan pada setiap satu minggu sekali dengan variabel panjang tanaman kangkung air dan jumlah daun kangkung air.

## 12. Pemanenan

Pemanenan kangkung air dan *Azolla microphylla* dilakukan bersamaan. Kangkung air dipanen pada usia 30 hari setelah tanam dan *Azolla microphylla* pada 37 hari setelah tanam. Cara pemanenan kangkung air yaitu dengan dipotong pada batang yang besar, atau menyisakan 2-3 cm batang dari akar. Akan tetapi, pada penelitian ini kangkung air dipanen dengan cara dicabut hingga ke akarnya karena selanjutnya akan dilakukan analisis logam berat timbal pada jaringan tanaman.



Gambar 3.7 Tanaman Kangkung Air yang Telah Siap Dipanen

## 13. Analisis Timbal pada Jaringan Kangkung Air dan *Azolla microphylla*

### 1. Preparasi Sampel

Sampel tanaman dicuci bersih dari tanah, kemudian dikeringanginkan agar air yang menempel kering. Mengoven tanaman dengan suhu 60°C selama 2 hari hingga mencapai berat konstan. Setelah itu, sampel tanaman yang telah kering diblender hingga halus.

Sampel jaringan tanaman yang telah halus ditimbang sebanyak 2 gram, dimaukkan dalam erlemeyer. Ditambahkan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 5 ml sampai sampel jaringan tanaman larut, kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda tera lalu dihomogenkan dan diamkan selama 24 jam.





Gambar 3.8 Pemberian  $\text{HNO}_3$  pekat (a); dan Penyaringan Sampel Kangkung Air dan *Azolla microphylla* (b)

## 2. Pembuatan Larutan Baku

Pembuatan larutan baku Pb 100 ppm dengan memipet 1 ml Larutan standar timbal 1000 mg/L yang kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 ml setelah itu ditambahkan akuades hingga batas tera dan dihomogenkan. Pembuatan larutan baku Pb 10 ppm dengan memipet 1 ml larutan standar timbal 100 mg/L yang dimasukkan dalam labu ukur 10 ml setelah itu ditambahkan akuades hingga batas tera kemudian dihomogenkan (Maheswary, 2018).

Pembuatan kurva kalibrasi Pb dengan memipet larutan baku timbal 10 mg/L 0,0 ml, 0,2 ml, 0,4 ml, 0,6 ml, 0,8 ml dan 1,0 ml yang dimasukkan dalam lab ukur 10 ml kemudian ditambahkan akuades sampai batas tera, lalu dihomogenkan sehingga diperoleh kadar timbal 0,0 mg/l; 0,2 mg/l; 0,4 mg/l, 0,6 mg/l; 0,8 mg/l dan 1,0 mg/l. mengatur AAS sesuai dengan petunjuk penggunaan alat. Diaspirasikan pengujian blanko ke dalam AAS nyala lalu diukur serapannya hingga nol. Diaspirasikan larutan deret timbal, konsentrasi timbal 0,0 mg/l; 0,2 mg/l; 0,4 mg/l, 0,6 mg/l; 0,8 mg/l dan 1,0 mg/l satu per satu ke dalam AAS, kemudian dibaca dan dicatat masing-masing serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm. Kemudian membuat kurva kalibrasi dari data yang diperoleh (Maheswary, 2018).

Penentuan kadar konsentrasi timbal pada sampel diukur dengan mengambil filtrat dari hasil destruksi sampel dengan memipet 2 ml sampel ke dalam labu ukur 10 ml kemudian diuji absorbansinya menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283,3 nm. Konsentrasi timbal ditentukan berdasarkan persamaan regresi kurva kalibrasi standar. Penentuan konsentrasi logam Pb

sebenarnya yaitu nilai absorbansi yang didapatkan dari hasil pengukuran diintrepetasikan dalam persamaan kurva standar dengan  $y$  adalah sebagai nilai absorbansinya dan  $b$  adalah slope serta  $a$  adalah intersep (Maheswary, 2018).



Gambar 3.9 Uji Absorbansi Konsentrasi Timbal dengan AAS

### 3.3.3 Variabel Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini dengan variabel yang diamati adalah sebagai berikut :

#### 1. Panjang Tanaman Kangkung Air

Pengukuran panjang tanaman kangkung air dilakukan mulai dari pangkal batang hingga ujung batang. Pengukuran panjang tanaman dilakukan setiap satu minggu sekali hingga sebelum dilakukan pemanenan.

#### 2. Jumlah Daun Kangkung Air

Perhitungan jumlah daun tanaman kangkung air dilakukan dengan menghitung jumlah daun kangkung air pada setiap tanaman. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali atau mulai tanaman muncul daun hingga panen dengan menghitung secara manual.

#### 3. Berat Basah Kangkung Air

Berat basah tanaman kangkung air diukur dengan menggunakan timbangan analitik setelah dilakukan pemanenan dan dibersihkan dari kotoran (Lestari dkk., 2008).

#### 4. Berat Kering Kangkung Air

Tanaman kangkung dibungkus dengan amplop coklat, kemudian dioven dengan suhu 60°C selama 2 hari, kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital sampai berat konstan.

#### 5. Panjang Akar

Mengukur panjang akar tanaman mulai dari akar yang menempel pada pangkal batang hingga ujung akar dengan menggunakan penggaris atau meteran.

#### 6. Volume Akar Kangkung Air

Pengukuran volume akar dilakukan dengan menentukan volume air yang akan dimasukkan ke dalam gelas ukur, kemudian memasukkan akar ke dalam gelas ukur yang telah berisi air. Akan diperoleh pertambahan volume air setelah dimasukkan akar di dalamnya. Lalu menghitung selisih antara volume awal dengan volume akhir (Torey dkk., 2013).

$$\text{Rumus : } V_{\text{akar}} = V_1 - V_2$$

#### 7. Konsentrasi Logam Berat Timbal pada Kangkung Air

Melakukan pengukuran konsentrasi timbal pada jaringan kangkung air dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrofotometri* dan metode kurva kalibrasi.

#### 8. Berat Basah *Azolla microphylla*

Mengukur berat basah *Azolla microphylla* dengan menggunakan timbangan analitik setelah pemanenan, tetapi sebelumnya *Azolla microphylla* telah dibersihkan dari kotoran.

#### 9. Berat Kering *Azolla microphylla*

Tanamna *Azolla microphylla* dibungkus dengan menggunakan amplop coklat, kemudian dioven dengan suhu 55-60°C selama 2 hari, lalu ditimbang dengan timbangan analitik sampai diperoleh berat konstan.

10. Konsentrasi Logam Berat Timbal pada *Azolla microphylla*

Melakukan pengukuran konsentrasi timbal pada tanaman *Azolla microphylla* dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectofotometri* dan metode kurva kalibrasi.

**3.4 Analisis Data**

Analisis data penelitian ini menggunakan sidik ragam Analysis of Variance (ANOVA), apabila data berbeda nyata maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan DMRT (Duncan Multiple Range Test) dan Scoot-Knot taraf 5%.



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai penggunaan tanaman *Azolla microphylla* sebagai fitoremediator logam berat timbal (Pb) terhadap pertumbuhan dan produksi kangkung air dapat disimpulkan bahwa :

1. Tanaman *Azolla microphylla* mampu menyerap timbal pada media yang tercemar timbal dengan penyerapan tertinggi hingga terendah pada konsentrasi Pb 30 ppm (P3) sebesar 1,123 ppm, Pb 40 ppm (P4) sebesar 0,906, Pb 10 ppm (P1) sebesar 0,688 ppm, Pb 20 ppm (P2) sebesar 0,616 dan Pb 0 ppm (P0) sebesar 0,543 ppm sehingga menurunkan absorpsi timbal pada kangkung air.
2. Penyerapan timbal oleh kangkung air pada konsentrasi Pb 0 ppm yaitu 0,326 ppm; Pb 10 ppm sebesar 0,471 ppm; Pb 20 ppm sebesar 0,543; Pb 30 ppm dan Pb 40 ppm sebesar 0,471 ppm sehingga semakin tinggi serapan timbal maka produksinya semakin rendah.
3. Penyerapan timbal oleh *Azolla microphylla* lebih tinggi dibandingkan dengan kangkung air sehingga pada perlakuan Pb 0, 10, 30 dan 40 ppm kangkung air dapat dikonsumsi karena berada di bawah batas maksimal kandungan logam timbal dalam tanaman sayuran (0,5 mg/kg).

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang telah dilakukan maka disarankan untuk :

1. Dilakukan pengurangan jumlah *Azolla microphylla* yang digunakan yaitu di bawah 10 gram karena pertumbuhan *Azolla microphylla* yang cepat sehingga media penuh tertutup oleh *Azolla microphylla*.
2. Penggunaan azolla jenis lain seperti *Azolla pinnata*, *Azolla japonica* dan lainnya untuk fitoremediasi timbal sehingga dapat mengetahui jenis azolla yang paling efisien dalam menyerap logam timbal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adila, M., T. Laz dan E. Yunita. 2014. Kadar Unsur Timbal pada tanaman Kangkung di Tiga Pasar Tradisional Kecamatan Cilandak, Jakarta Selatan. *Biologi*, 7(2): 99-105.
- Agustono., A. S. Widodo dan W. Paramita. 2010. Kandungan Protein Kasar dan Serat Kasar pada Daun Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) yang Difermentasi. *Perikanan dan Kelautan*, 2(1): 37-43.
- Ahmed, M. S., A. A. Tantawy, E. S. R. Mohammed, N. H. Gomaa, F. A. El-Deeb, and H. A. Mahmoud. 2016. Phytoaccumulation of Lead from Wastewater by *Azolla pinnata* and *Lemna gibba* for comparative Assessment. *Science Internasional*, 5(1): 26-35.
- Arifin, M. Y dan M. A. Goang. 2018. Penyerapan Senyawa Merkuri (Hg) di Karamba Jaring Apung oleh Tanaman *Azolla* dengan Kepadatan Berbeda. *Akuakultur Sungai dan Danau*, 3(1): 35-42.
- Arimby, C., W. Lestari dan Y. Azis. 2014. Pemanfaatn *Azolla pinnata* R. Br dalam Penyerapan Zn dari Limbah Cair Pabrik Karet Sebagai Fitoremediator. *JOM FMIPA*, 1(2): 1-8.
- Ashari, M. S. A. 2015. Pengaruh Pemberian Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Produktifitas Tanaman Kangkung air ( *Ipomoea aquatica*). *Artikel Skripsi*, 4-10.
- Asih, D. W dan F. Rachmadiarti. 2019. *Azolla microphylla* sebagai Fitoremediator Logam Pb. *LenteraBio*, 8(1): 85-90.
- Caroline, J dan G. A. Moa. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Rhinodorus palaefolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Ilmu Terapan*, 1(1): 733-744.
- Charlena. 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. *Falsafah Sain*, 1(1): 1-12.
- Dahlan, M., Wardoyo dan H, Prasetyo. 2013. Suplay Produksi Kering Jerami Kangkung Berbagai Bahan Pakan Ternak Ruminasia di Kabupaten Lamongan. *Ternak*, 4(2): 11-21.
- Dixit, R., Wasiullah, D. Malaviya, K. Pandiyan, U. B. Singh, A. Sahu, R. Shukla, B. P. Singh, J. P. Rai, P. K. Sharma, H. Lade and D. Paul. 2015. Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment: An Overview of Principles and Criteria of Fundamental Processes. *Sustainability*, 7(1): 2189-2212.

- Etikawati N dan Jutono. 2000. Perkembangan Biota pada Perakaran *Azolla Microphylla* Kaulfuss. *Biodiversitas*, 1(1): 30-35.
- Gusnita, D., 2012. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. *Berita Dirgantara*, 13(3): 95-101.
- Hadi, F and T. Aziz. 2015. A Mini Review on Lead (b) Toxicity in Plants. *Biologi and Life Science*, 6(2): 91-101.
- Handayanto, E., Y. Nuraini, N. Muddarisna, N. Syam dan A. Fiqri. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat pencemar Tanah*. Malang: UB Press.
- Hapsari, J., C. Amri dan A. Suyanto. 2018. Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Analytical And Environmental Chemistry*, 3(1): 30-37.
- Herman, D. Z. 2006. Tinjauan terhadap *Tailing* Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. *Geologi Indonesia*, 1(1): 31-36.
- Indirawati, S. M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jumantik*, 2(2): 54-60.
- Irasanti, M., D. N. Santi dan S. Dharma. 2012. Analisa Kadar Timbal (Pb) pada Hati Sapi dari Peternakan Sapi Potong di Kabupaten Deliserdang Tahun 2012. *Kesehatan Lingkungan*, 1(1): 1-6.
- Irma, W. 2016. pengaruh Pemberian Timbal (Pb) terhadap Morfologi Daun Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) dalam Skala Laboraturium. *Ipteks Terapan*, 9(2): 179-184.
- Juhaeti, T., F. Syarif dan N. Hidayati. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Biodeversitas*, 6(1): 31-33.
- Juhriah dan M. Alam. 2016. Fitoremediasi Logam Berta Merkuri (Hg) pada Tanah dengan Tanaman *Celosia plumose* (Voss) Burv. 1(1): 1-8.
- Kafiar, F. P., P. Setyono dan A. R. Handono. 2013. Analisis Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sapi Potong di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Surakarta. *Ekosains*, 5(2): 32-39.
- Katipana, D. D. 2015. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kangkung Air (*Ipomea Aquatica* F) di Kampus UNPATTI Poka. *Biopendix*, 1(2): 143-149.

- Kusumawati, D. E. 2018. Pengaruh Kompetisi Intraspesifik dan Interspesifik terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) dan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Agroradix*, 1(2): 28-33.
- Lestari, D. 2017. Baku Mutu Tanah. *Skripsi*. 1-10.
- Lestari, G. W. 2008. Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Laju Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundinacea* L.) setelah Pemberian Asam Giberelat (GA<sub>3</sub>). *Bioteknologi*, 5(1): 1-9.
- Lestari, W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* Forsk. untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga. *FMIPA*, 1(1): 441-446.
- Maheswary, B. A. 2018. Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Sayur Kangkung Secaea Spektrofotometri Serapan Atom. *Vokasi Indonesia*, 1(1): 117-123.
- Mishra, M., C. Pradhan dan K. B. Satapathy. 2014. Decontamination of Lead from Aquatic Environment by Exploitation of Floating Macrophyte *Azolla Microphylla* Kauf. *Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8(12): 17-23.
- Murdhiani., T. Sabrina dan Sumono. 2011. Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kolam Biofiltrasi Air Irigasi dengan Menggunakan Tanaman Air (Aquatic Plant). *Pertanian Kultivar*, 5(2): 1-8.
- Nasir, M., Sulastrri, dan M. M. Hilda. 2018. Analisis Kadar Logam Timbal dan Arsenik dalam Tanah dengan Spektrofotometri Serapan Atom. *IPA dan Pembelajaran IPA*, 2(2): 89-99.
- Pasaribu, C. A., Sarifuddin dan P. Marbun. 2017. Kandungan Logam Berat Pb pada Kol dan Tomat di Beberapa Kecamatan Kabupaten Karo. *Agroekoteknologi*, 5(2): 355-361.
- Paulus, J. M. 2010. Pemanfaatan *Azolla* sebagai Pupuk Organik pada Budidaya Padi Organik. *Warta Iptek*, 1(36):68-72.
- Perwitasari, P., E. Handayanto dan R. Rindyastuti. 2018. Penggunaan *Echinodornus radicans* dan *Pistia stratiotes* untuk Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) serta Pengaruhnya terhadap Tanaman *Amaranthus tricolor*. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(1): 811-818.
- Priyono dan Sarwono. 2015. Pengaruh Dosis Pupuk Organik dan Bobot Abu Vulkan Kelud Terhadap Hasil Kangkung Darat (*Ipomea reptans* L.Poir) pada Tanah Regosol. *Agronomika*, 10(1): 1-10.
- Raharjo, P., M. Raharjo dan O. Setiani. 2018. Analisis Risiko Kesehatan dan Kadar Timbal dalam Darah: (Studi pada Masyarakat yang Mengonsumsi



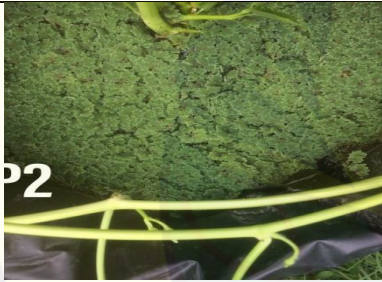

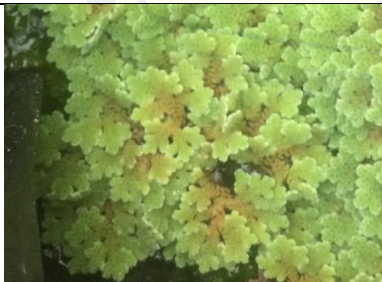


- Tiram Bakau (*Crassostrea gigas*) di Sungai Tapak Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(1): 9-15.
- Rosidah, S., Y. U. Anggraito, dan K. K. Pukan. 2014. Uji Toleransi Tanaman Tembakau (*Nicotina tabacum* L.) terhadap Cekaman Kadmium (Cd) , Timbal (Pb) , dan Tembaga (Cu) pada Kultur Cair. *Life Science*, 3(2): 68-78.
- Saking, N dan Qomariyah, N. 2017. Identifikasi Hijauan Ternak (HMT) Lokal Mendukung Produktivitas Sapi Potong di Sulawesi Selatan. *Teknologi Peternakan dan Veteriner*, 1(1): 558-565.
- SNI 7387:2009 tentang Batasan Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan.
- Sudjana, B. 2014. Penggunaan Azola untuk Pertanian Berkelanjutan. *Solusi*, 1(2): 72-81.
- Suratman., D. Priyanto dan A. D. Setyawan. 2000. Analisis Keragaman Genus *Ipomoea* Berdasarkan Karakter Morfologi. *Biodeversitas*, 1(2): 72-79.
- Tampubolon, K dan Y. S. Sulastri. 2017. Potensi *Azolla pinnata* sebagai Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb). *Inovasi di Bidang Tekonologi Pangan dan Hasil Pertanian*. 1(1): 236-244.
- Torey, P. C., N. S. Ai, P. Siahaan dan S. M. Mambu. 2013. Karakter Morfologi Akar Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Padi Lokal Superwin. *Bio Logos*, 3(2): 57-64.
- Vigiyanti, K. A., L. Chamisijatin dan R. E. Susetyarini. 2017. Pengaruh Umur Tanaman terhadap Penyerapan Logam Berat Pb pada *Azolla microphylla* Dimanfaatkan sebagai Sumber Belajar Biologi. *Prosiding Nasuonal III Biologi, Pembelajaran dan Lingkungan Hidup Prespektif Interdisipliner*, 304-107.
- Wardhayani, S., O. Setiani dan Y. Hanani. 2006. Analisis Risiko Pencemaran Bahan Toksik Timbal (Pb) pada Sapi Potong di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang. *Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 5(1):11-16.



# **LAMPIRAN**

Lampiran 1. Dokumentasi

Gambar	Keterangan
 <p>P0</p>	<p>Tanaman <i>Azolla microphylla</i> Pb 0 ppm saat akan dilakukan pemanenan. <i>Azolla microphylla</i> terlihat sehat, dan berwarna hijau segar.</p>
 <p>P1</p>	<p>Tanaman <i>Azolla microphylla</i> Pb 10 ppm saat akan dilakukan pemanenan. <i>Azolla microphylla</i> terlihat sehat dan hijau agak pucat.</p>
 <p>P2</p>	<p>Tanaman <i>Azolla microphylla</i> Pb 20 ppm saat akan dilakukan pemanenan. <i>Azolla microphylla</i> terlihat sehat dan hijau agak kusam.</p>
	<p>Tanaman <i>Azolla microphylla</i> Pb 30 ppm saat akan dilakukan pemanenan. <i>Azolla microphylla</i> terlihat sehat dan hijau kekuningan dari sebagian daun.</p>
	<p>Tanaman <i>Azolla microphylla</i> Pb 40 ppm saat akan dilakukan pemanenan. <i>Azolla microphylla</i> terlihat berwarna hijau dengan kuning kecoklatan di bagian tengah daun dan hampir merata pada seluruh tanaman azolla.</p>

	<p>Panjang kangkung air dari perlakuan P0;P1;P2;P3 dan P4.</p>
	<p>Penimbangan Berat Basah <i>Azolla microphylla</i>.</p>
	<p>Pengukuran volume akar kangkung air.</p>
	<p>Pengovenan kangkung air dan <i>Azolla microphylla</i> selama 2 hari dengan suhu 55-60°C.</p>
	<p>Penimbangan berat kering kangkung air dan <i>Azolla microphylla</i></p>

**Lampiran 2. Hasil Analisis Tanah dan Air Sungai**

Analisis air sungai dan tanah awal dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur timbal dalam air sungai dan tanah.

Tabel 1. Konsentrasi Timbal di Beberapa Air Sungai

Variabel Analisis	Nama Sungai	Kota	Nilai	Satuan
Timbal (Pb)	Anak sungai			
	Antirogo	Jember	<0.0062	ppm
	Rejoso	Pasuruan	<0.0063	ppm
	Sidorejo	Lumajang	<0.0064	ppm

Sumber :Hasil Uji Konsentrasi Timbal pada Air Sungai di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.

Keterangan : tanda “<” menunjukkan nilai limit of quantity dari pengujian

Tabel 2. Konsentrasi Timbal di Beberapa Air Sungai

Variabel Analisis	Nama Sungai	Kota	Nilai	Satuan
Timbal	Kalijagir	Surabaya	-0.0100	ppm
	Kali Putih	Jember	-0.0231	ppm

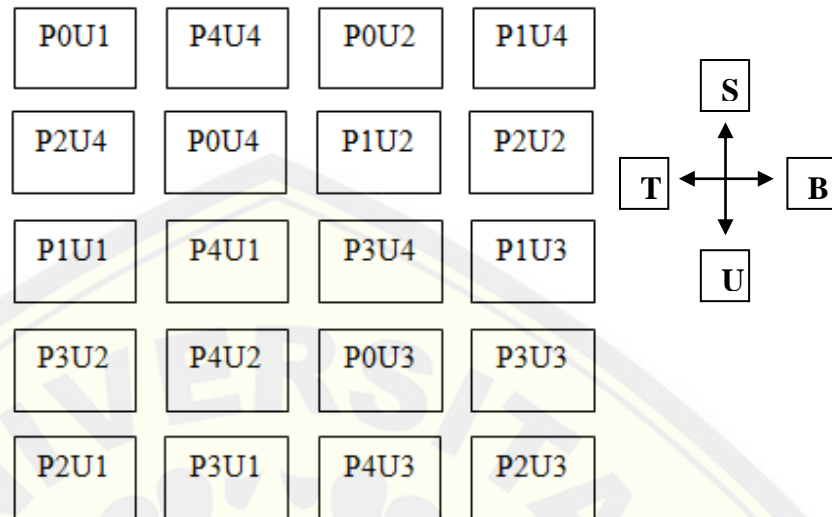
Sumber :Hasil Uji Konsentrasi Timbal pada Air Sungai di UPT Laboraturium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi-CDAST

Tabel 3. Konsentrasi Timbal di Beberapa Tanah

Variabel Analisis	Nama Wilayah	Kota	Nilai	Satuan
Timbal (Pb)	Antirogo	Jember	4.83	mg/kg
	Rejoso	Pasuruan	5.31	mg/kg
	Sidorejo	Lumajang	5.9	mg/kg

Sumber :Hasil Uji Konsentrasi Timbal pada Tanah di Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.

Lampiran 3. Denah Percobaan dengan Rancangan Acak lengkap (RAL)



#### Lampiran 4. Perhitungan Konsentrasi Timbal

Rumus :

$$\text{ppm} = \frac{\text{Ar}/\text{Mr Pb(NO}_3)_2}{\text{kg media}} \times \text{mg Pb(NO}_3)_2 \times 99.5\%$$

##### Konsentrasi 10 ppm dalam 6 kg tanah

$$\begin{aligned} \text{mg Pb(NO}_3)_2 &= 60 \text{ mg} \times \frac{331}{207} \times \frac{100}{99,5} \\ &= 96,5 \text{ mg} \end{aligned}$$

##### Konsentrasi 20 ppm dalam 6 kg tanah

$$\begin{aligned} \text{mg Pb(NO}_3)_2 &= 120 \text{ mg} \times \frac{331}{207} \times \frac{100}{99,5} \\ &= 192,8 \text{ mg} \end{aligned}$$

##### Konsentrasi 30 ppm dalam 6 kg tanah

$$\begin{aligned} \text{mg Pb(NO}_3)_2 &= 180 \text{ mg} \times \frac{331}{207} \times \frac{100}{99,5} \\ &= 289 \text{ mg} \end{aligned}$$

##### Konsentrasi 40 ppm dalam 6 kg tanah

$$\begin{aligned} \text{mg Pb(NO}_3)_2 &= 240 \text{ mg} \times \frac{331}{207} \times \frac{100}{99,5} \\ &= 385 \text{ mg} \end{aligned}$$

**Lampiran 5. Analysis of Variance**

**1. Tinggi Tanaman Kangkung Air**

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	157	87	92	86	124	546
2	109	101	99	132	107	548
3	67	122	110	137	116	552
4	102	100	137	82	71	492
<b>Total</b>	<b>435</b>	<b>410</b>	<b>438</b>	<b>437</b>	<b>418</b>	<b>2138</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>108.75</b>	<b>102.5</b>	<b>109.5</b>	<b>109.25</b>	<b>104.5</b>	<b>106.9</b>

Perhitungan untuk anova

FK = (GT) <sup>2</sup> /(t*r)	228552.2
JK Total	10293.8
JK Perlakuan	163.3

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	163.3	40.825	0.060449	3.05556828
Galat	15	10130.5	675.3667		
Total	19	10293.8			

**2. Jumlah Daun Kangkung Air**

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	45	38	28	33	30	174
2	36	37	24	27	28	152
3	29	31	18	25	31	134
4	47	32	23	39	22	163
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>138</b>	<b>93</b>	<b>124</b>	<b>111</b>	<b>623</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>39.25</b>	<b>34.5</b>	<b>23.25</b>	<b>31</b>	<b>27.75</b>	<b>31.15</b>

Perhitungan untuk anova

FK = (GT) <sup>2</sup> /(t*r)	19406.45
JK Total	1068.55
JK Perlakuan	603.3



ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	603.3	150.825	4.86270822	3.055568276
Galat	15	465.25	31.01666667		
Total	19	1068.55			

Uji Lanjut Scoot-Knot

Rata-rata		fk	4851.6125		v/db	15	
39.25	1	B01	82.0125		r/ulangan	4	
34.5	2	B02	109.252	*	s2y	7.754167	
31	3	B03	106.408		G	5	
27.75	4	B04	78.0125		B0max	109.252	
23.25	5				S02	13.356	x 4.385965
					lamda	11.2647	X 9.487729

KONSENTRASI	1	2	3	4	TOTAL	RATA2
P0	45	36	29	47	157	39.25
P1	38	37	31	32	138	34.5
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>73</b>	<b>60</b>	<b>79</b>	<b>295</b>	<b>36.875</b>
<b>Rata2</b>	<b>41.5</b>	<b>36.5</b>	<b>30</b>	<b>39.5</b>		

Perhitungan untuk ANOVA

$$FK = (GT)^2 / (t * r)$$

10878.125

JK Total

290.875

JK Perlakuan

45.125

P

2

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F tabel 1%	NOTASI
Perlakuan	1	45.125	45.125	0.264	5.987	13.745	ns
Galat	6	1023.425	170.57				
Total	7	1068.55					

RATA2		fk	2719.53125	v/db	6
39.25	1	B01	11.28125	r/ulangan	4

34.5	2		s2y	42.64270833	
<b>36.875</b>			G	2	
			B0max	11.28125	
			S02	33.3921875	x 1.75438596
			lamda	0.465272254	X 3.84145882

Konsentrasi	P1	P2	P3	P4	Total	Rata2
P2	28	24	18	23	93	23.25
P3	33	27	25	39	124	31
P4	30	28	31	22	111	27.75
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>62</b>	<b>217</b>	

Perhitungan untuk ANOVA

$$FK = (GT)^2 / (t * r)$$

8965.333333

JK Total

340.6666667

JK Perlakuan

121.1666667

P

3

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	F tabel 1%	NOTASI
Perlakuan	2	121.1667	60.583	2.4840	4.256	8.021	ns
Galat	9	219.5	24.3889				
Total	11	340.667					

Rata2		FK	2241.333333		v/db	9	
31	1	B01	20.16666667	*	r/ulangan	4	
27.75	2	B02	25.01041667		s2y	6.0972	
23.25	3				G	3	
					B0max	25.01	
					S02	7.0972	x 2.631
					lamda	4.853	X 5.991

### 3. Panjang Akar

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	60	42.5	34	35	42.5	214
2	53	39	49	43	37	221
3	50	52	50	28	28.5	208.5
4	36	56	37	39	36	204
<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>189.5</b>	<b>170</b>	<b>145</b>	<b>144</b>	<b>847.5</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>49.75</b>	<b>47.375</b>	<b>42.5</b>	<b>36.25</b>	<b>36</b>	<b>42.375</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2 / (t \cdot r)$$

35912.8125

JK Total

1547.9375

JK Perlakuan

630.25

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	630.25	157.5625	2.575427365	3.055568276
Galat	15	917.6875	61.17916667		
Total	19	1547.9375			

### 4. Volume Akar Kangkung Air

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	25	20	25	10	15	95
2	25	20	15	7	10	77
3	25	15	5	9	5	59
4	25	25	15	15	9	89
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>320</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10.25</b>	<b>9.75</b>	<b>16</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2 / (t \cdot r)$$

5120

JK Total

1016

JK Perlakuan

680.5

## ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	680.5	170.125	7.606184799	3.055568276
Galat	15	335.5	22.36666667		
Total	19	1016			

## 5. Berat Basah Kangkung Air

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	131	86	65	73	76	431
2	97	63	73	54	62	349
3	41	69	43	57	53	263
4	102	68	59	77	45	351
<b>Total</b>	<b>371</b>	<b>286</b>	<b>240</b>	<b>261</b>	<b>236</b>	<b>1394</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>92.75</b>	<b>71.5</b>	<b>60</b>	<b>65.25</b>	<b>59</b>	<b>69.7</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2 / (t \cdot r) \quad 97161.8$$

$$JK \text{ Total} \quad 9004.2$$

$$JK \text{ Perlakuan} \quad 3051.7$$

## ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	3051.7	762.925	1.922532549	3.055568276
Galat	15	5952.5	396.8333333		
Total	19	9004.2			

6. Berat Basah *Azolla microphylla*

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	33	56	83	48	71	291
2	70	76	64	86	65	361
3	49	83	88	80	97	397
4	74	87	86	54	81	382
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>302</b>	<b>321</b>	<b>268</b>	<b>314</b>	<b>1431</b>
<b>Rata2</b>	<b>56.5</b>	<b>75.5</b>	<b>80.25</b>	<b>67</b>	<b>78.5</b>	<b>71.55</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2/(t*r) \quad 102388.05$$

$$JK \text{ Total} \quad 5224.95$$

$$JK \text{ Perlakuan} \quad 1547.2$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	1574.2	393.55	1.616996508	3.055568276
Galat	15	3650.75	243.3833333		
Total	19	5224.95			

## 7. Berat Kering Kangkung Air

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	10.6	7.72	6.57	5.64	5.85	36.38
2	7.82	5.78	6.49	4.93	5.54	30.56
3	4.15	5.97	3.8	4.72	4.9	23.54
4	8.97	5.96	5.35	6.91	3.63	30.82
<b>Total</b>	<b>31.54</b>	<b>25.43</b>	<b>22.21</b>	<b>22.2</b>	<b>19.92</b>	<b>121.3</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>7.885</b>	<b>6.3575</b>	<b>5.5525</b>	<b>5.55</b>	<b>4.98</b>	<b>6.065</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2/(t*r) \quad 735.6845$$

$$JK \text{ Total} \quad 56.2701$$

$$JK \text{ Perlakuan} \quad 20.41225$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	20.41225	5.1030625	2.134705162	3.055568276
Galat	15	35.85785	2.390523333		
Total	19	56.2701			

**8. Berat Kering *Azolla microphylla***

Ulangan	Perlakuan					Total
	P0	P1	P2	P3	P4	
1	1.73	4.35	4.75	2.7	4.09	17.62
2	4.95	7.35	3.36	3.78	3.72	23.16
3	3.05	6.93	5	3.57	8.05	26.6
4	5.54	4.73	4.31	3.66	5.69	23.93
<b>Total</b>	<b>15.27</b>	<b>23.36</b>	<b>17.42</b>	<b>13.71</b>	<b>21.55</b>	<b>91.31</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>3.8175</b>	<b>5.84</b>	<b>4.355</b>	<b>3.4275</b>	<b>5.3875</b>	<b>4.5655</b>

Perhitungan untuk anova

$$FK = (GT)^2 / (t \cdot r)$$

416.875805

JK Total

46.848695

JK Perlakuan

16.79557

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%
Perlakuan	4	16.79557	4.1988925	2.095735053	3.055568276
Galat	15	30.053125	2.003541667		
Total	19	46.848695			

**Lampiran 6. Hasil Analisis Kadar Pb dalam Sampel Kangkung Air dan *Azolla microphylla***

Persamaan Garis regresi :  $Y = 0.0046x - 0.0005$

No	Kode Sampel	ABS			Rata-rata	Konsentrasi Pb (ppm)
		1	2	3		
1	K0U1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.326
2	K1U2	0.002	0.002	0.001	0.002	0.471
3	K2U4	0.002	0.002	0.002	0.002	0.543
4	K3U1	0.001	0.001	0.003	0.002	0.471
5	K4U4	0.002	0.001	0.002	0.002	0.471
6	A0U1	0.003	0.002	0.002	0.002	0.543
7	A1U2	0.002	0.003	0.003	0.003	0.688
8	A2U4	0.003	0.002	0.002	0.002	0.616
9	A3U1	0.004	0.004	0.006	0.005	1.123
10	A4U4	0.004	0.004	0.003	0.004	0.906

Sumber : Hasil Analisis Kadar Pb dalam Sampel di Laboratorium Anorganik Fakultas MIPA Universitas Jember