

## **FITOREMEDIASI LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN TANAMAN MELATI AIR (*Echinodorus palaeifolius*) PADA LIMBAH INDUSTRI PELEBURAN TEMBAGA DAN KUNINGAN**

Jenny Caroline<sup>1</sup>, Guido Arron Moa  
Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
E-mail<sup>1</sup> : j\_carol64@ymail.com

### **ABSTRACT**

*Lead (Pb) substance or ions which get into the water causes the lead (Pb) concentration in the water is beyond tolerable limit, so that it may cause death to the water ecology. To overcome this problem, an alternative technology is developed which is known as Fitoremediation. This research is meant to find out the capability of Jasmine Water in lowering the Lead (Pb) concentration in the liquid waste of Lead and Brass melting industry. The research is conducted experimentally in a laboratory using control reactor and waste reactor.*

*The research phase includes pre-research that is liquid waste early characteristic test, the first and second range finding test, and the plan media preparation and planting the experiment plant, plant acclimatization and Lead (Pb) analysis. The parameter tested includes Lead (Pb), pH and the liquid waste temperature before and after processing with the reactor, while the plant weight and Lead (Pb) absorption on the plant are only measured at the beginning and the end of experiment.*

*The result of this research shows that the plant biggest biomass in the control reactor is 92.5%, while plant biomass in the waste control reactor is 84.52%. The plant is able to reduce the Lead contrite in the waste reactor up to < 0.0764 mg/L. The plant absorbs 4.87 mg/kg of Lead from the control reactor with the separation percentage of 81.72%, and 6.38 mg/kg from control reactor with the percentage of 86.05%. The highest absorption efficiency in the waste reactor is 55.0%, while in the control reactor is 0%.*

**Key words** : *Echinodorus palaeifolius*, Pb concentration, industrial waste.

### **ABSTRAK**

Senyawa atau ion-ion timbal (Pb) yang masuk ke perairan, mengakibatkan konsentrasi Timbal (Pb) dalam perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, sehingga dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan. Mengatasi permasalahan tersebut, telah dikembangkan teknologi alternatif yang dikenal dengan fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan tanaman melati air dalam menurunkan konsentrasi logam Timbal (Pb) dalam air limbah industri peleburan tembaga dan kuningan.

Penelitian dilaksanakan secara eksperimen di laboratorium menggunakan reaktor kontrol dan reaktor limbah. Tahap penelitian meliputi penelitian pendahuluan yaitu uji karakteristik awal air limbah, *range finding test* awal dan kedua serta penyiapan media tanam dan reaktor penelitian. Tahap selanjutnya penelitian lanjutan meliputi penyiapan dan penanaman tanaman uji, aklimatisasi tanaman dan analisis logam berat timbal (Pb). Parameter yang diteliti meliputi timbal (Pb), pH dan suhu pada air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dengan reaktor, sedangkan berat tumbuhan dan penyerapan timbal (Pb) pada tumbuhan hanya diukur pada awal dan akhir penelitian

Hasil penelitian menunjukkan, biomassa tanaman terbesar pada reaktor kontrol sebesar 92,5%, sedangkan biomassa tanaman pada reaktor limbah sebesar 84,52%. Tanaman mampu menurunkan konsentrasi timbal pada reaktor limbah hingga < 0,0764 mg/L. Tanaman menyerap logam timbal dari reaktor limbah sebesar 4,87 mg/kg dengan persentase penyisihan 81,72% dan dari reaktor kontrol sebesar 6,38 mg/kg dengan persentase penyisihan 86,05%. Efisiensi penyerapan tertinggi pada reaktor limbah sebesar 55,97% sedangkan reaktor kontrol sebesar 0%.

**Kata kunci** : *Echinodorus palaeifolius*, fitoremediasi, kandungan Pb, limbah industri

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Air limbah industri biasanya banyak mengandung senyawa kimia beracun dan berbahaya (B3) serta mengandung logam berat. Logam berat merupakan zat pencemar yang memiliki efek berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat diuraikan secara biologis dan stabil. Unsur-unsur logam berat dapat tersebar di permukaan bumi baik di air, tanah dan udara. Logam berat tersebut dapat berbentuk senyawa organik, anorganik atau terikat dalam senyawa yang lebih berbahaya daripada keadaan murninya [1].

Pencemaran limbah logam berat mengandung timbal (Pb) merupakan masalah terhadap kondisi lingkungan saat ini. Logam berat banyak ditemukan hampir pada semua jenis limbah industri. Semakin banyaknya industri akan menyebabkan peningkatan pencemaran terhadap sumber air yang berasal dari limbah industri yang dibuang ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu [2].

Air limbah yang mengandung senyawa Pb yang mencemari badan air dengan konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian pada biota air. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan di perairan, bila biota air hidup di badan air yang mengandung senyawa Pb pada konsentrasi 2,75-49 mg/l dan terpapar selama 245 jam akan menyebabkan kematian pada Crustacea sedangkan pada konsentrasi Pb yang terlarut sebesar 3,5-64 mg/l yang terpapar selama 168-336 jam akan menyebabkan kematian Insecta [3].

Untuk mengatasi permasalahan pencemaran air limbah yang mengandung logam berat, baru – baru ini telah dikembangkan teknologi alternatif yang dapat membantu proses pengolahan yaitu dengan teknologi fitoremediasi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air [4]. Pada pengolahan air limbah dengan menggunakan teknologi fitoremediasi, tanaman atau tumbuhan memiliki peranan penting dalam mendukung proses pengolahan, baik itu tanaman yang hidup di tanah ataupun tanaman yang hidup di air. Namun tanaman yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah adalah tanaman yang hidup di air karena proses yang dilakukan lebih efisien dan tanaman yang dapat bertahan dalam mengolah air limbah adalah tanaman air.

Tanaman air merupakan bagian dari vegetasi penghuni bumi ini, yang media tumbuhnya adalah perairan. Penyebarannya meliputi perairan air tawar, payau sampai ke lautan dengan beraneka ragam jenis, bentuk dan sifat. Jika memperhatikan sifat dan posisi hidupnya di perairan, tanaman air dapat dibedakan dalam 4 jenis, yaitu ; tanaman air yang hidup pada bagian tepian perairan, disebut *marginal aquatic plant* ; tanaman air yang hidup pada bagian permukaan perairan, disebut *floating aquatic plant* ; tanaman air yang hidup melayang di dalam perairan, disebut *submerge aquatic plant* ; dan tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan, disebut *the deep aquatic plant* [5].

Pada penelitian ini tanaman air yang digunakan adalah tanaman melati air, tanaman ini digunakan karena jenis tanaman ini pernah digunakan dalam pengolahan air limbah selain itu tanaman ini juga mempunyai nilai estetika yang baik bagi lingkungan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman melati air dalam menurunkan konsentrasi logam timbal (Pb) dalam air limbah industri peleburan tembaga dan kuningan dengan mengukur biomassa tanaman melati air sebelum dan sesudah perlakuan, mengukur kadar timbal (Pb) sebelum dan sesudah perlakuan, menganalisa kemampuan tanaman melati air dalam menyerap timbal (Pb), menganalisa efisiensi penyerapan timbal (Pb) oleh tanaman.

## KAJIAN PUSTAKA

Air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat – tempat umum lain yang mengandung bahan – bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan [6]. Limbah cair industri adalah hasil proses atau sisa dari suatu kegiatan atau usaha industri yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang [6].

Logam berat adalah unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah, logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Beberapa jenis logam berat yang sering menimbulkan pencemaran adalah merkuri (Hg), khrom (Cr), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan arsen (As) [7]. Timbal (Pb) yang lebih dikenal dengan nama plumbum atau timah merupakan salah satu logam berat yang beracun bagi manusia. Timbal dapat masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan dan air yang terkontaminasi dengan plumbum (timbal). Keracunan plumbum biasanya diakibatkan oleh terjadinya akumulasi logam berat tersebut di dalam tubuh manusia yang akan menyebabkan penyakit anemia, kerusakan susunan saraf pusat dan ginjal [1].

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya [9]. Pencemaran yang dihasilkan dari logam berat sangat berbahaya karena bersifat toksik, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi [9].

Fitoremediasi didefinisikan sebagai penggunaan tanaman atau tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, menghilangkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar khususnya logam berat maupun senyawa organik lainnya [8]. Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Tidak semua jenis tanaman dapat digunakan karena tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama [6].

Mekanisme kerja fitoremediasi mencakup proses fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi [9].

1. Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun.
2. Rhizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi logam berat dari aliran limbah.
3. Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tanaman oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase.
4. Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengekskresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran).
5. fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap logam berat dan melepaskannya ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun.

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar. Sedangkan kerugian fitoremediasi ini adalah prosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem [6].

Tumbuhan Melati Air merupakan tumbuhan yang akarnya terletak pada dasar perairan dan reproduksinya secara fleksibel (Lehtonen, 2009). Tumbuhan ini dapat digunakan pada fitoremediasi karena dapat menurunkan kadar nutrien (eutrofikasi) pada perairan (Brouwer, 2002).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen :

### Bahan

Sampel Limbah cair yang mengandung Pb di ambil dari industri peleburan tembaga dan kuningan yang terletak di daerah Tandes, Surabaya Barat. Untuk tanaman yang digunakan adalah melati air (*Echinodorus palaefolius*), dan sebagai media tanam untuk tanaman melati air menggunakan kerikil dan pasir dengan rasio antara kerikil dan pasir yaitu 4 : 3.

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, neraca analitik, beaker glass, Erlenmeyer alat ini digunakan pada saat dilakukan pengambilan sampel yang akan digunakan untuk analisis hasil pengolahan. Sedangkan reaktor yang digunakan untuk proses pengolahan fitoremediasi adalah reaktor yang terbuat dari kaca yang berbentuk persegi dengan ukuran 40cm x 40cm x 40 cm, selain itu juga digunakan ember yang berfungsi sebagai bak penampung air limbah dan untuk mengalirkannya digunakan pompa air.

### Cara Penelitian

Penelitian tahap awal yaitu dengan melakukan Range Finding Test (RFT) tahap ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi air limbah yang dapat diterima oleh tanaman. Tahap ini dilakukan dengan caramemberikan air limbah pada tanaman untuk mengetahui ketahanan tanaman terhadap limbah tersebut. Range finding test dilakukan selama 7 hari dan dilakukan pengamatan secara morfologi terhadap tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*). Selanjutnya dilihat pada hari ke-7, apabila tanaman tetap segar pada hari ke-7, maka konsentrasi tersebut dapat digunakan sebagai konsentrasi uji. Apabila tanaman mengalami kematian atau layu pada hari ke-7, maka konsentrasi tersebut terlalu tinggi bagi tanaman sehingga harus dilakukan kembali RFT dengan variasi konsentrasi berbeda.

Pada penelitian ini menggunakan konsentrasi air limbah sebesar 15%, 10%, dan 5% dan untuk masing-masing wadah ditempatkan 1 tanaman melati air dengan jumlah tangkai daun yang sama yaitu 8 tangkai daun. Konsentrasi tersebut digunakan karena melati air dapat bertahan hidup dengan rentang konsentrasi tersebut. Setelah dilakukan RFT selama 7 hari kemudian didapatkan bahwa tanaman melati air dapat bertahan hidup dengan waktu tersebut pada konsentrasi 5%, sehingga untuk proses pengolahan selanjutnya digunakan konsentrasi air limbah sebanyak 5% untuk mengolah air limbah yang mengandung logam timbal dengan menggunakan tanaman melati air.

Selanjutnya dilakukan tahap Running yaitu proses pengolahan atau Fitoremediasi yang dilakukan dengan cara limbah cair yang telah ditampung dialirkan dengan menggunakan pompa ke dalam reaktor yang telah berisi tanaman melati air, proses pengolahan ini dilakukan secara horizontal. Pada tahap *running* ini digunakan 2 reaktor uji, Reaktor ke-1 menggunakan air sumur sebagai kontrol, sedangkan reaktor ke-2 menggunakan air limbah dengan konsentrasi pengenceran 5% sebagai reaktor uji.

### Parameter Uji

Pengujian logam timbal (Pb) pada tanaman melati air dilakukan pada hari ke 0 dan 18, sampel yang dianalisis adalah sampel air limbah hasil pengolahan dan tanaman melati air yang digunakan untuk mengolah air limbah. Tujuannya untuk mengetahui kadar Timbal (Pb) yang diserap oleh tanaman selama proses fitoremediasi berlangsung.

Potensi tanaman sebagai remediator dilakukan dengan menghitung akumulasi logam dalam tanaman secara keseluruhan dan efisiensi akumulasi oleh tanaman, sebagai berikut:

Untuk mengetahui produksi biomassa dihitung dengan menggunakan rumus yang mengacu pada metode SNI 13-6793-2002, yaitu:

$$BM = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

BM = Biomassa (%)

A = Berat sampel basah (gram)

B = Berat sampel kering setelah pengeringan (gram)

Untuk mengetahui efisiensi penyisihan oleh tanaman ditentukan dengan persamaan menurut Hardiani (2008), sebagai berikut:

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{\text{konsentrasi awal logam} - \text{konsentrasi akhir logam}}{\text{konsentrasi awal logam}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk mengetahui persen efisiensi penyerapan oleh tanaman digunakan persamaan yang mengacu pada Haryanti, Dkk., (2013), yaitu:

$$\text{Efisiensi penyerapan}(\%) = \frac{\text{Logam timbal (Pb) dalam tanaman}}{\text{Logam timbal (Pb) dalam media tanam}}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Awal Air Limbah

Uji karakteristik air limbah dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal fisik dan kimia pada air limbah. Kualitas air limbah industri peleburan tembaga dan kuningan selanjutnya akan dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya sebagai ukuran batas atau kadar unsur pencemar. Adapun hasil analisis parameter awal dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Karakteristik Awal air Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu*)	Hasil Analisis
Timbal	mg/L	1,0	1,638
pH		6 - 9	3
Suhu		-	260C

Ket : \*) Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa kualitas air limbah industri peleburan tembaga dan kuningan tidak memenuhi standar baku mutu yang ada sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk menurunkan kandungan logam berat yang ada.

### Kondisi Fisik Tanaman

Ion logam tidak sepenuhnya terakumulasi oleh tanaman, karena ion logam dapat berpindah dari media tanam (limbah) melalui proses penguapan, dimana ion tersebut berikatan dengan oksigen membentuk ion-ion baru. Hal tersebut terjadi karena tingginya suhu yang berpengaruh pada kadar oksigen pada media tanam. Semakin tinggi suhu maka kadar oksigen akan semakin berkurang. Oksigen ikut bereaksi dengan air pada media tanam dan akan berikatan dengan ion logam [6].

Pada hari ke 0, tanaman melati air pada kedua reaktor masih terlihat segar atau daunnya masih terlihat hijau, namun pada hari ke 6 tanaman yang berada pada reaktor yang berisi air limbah mulai menunjukkan gejala klorosis, yaitu daun berubah warna, semula hijau menjadi kuning kecoklatan, yang diduga tanaman mengalami toksisitas akibat cekaman abiotik oleh limbah industri peleburan tembaga dan kuningan, gejala toksisitas pada tanaman diduga akibat tanaman mengalami

keracunan logam berat [10]. Sedangkan tanaman pada reaktor kontrol tidak mengalami perubahan secara fisiologi.

Kemudian Pada hari ke-12 sampai hari ke-18, daun pada tanaman berwarna coklat dan bercak kehitamannya semakin bertambah ini terjadi pada reaktor yang berisi air limbah selain itu pada tangkai daun mengalami pembusukkan. Sedangkan pada tanaman dengan reaktor kontrol, terdapat beberapa tangkai daun yang mengalami hal serupa dan ada juga yang membusuk namun tidak sebanyak tanaman pada reaktor yang mengandung limbah.

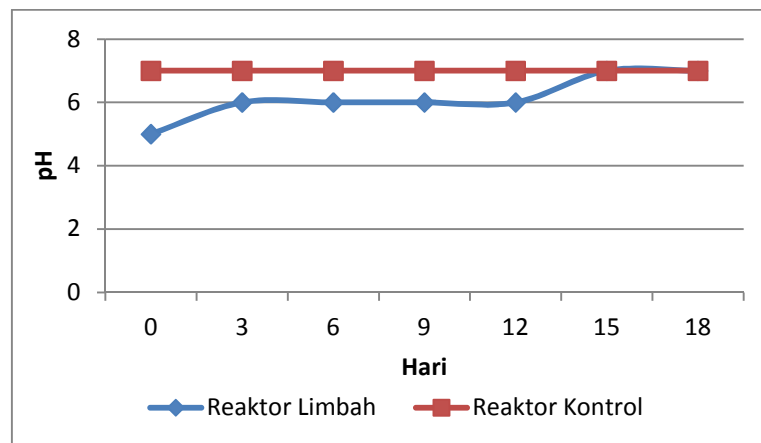
Hal ini diakibatkan karena tumbuhan terpapar logam Pb dalam waktu yang semakin lama sehingga penghambatan sintesis klorofil juga semakin tinggi. Klorosis dapat terjadi jika logam berat menghambat kerja enzim yang mengkatalis sintesis klorofil. Sedangkan, nekrosis merupakan kematian sel, jaringan, atau organ tumbuhan sehingga timbul bercak, bintik, atau noda [11].

### Analisis pH dan Suhu

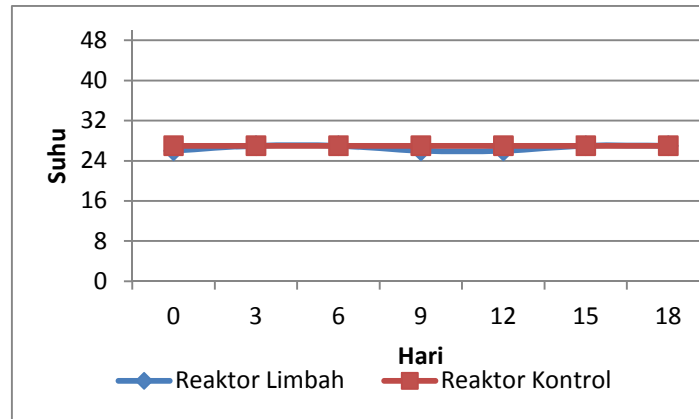
Analisis pH dan suhu pada reaktor limbah dan reaktor kontrol dilakukan setiap kali pengambilan sampel yakni sebanyak 6 kali. Adapun data hasil pengukuran nilai pH dan suhu dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Hasil Pengukuran pH dan Suhu pada Reaktor Limbah dan Reaktor Control

Waktu Pemaparan (Hari)	Reaktor Limbah		Reaktor Kontrol	
	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)
0	5	26	7	27
3	6	27	7	27
6	6	27	7	27
9	6	26	7	27
12	6	26	7	27
15	7	27	7	27
18	7	27	7	27



Gambar 1. Grafik pH Air Limbah



Gambar 2. Grafik Suhu Air Limbah

Setelah dilakukan pengamatan, kenaikan pH terjadi seiring bertambahnya waktu running pada reaktor penelitian. Besarnya kenaikan pH berbeda nyata pada hari ke-0 sampai hari ke-18, dan kenaikan pH terbesar terjadi pada hari ke-18, yakni sebesar 7. pH pada air limbah yang semula asam berubah menjadi netral. Kondisi air limbah yang berubah menjadi netral disebabkan karena adanya mekanisme air limbah yang bereaksi dengan OH<sup>-</sup>, maka air limbah tersebut berubah menjadi netral dengan pH 7.

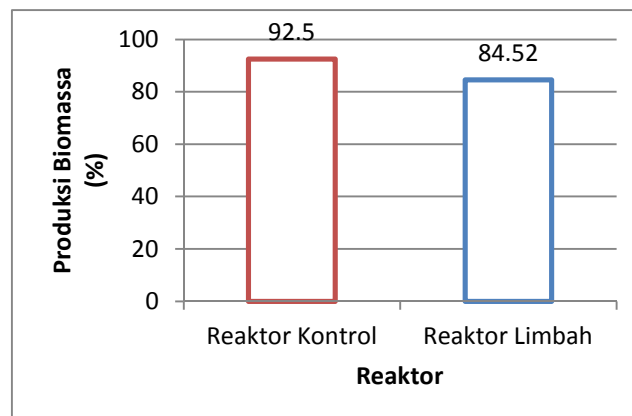
Dalam penelitian, nilai pH mempengaruhi kelarutan logam berat Pb, karena tidak ada pengadukan dalam perlakuannya dan menyebabkan logam berat Pb seluruhnya tidak larut dalam air namun sebagian besar justru mengendap di dasar reaktor. Naiknya pH dapat menurunkan kelarutan oksigen air dan meningkatkan toksisitas logam berat Pb. Selain itu Nilai pH dipengaruhi oleh suhu dan salinitas air. Dalam hal ini suhu mengalami penurunan, yang menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air dan menyebabkan nilai pH menjadi naik (basa) [3].

### Biomassa Tanaman Melati Air

Hasil biomassa tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*) dengan jenis media hidup yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Biomassa Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

Perlakuan	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Produksi Biomassa (%)
Reaktor Kontrol	1400	140	92,5
Reaktor Limbah	1550	260	84,52



Gambar 4. Grafik Perbandingan Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman pada media yang tidak mengandung limbah mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu pemaparan. Kandungan biomassa tinggi dikarenakan pertumbuhan tanaman yang baik serta didukung kondisi suhu dan pH media tumbuh yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Biomassa tanaman pada reaktor yang mengandung limbah lebih rendah dibandingkan dengan reaktor kontrol. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan tanaman yang menjelaskan bahwa kandungan logam Pb dalam media tumbuh yang berlebih menghambat pertumbuhan tanaman. Tanaman dapat mengakumulasi logam dalam jumlah yang besar tetapi pertumbuhannya sangat lambat atau biomassa tanaman rendah [12].

Menurut [3] penurunan biomassa tanaman dipengaruhi oleh adanya toksisitas logam yang menyebabkan: (1) sulit memperoleh air karena pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, dimana masalah osmotik tanaman dikarenakan ion-ion tertentu mencapai kadar larutan yang tinggi. Jika tanaman ditempatkan dalam larutan dengan potensial air yang lebih rendah dari pada xylem akar, maka pengambilan air akan berhenti, karena potensial osmotik dari larutan lebih besar dari pada yang terdapat pada tanaman, sehingga tidak ada penyesuaian osmotik. Hal ini akan menyebabkan pengambilan air tidak memungkinkan, (2) sulit memperoleh unsur hara karena adanya kompetisi antara ion-ion, dimana akar-akar tanaman mengabsorpsi ion dari media kompleks yang mengandung tidak hanya satu atau lebih ion hara yang esensial, tetapi juga ion non esensial dan senyawa organik. (3) sulit memperoleh CO<sub>2</sub>, dimana CO<sub>2</sub> digunakan sebagai bahan dasar dari proses fotosintesis, apabila tanaman sulit memperoleh CO<sub>2</sub> maka proses fotosintesis tidak akan berjalan dengan sempurna, serta (4) penerimaan intensitas sinar. Akibatnya pertumbuhan tanaman akan mengalami hambatan atau terhenti.

#### Analisis Kandungan Logam Timbal

Berdasarkan hasil analisa, penurunan kadar Pb pada reaktor limbah setelah perlakuan fitoremediasi menunjukkan adanya penurunan konsentrasi logam timbal, ini dilihat berdasarkan jumlah kadar logam Pb yang berkurang pada media tumbuh. Berikut data analisis dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Penurunan konsentrasi logam timbal pada reaktor limbah dan kontrol dengan waktu pemaparan selama 18 hari

Waktu Pemaparan (Hari)	Kadar Logam Pb (mg/L)	
	Reaktor Limbah	Reaktor Kontrol
0	0,087	< 0,024
3	< 0,0764	< 0,024
6	< 0,0764	< 0,024
9	< 0,0764	< 0,024
12	< 0,0764	< 0,024
15	< 0,0764	< 0,024
18	< 0,0764	< 0,024

Hasil analisa pada waktu pemaparan hari ke-3 menunjukkan ada penurunan kadar Pb pada effluent reaktor. Besaran penurunan kadar pencemar tersebut sebesar <0,0764 mg/L. Tanda < merupakan LOQ (batas kuantitasi). Menurut [12] batas kuantitasi merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama.

Menurut [13] tanaman menyerap logam-logam yang larut dalam air melalui akar-akarnya. Di dalam akar, tanaman melakukan perubahan pH oleh akar dan membentuk suatu zat kelat yang disebut fitosiderofor. Fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui transpor aktif. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain, yaitu



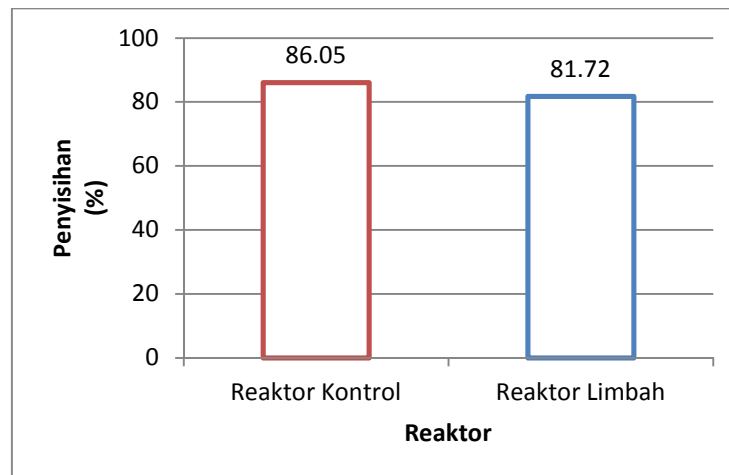
batang/tangkai dan daun. Dan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, dengan menimbun logam di dalam organ tertentu.

**Penyerapan Logam Timbal (Pb) oleh Tanaman**

Penyerapan logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi lima proses yang sinambung yaitu mencakup proses fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi [8]. Uji akumulasi logam secara keseluruhan dalam tanaman pada reaktor kontrol dan reaktor limbah menjelaskan bahwa penyerapan air dan Pb dari media tumbuh terjadi pada kedua tanaman uji. Berikut hasil analisis penyerapan logam timbal oleh tanaman dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 5. Kadar logam berat Timbal (Pb) oleh tanaman Melati air

Waktu Pemaparan (Hari)	Kadar logam Pb (mg/kg)			
	Reaktor limbah	Penyisihan (%)	Reaktor kontrol	Penyisihan (%)
0	0,89	0	0,89	0
18	4,87	81,72	6,38	86,05



Gambar 5. Penyerapan Pb oleh Tanaman Melati Air

Gambar 5 menunjukkan tanaman Melati air memiliki kemampuan beradaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang tercemar logam berat Pb dan memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Pb pada air limbah sehingga kadar logam berat Pb dalam air limbah menurun dan menyebabkan kadar logam berat Pb pada tanaman meningkat.

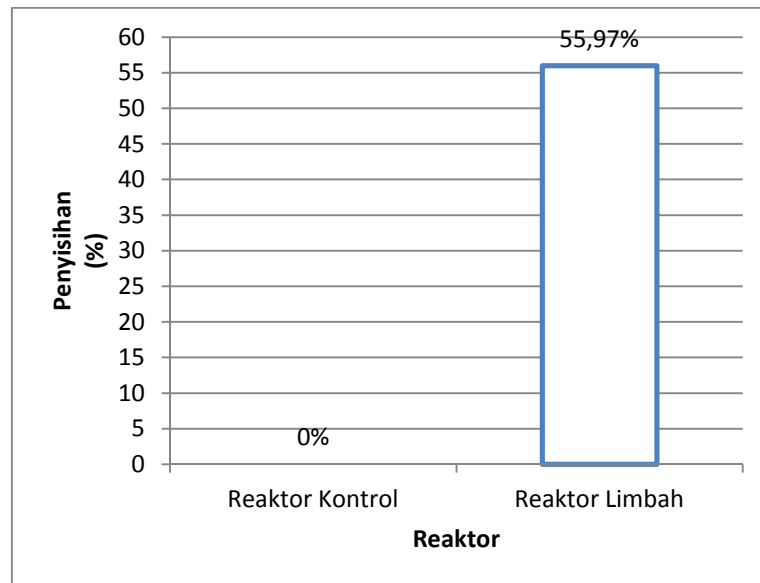
Prinsip penyerapan logam berat Pb oleh tumbuhan adalah semakin besar konsentrasi Pb dalam media tanam tanaman akan menyebabkan semakin besar pula logam Pb yang diserap. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi timbal antara dua jenis media, yaitu media dalam jaringan tanaman dan media limbah industri peleburan tembaga dan kuningin sebagai tempat pertanamannya. Perbedaan konsentrasi ini akan menyebabkan terjadinya perpindahan atau transfer massa (timbal) secara difusi dan osmosis, dimana massa zat pada media dengan konsentrasi yang tinggi akan berpindah ke media dengan konsentrasi yang rendah [3].

**Efisiensi Penyerapan Logam Timbal (Pb)**

Efisiensi penyerapan logam timbal menggambarkan kemampuan tanaman dalam menyerap logam timbal (Pb). Berikut data Analisis efisiensi penyerapan logam timbal (Pb) pada tanaman melati air tercantum pada tabel 5

Tabel 5. Efisiensi Penyerapan Logam Timbal (Pb) oleh Tanaman Melati Air

Jenis Perlakuan	Kandungan logam Pb		Efisiensi Akumulasi (%)
	Media (mg/L)	Tanam Tanaman (mg/kg)	
Uji tanaman awal	0	0,89	0
Reaktor kontrol	0	6,38	0
Reaktor limbah	0,087	4,87	55,97



Gambar 6. Grafik efisiensi penyerapan logam timbal (Pb)

Berdasarkan data analisis, efisiensi penyerapan logam Pb oleh tanaman Melati air menjadi meningkat dikarenakan tanaman tersebut memiliki volume perakaran yang banyak. Melalui akar, tanaman tersebut dapat menyebarkan apa yang diserapnya keseluruhan bagian tanaman. Efisiensi penyerapan logam Pb yang tinggi oleh tanaman melati air pada reaktor limbah juga didukung dengan laju pertumbuhan tanaman yaitu adanya pertumbuhan tangkai dan daun baru pada tanaman yang terus bertambah besar hingga pengamatan hari ke-18.

Penyerapan Pb terlihat tinggi di akar, hal ini dikarenakan akar langsung bersinggungan dengan media tumbuh yang terkontaminasi Pb, melalui akar Pb diserap oleh tanaman kemudian didistribusikan ke daun melalui tangkai. Disamping itu, laju penyerapan juga dipengaruhi oleh mobilitas Pb pada media yang tinggi kandungannya, sehingga tanaman mampu menyerap Pb dalam jumlah yang banyak [14]. Namun, hal tersebut tidak berlaku bagi tanaman yang berada dalam reaktor kontrol, dimana pertumbuhan tanaman dalam reaktor kontrol tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap efisiensi penyerapan logam Pb. Hal ini dikarenakan pada reaktor kontrol kadar logam Pb yang rendah dan kadar logam Pb merupakan unsur hara bagi tanaman yaitu sebagai unsur mikro. Pola akumulasi logam berat digambarkan sebagai berikut; akar > daun > shoot (batang) > buah dan akar lateral > akar primer, daun tua > daun muda [15].

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian penyerapan logam Pb oleh tanaman melati air, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Selama 18 hari waktu pemaparan, biomassa tanaman melati air terbesar diperoleh pada reaktor kontrol yakni sebesar 92,5 %, sedangkan pada reaktor limbah biomassa tanaman sebesar 84,52 %.

2. Konsentrasi logam timbal dalam reaktor limbah mampu diturunkan hingga  $< 0,0764$  mg/L dengan waktu pemaparan selama 18 hari
3. Tanaman melati air mampu menyerap logam timbal (Pb) dari reaktor limbah sebanyak 4,87 mg/kg dengan persentase penyisihan 81,72 % dan dari reaktor kontrol sebanyak 6,38 mg/kg dengan persentase penyisihan 86,05 %.
4. Efisiensi penyerapan tertinggi dimiliki oleh tanaman melati air dalam reaktor limbah sebesar 55,97% sedangkan dalam reaktor kontrol sebesar 0%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ridhowati, Sherly. 2013. *Mengenal Pencemaran Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [2] Agusetyadevy, Imbar, dkk. 2013. Fitoremediasi Limbah yang Mengandung Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) dengan Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*). *Jurnal [Online]*. Diakses pada 16 Mei 2015.
- [3] Haryati, Maharani Dkk. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) (L.Buch) Menyerap Logam Berat timbal Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *Jurnal Lentera Bio*, 1(3): 131-138
- [4] Hidayati, Nurul. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulat. *Jurnal Pusat Penelitian Biologi*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 12(1): 35-40
- [5] Yusuf, Guntur. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*, 8(2): 136-144
- [6] Santriyana, Dery Diah, dkk. 2013. Eksplorasi Tanaman Fitoremediasi Aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada Limbah Ipa Pdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal [Online]*. Diakses pada 16 Mei 2015
- [7] Asmadi & Suharno. 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Gosyen Publishing.
- [8] Moenir, Misbachul. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 1(2): 115-123
- [9] Fitriyah, Anita Wardah, dkk. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Jurnal [Online]*. Diakses pada 16 Mei 2015.
- [10] Sandy, N.J., T. Nurhidayati dan K.I. Purwani. 2010. Profil Protein Tanaman *Salvinia molesta* yang Dikulturkan pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [11] Widiarso, T. 2011. *Fitoremediasi Air Terkontaminasi Nikel dengan Menggunakan Tanaman Ki Ambang (*Salvinia molesta*)*. Skripsi Tidak Dipublikasikan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [12] Harmita. 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya*. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3): 117 – 135
- [13] Hardiani, Henggar. 2008. Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi. *Jurnal Riset Industri*, 2(2): 64-75
- [14] Syahputra, R. 2005. Fitoremediasi Logam Cu Dan Zn dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms). *JURNAL LOGIKA*, 2(2): 57-67
- [15] Lestari, Wahyu. 2013. Penggunaan *Ipomoea Aquatica* Forsk Untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 441-446

*Halaman ini sengaja dikosongkan*