

**POTENSI TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.) dan TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes* Mart. Solms.) UNTUK FITOREMEDIASI AIR TERCEMAR KADMIUM LUMPUR LAPINDO**

Oleh

**YOHANNES GINTING**

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG  
2013**

**POTENSI TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.) dan TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes* Mart. Solms.) UNTUK FITOREMEDIASI AIR TERCEMAR KADMIUM LUMPUR LAPINDO**

Oleh  
**YOHANNES GINTING**  
0910480294

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG  
2013**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar puastaka.

Malang, Januari 2014

Yohannes Ginting  
NIM. 0910480294



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **POTENSI TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.)  
dan TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*  
Mart. Solms.) UNTUK FITOREMEDIASI AIR  
TERCEMAR KADMIUM LUMPUR LAPINDO**

Nama Mahasiswa : YOHANNES GINTING

NIM : 0910480294

Jurusan : TANAH

Program Studi : AGROEKOTEKNOLOGI

Minat : MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Kedua,

Dr.Ir.Sugeng Prijono, SU.  
NIP. 19580214 198503 1 003

Prof.Ir.Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19520305 197903 1 004

Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU  
NIP. 19540501 1981003 1 006

Tanggal Persetujuan :

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

### MAJELIS PENGUJI

Penguji Pertama

Dr.Ir.Sugeng Priyono, SU.  
NIP. 19580214 198503 1 003

Penguji Kedua

Prof.Ir.Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19520305 197903 1 004

Penguji Ketiga

Ir.Sunarto Ismunandar, MS.  
NIP. 19490310 197903 1 002

Penguji Keempat

Cahyo Prayogo, SP.,MP.,Ph.D.  
NIP. 19730103 199802 1 002

Tanggal Pengesahan :

*Skripsi ini kupersembahkan untuk  
Kedua Orang tua tercinta dan Keluarga Besar  
tersayang*



## RINGKASAN

**YOHANNES GINTING 0910480294** Potensi Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) dan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solms.) untuk Fitoremediasi Air Tercemar Kadmium Lumpur Lapindo. Dibawah bimbingan Sugeng Prijono dan Eko Handayanto.

---

Lumpur Lapindo merupakan limbah industri yang mengandung banyak logam berat diantaranya logam kadmium (Cd). Logam kadmium apabila terakumulasi bagi tubuh manusia akan mengakibatkan kerusakan ginjal. Di bidang pertanian logam kadmium dapat menyebabkan tanaman mengalami penghambatan pertumbuhan dan penurunan produksi. Salah satu solusi untuk mengurangi dampak negatif yang diakibatkan dari logam kadmium adalah dengan menggunakan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi adalah salah satu teknologi yang bersifat biologi, yaitu pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk mengurangi polutan lingkungan, baik pada air, tanah, maupun udara, baik yang disebabkan oleh polutan metal maupun organik. Tanaman kayu apu dan eceng gondok merupakan tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediator karena tanaman tersebut mempunyai kemampuan dalam menyerap logam berat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui potensi tanaman kayu dan eceng gondok dalam mengakumulasi logam kadmium akibat pencemaran yang diakibatkan pembuangan lumpur Lapindo ke lingkungan sekitarnya.

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah tanaman kayu dan eceng gondok dapat bertahan hidup dan mampu mengakumulasi logam kadmium yang berasal dari pencemaran lumpur Lapindo sebesar 40%.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Fakultas Pertanian dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya serta Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang. Penelitian ini menggunakan RAK dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan yaitu K1 (tanpa polutan lumpur Lapindo + tanaman kayu apu), K2 (tanpa polutan lumpur Lapindo + tanaman eceng gondok), A1 (media (lumpur 4L + air 6L) + tanaman kayu apu), A2 (media (lumpur 3L + air 7L) + tanaman kayu apu), A3 (media (lumpur 2L + air 8L) + tanaman kayu apu), A4 (media (lumpur 4L + air 6L) + tanaman eceng gondok), A5 (media (lumpur 3L + air 7L) + tanaman eceng gondok), A6 (media (lumpur 2L + air 8L) + tanaman eceng gondok).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadmium pada media air. Persentase penurunan kadmium pada media dengan perlakuan K1 yaitu 100%, K2 100%, A1 92%, A2 93%, A4 94%, A4 86%, A5 88%, dan A6 91%. Penurunan logam kadmium pada media dipengaruhi oleh kandungan lumpur Lapindo yang berbeda pada masing-masing perlakuan dan jenis tanaman yang berbeda. Tanaman kayu apu lebih banyak mengakumulasi logam kadmium dibandingkan dengan tanaman eceng gondok. Tetapi, ketahanan tanaman eceng gondok dalam bertahan hidup pada media yang tercemar lumpur Lapindo dan menahan efek toksitas lebih baik dibandingkan tanaman kayu apu. Selain penurunan logam kadmium, terjadi juga perubahan suhu, pH, DO, BOD, dan COD pada media air.

## SUMMARY

**YOHANNES GINTING 0910480294:** The Potential of "Kayu Apu" (*Pistia Stratiotes* L.) and "Eceng Gondok" (*Eichornia crassipes* Mart. Solms.) for Phytoremediation of water contaminated with Cadmium of Lapindo Mudflow. Advisory Committee: Sugeng Prijono and Eko Handayanto

---

National ecological disaster of hot mud in Sidoarjo, East Java is negative effect of industrial development. The disaster resulted industrial waste with high number of heavy metals, one of it is cadmium (Cd). Lapindo mud waste is streamed to Porong River that can danger people who use it in doing activities because it contains cadmium metal. MenKes. No. 907/2002 said that maximum content of cadmium heavy metal in the water is 0,0003 ppm. If cadmium accumulated in human body then it will cause kidney disability. Cadmium also inhibit plant growth and production decrease of the plant. On solution to decrease negative effect caused by cadmium is by using phytoremediation. Phytoremediation is biological technology, it is utilization of green plant or associated microorganism to lessen environment pollutant. Apu wood and hyacinth are plants that can be used as phytoremediator agent because it has capability to absorb heavy metals. The use of the plant can be solution if Lapindo mud polluted environment surrounding Lapindo mud. Purposes of this study are to know potency of apu wood and hyacinth in accumulating cadmium because of contaminant caused by Lapindo mud discharge to surround environment. Hypothesis proposed in this study is apu wood and hyacinth that can live and able to accumulate cadmium from Lapindo contaminant for 40%.

This study is conducted in physical laboratory Agriculture Faculty and chemistry laboratory Faculty of Science University of Brawijaya also chemistry laboratory of State University of Malang. This study used RAK with 8 treatments and three times repetitions. Treatment is K1 (without lapindo mud pollutant+apu wood), K2 (without lapindo mud pollutant+hyacinth), A1 (media(mud 4L+water6L)+apu wood), A2 (media(mud 3L+water7L)+apu wood), A3 (media(mud 2L+water8L)+apu wood), A4 (media(mud 4L+water8L)+hyacinth), A5 (media(mud 3L+water7L)+hyacinth), A6 A3 (media(mud 2L+water8L)+hyacinth).

The result of this experiment shows that there is decrement on cadmium in water media. Decrement percentage of cadmium in the media by using treatment K1 100%, K2 100%, A1 92%, A2 93%, A3 94%, A4 86%, A5 88%, A6 91%. The decrement of cadmium metal in the media is influenced by different Lapindo mud content in each treatment and the different kind of plants. Apu wood is more accumulating cadmium than hyacinth. Yet, hyacinth resistance in living in polluted lapindo mud media and retaining toxicity effect is better than apu wood. Not only has the decrement of cadmium, there also occurred temperature change, pH, DO, BOD, and COD



## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesis.....	4
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Alur Pikir.....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Logam Berat .....	6
2.2. Fitoremediasi .....	9
2.3. Tanaman Eceng Gondok .....	11
2.4. Tanaman Kayu Apu ( <i>Pistia stratiotes</i> ).....	13
2.5. Parameter Kualitas Air .....	14
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1. Tempat dan Waktu .....	17
3.2. Alat dan Bahan .....	17
3.3. Rancangan Penelitian .....	18
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.5. Analisis Data .....	22
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1. Uji Pendahuluan Logam Kadmium (Cd) Pada Sampel Media .....	23
4.2. Jumlah Logam Kadmium dalam Media Percobaan .....	24
4.3. Akumulasi Logam Kadmium Dalam Jaringan Tanaman.....	27
4.4. Bobot Kering Tanaman .....	29
4.5. Parameter Kualitas Air .....	31
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>41</b>
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>

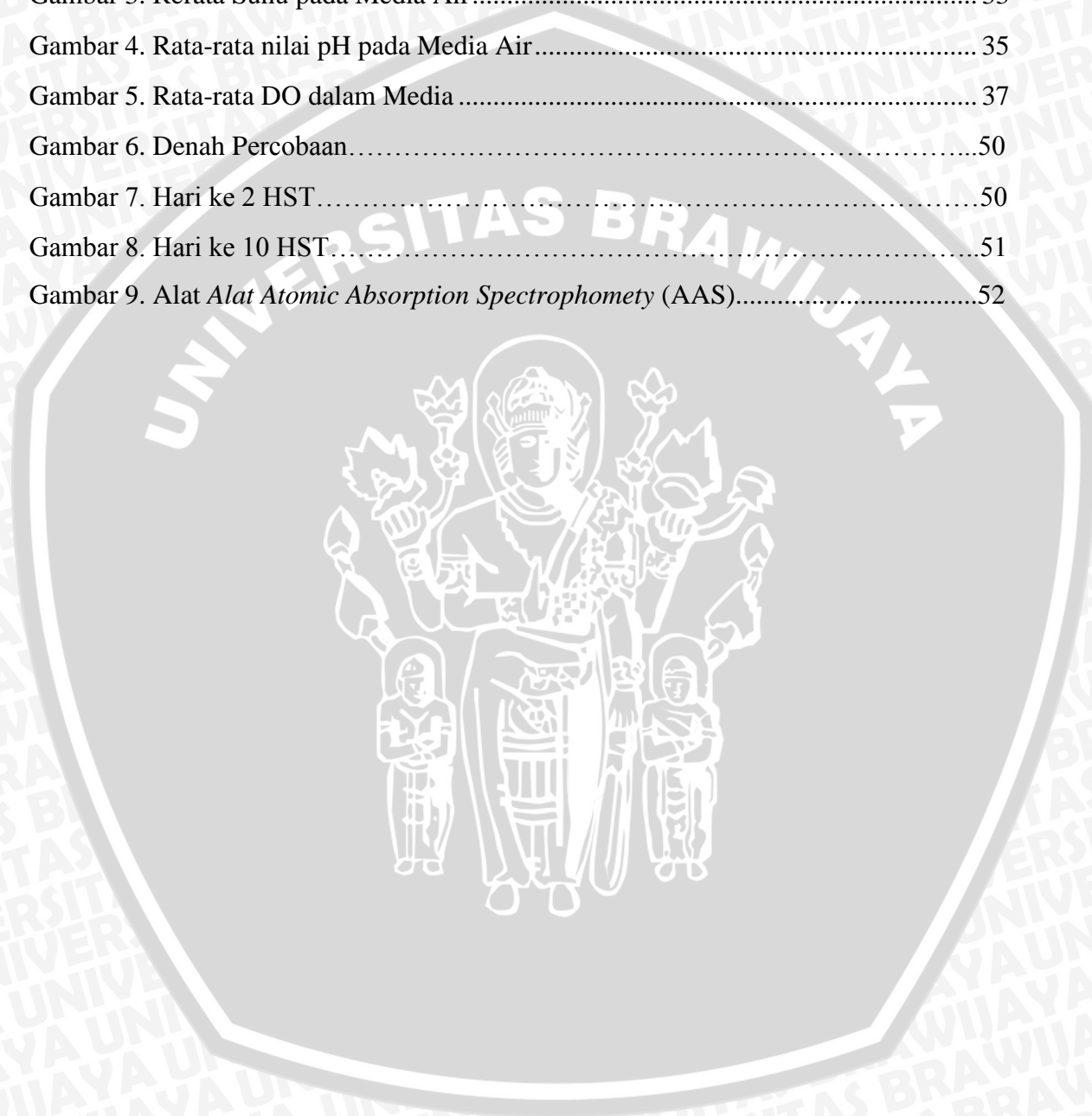
**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Perlakuan yang Diamati dalam Penelitian.....	18
Tabel 2. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) yang Terdeteksi dalam Media Percobaan.....	23
Tabel 3. Rerata Jumlah Kadmium pada Media Air selama Proses Fitoremediasi.....	25
Tabel 4. Rerata Konsentrasi Kadmium 10 HSR.....	26
Tabel 5. Rata-rata Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) yang Terdapat dalam Organ Tumbuhan.....	27
Tabel 6. Rerata Bobot Kering Tanaman Kayu Apu.....	29
Tabel 7. Rerata Nilai Suhu pada Media Air.....	32
Tabel 8. Rerata Nilai pH pada Media Air.....	34
Tabel 9. Rerata Nilai DO pada Media Air.....	36
Tabel 10. Rerata perubahan BOD.....	39
Tabel 11. Rerata perubahan COD.....	40



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Akumulasi Logam Kadmium pada Media.....	24
Gambar 2. Grafik Penurunan Konsentrasi Kadmium pada Media.....	25
Gambar 3. Rerata Suhu pada Media Air.....	33
Gambar 4. Rata-rata nilai pH pada Media Air.....	35
Gambar 5. Rata-rata DO dalam Media.....	37
Gambar 6. Denah Percobaan.....	50
Gambar 7. Hari ke 2 HST.....	50
Gambar 8. Hari ke 10 HST.....	51
Gambar 9. Alat Alat Atomic Absorption Spectrophometry (AAS).....	52



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Persentase Rerata Penurunan Jumlah Kadmium dalam Media Air .....	46
Lampiran 2. Persentase Rerata Penurunan Jumlah Kadmium dalam Media Air .....	46
Lampiran 3. Rerata Konsentrasi Kadmium yang Terdeteksi dalam Jaringan Tanaman.....	46
Lampiran 4. Analisis Ragam Jumlah Kadmium pada Media Air (10 HST) .....	47
Lampiran 5. Analisis Ragam Bobot Kering Akar Kayu apu .....	47
Lampiran 6. Analisis Ragam Bobot Kering Daun Kayu apu .....	47
Lampiran 7. Analisis Ragam Akumulasi Kadmium pada Akar Tanaman .....	47
Lampiran 8. Analisis Ragam Akumulasi Kadmium pada Daun Tanaman.....	47
Lampiran 9. Analisis Ragam Suhu pada Media Air .....	48
Lampiran 10. Analisis Ragam pH pada Media Air .....	48
Lampiran 11. Analisis Ragam DO pada Media Air .....	48
Lampiran 12. Denah Percobaan.....	50
Lampiran 13. Pengamatan Tanaman Kayu dan Eceng Gondok Selama Fitoremediasi.....	51

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin meningkat membawa dampak positif bagi masyarakat dengan terpenuhinya berbagai macam kebutuhan hidup dan tersedianya lapangan pekerjaan, namun hal ini juga dapat membawa dampak lingkungan. Limbah industri dapat menimbulkan permasalahan lingkungan melalui proses pencemaran. Pencemaran limbah industri dapat terjadi apabila pembuangan limbah dari industri tidak mempunyai unit pengelolaan limbah yang baik, ataupun jika ada, kurang memadai sebagaimana yang diisyaratkan oleh pemerintah. Limbah industri biasanya banyak mengandung logam berat. Menurut Connel dan Miller (2006), logam berat adalah logam dengan berat molekul tinggi, berat jenisnya lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$ .

Bencana ekologis nasional lumpur panas yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur dimulai pada tanggal 28 Mei 2006, saat gas beracun dan lumpur panas menyembur di dekat sumur pengeboran Banjar Panji-1 milik kegiatan pengeboran PT Lapindo Brantas, Inc, yang hingga penelitian ini dilaksanakan masih belum dapat dihentikan merupakan salah satu contoh manajemen industri yang gagal sehingga mengakibatkan kerusakan lingkungan. Lumpur panas tersebut pada Bulan Nopember 2006 telah menutupi sekitar 250 hektar tanah, termasuk tujuh desa, sawah, perkebunan tebu, dan saluran-saluran irigasi, serta telah mengganggu jalur transportasi. Prakiraan volume semburan Lumpur antara  $+50.000 - 120.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Sehingga air yang terpisah dari endapan Lumpur berkisar  $35.000 - 84.000 \text{ m}^3/\text{hari}$

Salah satu upaya untuk menahan semburan lumpur agar tidak menutupi beberapa wilayah disekitar semburan adalah dengan pembuatan tanggul. Tanggul yang awalnya diharapkan dapat membendung area genangan lumpur tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Hal ini disebabkan jumlah lumpur yang terus bertambah setiap hari, sehingga merusak tanggul dan mengancam pemukiman di sekitarnya. Untuk pengendalian lumpur selanjutnya, maka dalam hal ini pemerintah berperan dalam memberikan kebijakan sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia pada Sidang Kabinet Paripurna tanggal 27 September 2006, skenario pengendalian lumpur sebagian dialirkan ke Sungai Porong untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang lebih

parah sehingga membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya.

Pembuangan lumpur lapindo ke laut melalui sungai porong mempunyai dampak negatif bagi masyarakat yang memanfaatkan sungai porong dalam menjalankan aktivitasnya. Dampak negatif ini khususnya dirasakan oleh petani di sekitar sungai porong. Petani yang berada di sekitar sungai porong memanfaatkan air sungai untuk mengairi lahan yang mereka miliki. Hasil penelitian Walhi (Wahana Lingkungan Hidup Indonesia) Jawa Timur menunjukkan bahwa lumpur Lapindo mengandung logam berat Cd dan Pb yang berada diatas ambang batas. Kadar kadmium (Cd) pada sedimen sungai Porong mencapai 0,2571 ppm, dan pada air sungai Porong mencapai 0,0271 ppm. Kandungan timbal (Pb) pada sedimen sungai Porong mencapai 3,1018 ppm dan 0,6949 ppm pada air sungai Porong, padahal menurut Kep. Menkes. No. 907/2002 mengenai kadar maksimal logam berat di air hanya diperbolehkan untuk Cd 0,003 ppm, Cu 1 ppm, Pb 0,05 ppm dan Cr 0,05 ppm. Adanya logam berat pada sungai porong yang dimanfaatkan sebagai sumber pengairan pada lahan di sekitar sungai porong mengakibatkan lahan-lahan berpotensi tercemar oleh logam berat.

Kadmium (Cd) yang merupakan salah satu logam berat yang terkandung dalam pembuangan limbah industri. Pada umumnya, logam berat yang terkandung dalam limbah industri dan dapat menyebabkan pencemaran adalah Cd, Cr, Cu, Hg, dan Pb. Logam kadmium (Cd) yang mencemari perairan akan memberikan dampak negatif bagi biota di dalamnya. Manusia yang mengkonsumsi bahan makan yang mengandung logam kadmium (Cd) akan berdampak negatif bagi kesehatan. Flora (2009) menjelaskan bahwa kadmium umumnya terakumulasi di dalam hepar dan ginjal.

Dalam bidang pertanian logam kadmium (Cd) merupakan unsur yang berbahaya bagi tanaman. Schutzendubel *et al.*, (2001) menjelaskan logam kadmium dapat menimbulkan toksitisa yang tinggi bagi tumbuhan. Semua data menunjukkan bahwa kadmium menghambat pertumbuhan normal tumbuhan. Selain itu juga menyebabkan gangguan potensi genetik hasil pertanian. Berkurangnya produksi biomassa karena keracunan kadmium berhubungan langsung dengan berkurangnya sintesis klorofil dan fotosintesis. Beberapa penelitian menunjukkan pengurangan laju fotosintesis untuk tumbuhan yang berbeda karena perlakuan dengan kadmium. Konsentrasi kadmium yang tinggi pada media tumbuh, menghambat pertumbuhan tanaman dan mengganggu beberapa kerja enzim, serta reaksi fotokimia.

Salah satu alternatif pengolahan air terkontaminasi logam berat, khususnya untuk mereduksi kandungan logam berat dalam air tercemar logam berat adalah fitoremediasi. Menurut Dhir *et al.* (2009), salah satu teknik rehabilitasi kualitas air yang mudah diterapkan, tidak memerlukan biaya yang tinggi dan ramah lingkungan adalah teknik fitoremediasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon.

Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan fitoremediator adalah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solms.). Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan jenis tanaman mengapung (*floating*). Jenis tanaman ini dapat dijadikan sebagai fitoremediator karena tingkat pertumbuhannya dan kemampuannya dalam menyerap hara dalam air tinggi. Tanaman kayu apu dan eceng gondok mempunyai akar yang bermanfaat menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan unsur-unsur hara dari air.

Jadi, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai fitoremediator logam cadmium (Cd) yang terkandung pada lumpur lapindo yang telah mencemari area di sekitarnya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana konsentrasi logam kadmium (Cd) pada media yang mengandung berbagai kandungan lumpur lapindo
2. Apakah kandungan lumpur lapindo pada media mempengaruhi penurunan logam kadmium pada media
3. Bagaimana akumulasi logam kadmium (Cd) pada kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang dipaparkan pada media yang mengandung berbagai pencemaran lumpur lapindo

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui konsentrasi logam kadmium (Cd) pada media yang mengandung berbagai kandungan lumpur lapindo.
2. Untuk mengetahui pengaruh lumpur lapindo yang terdapat pada media dalam penurunan logam kadmium
3. Untuk mengetahui akumulasi logam kadmium (Cd) pada tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang dipaparkan pada media terkontaminasi kadmium (Cd) dengan berbagai konsentrasi

### 1.4. Hipotesis

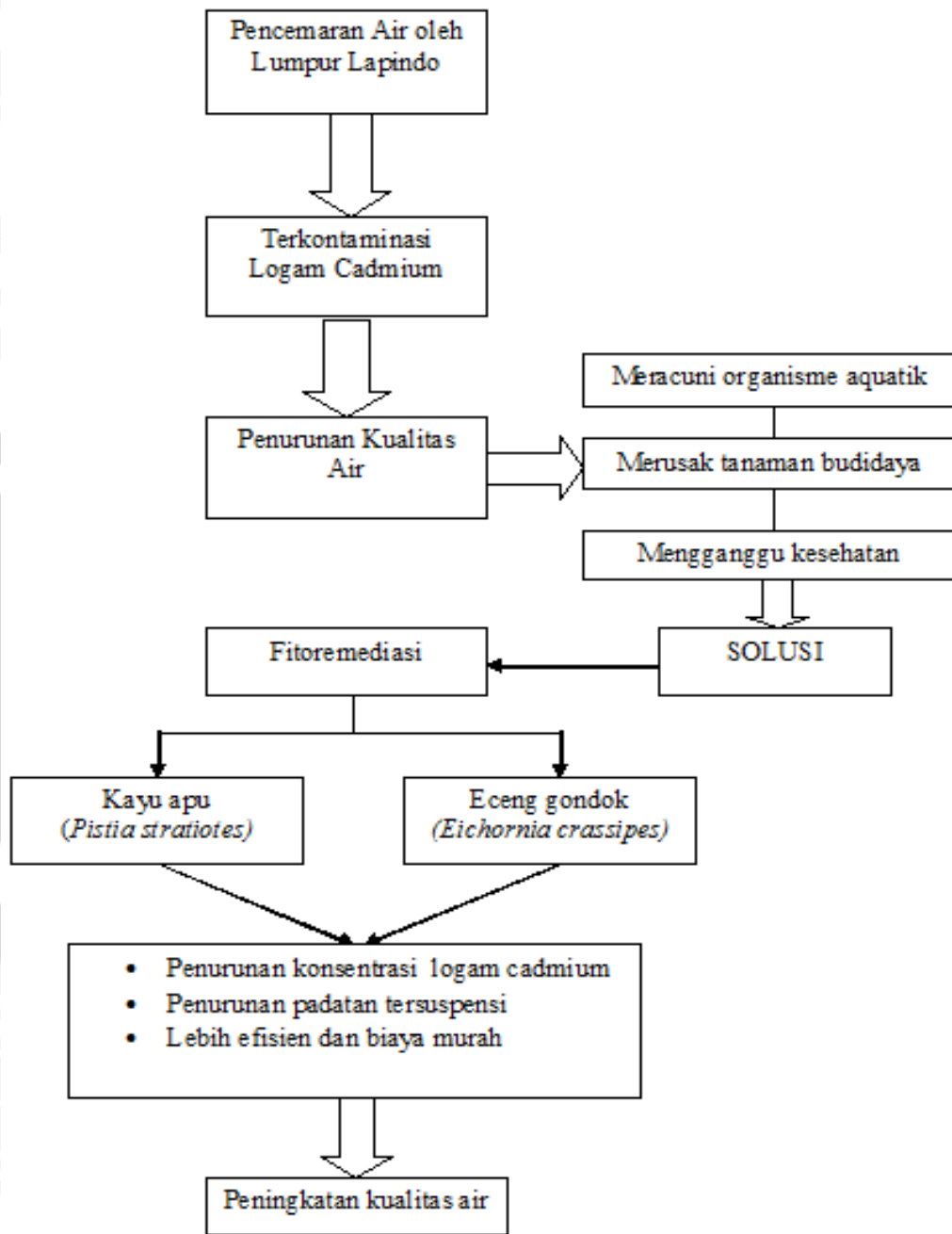
1. Kandungan lumpur lapindo yang terdapat pada media mempengaruhi penurunan logam kadmium (Cd)
2. Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dapat bertahan hidup dan mengakumulasi logam pada media yang tercemar kontaminasi lumpur lapindo tertinggi yaitu 40%.
3. Akumulasi logam kadmium yang terdapat pada tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) lebih tinggi dibandingkan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*)

### 1.5. Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah sebagai informasi bagi masyarakat khususnya petani di sekitar sungai porong agar mengetahui dampak logam berat kadmium (Cd) yang terkandung pada air irigasi yang berasal dari air sungai porong dan memberi solusi untuk mengurangi akumulasi logam berat dalam air irigasi tersebut dengan melakukan fitoremediasi dengan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*).



1.6. Alur Pikir



## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Logam Berat

Apperonth (2010) mendefinisikan logam berat adalah unsur yang mempunyai karakter fisika sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Duruibe (2007) menjelaskan Logam berat meliputi tembaga (*cuprum/Cu*), timbal (*plumbum/Pb*), kadmium (*Cd*), seng (*zinc/Zn*), raksa (*hydragyrum/Hg*), arsenik (*As*), perak (*argentum/Ag*), kromium (*Cr*), besi (*ferrum/Fe*), dan kelompok logam platina (*Pt*). Dalam kadar rendah, logam berat pada umumnya beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Logam berat merupakan suatu indikator pencemaran dan kerusakan suatu lahan. Kandungan logam berat di dalam tanah pada umumnya sangat rendah, kecuali tanah tersebut merupakan daerah pertambangan atau tanah tersebut sudah tercemar.

Kandungan logam berat yang terkandung di dalam suatu media biasanya dinyatakan dalam ppm (*Part per Million*). Menurut Sugiyarto (2000), ppm didefinisikan sebagai massa zat terlarut (dalam mg) dalam 1000 mL larutan. Secara matematis ppm dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\text{Massa zat terlarut (mg)} \times 10^6}{\text{Massa Larutan (mg)}}$$

Kurnia (2003) menjelaskan penyebab terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan khususnya lahan pertanian adalah adanya dampak turunan pencemaran gas rumah kaca, bahan-bahan agrokimia, limbah industri dan aktivitas pertambangan. Kegiatan pertambangan seperti pengeboran minyak bumi yang dilakukan oleh PT Lapindo Brantas, Sidoarjo, Jawa Timur merupakan contoh aktivitas yang potensial menimbulkan dampak yang tidak menguntungkan bagi lahan pertanian dan lingkungan sekitarnya, karena dapat mengakibatkan tanah pada daerah tersebut mengandung logam berat. Duruibe *et al.* (2007) menjelaskan bahwa logam berat merujuk pada elemen logam yang memiliki kepadatan yang tinggi dan bersifat toksik atau racun bahkan pada konsentrasi yang rendah. El-Said *et al.* (2010) menambahkan sebagian besar logam diketahui bersifat toksik atau racun dan sebagian diantaranya dilepaskan ke lingkungan dalam jumlah yang dapat menimbulkan resiko pada kesehatan manusia.

Pencemaran logam berat yang tidak terkendali, memberi peluang terakumulasinya logam tersebut dalam lingkungan. Akumulasi dapat terjadi pada

habitat tanaman pertanian yang diketahui mudah sekali tumbuh dalam lingkungan tercemar. Logam berat dapat terserap ke dalam jaringan tanaman melalui akar dan stomata daun, selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan. Darmono (2006) mengatakan kontaminasi logam dalam tanah pertanian bergantung pada jumlah logam yang ada pada batuan tempat tanah terbentuk, jumlah mineral yang ditambahkan pada tanah sebagai pupuk, jumlah deposit logam dari atmosfer yang jatuh ke dalam tanah, dan jumlah yang terambil pada proses panen ataupun merembes ke dalam tanah yang lebih dalam

Parameter yang mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan adalah suhu, Ph, dan padatan tersuspensi total atau *total suspended solid* (TSS). Suhu sangat berpengaruh terhadap daya racun logam berat dalam perairan, dimana semakin tinggi suhu akan semakin memperkuat daya racun logam berat tersebut. Derajat keasaman (pH) suatu perairan sangat mempengaruhi kelarutan logam berat.

### 2.1.1. Pengaruh logam berat terhadap tanaman

Nasution *et al.* (2003) menyatakan kadmium adalah salah satu unsur yang tidak esensial bagi tanaman. Faktor-faktor yang mempengaruhi banyaknya serapan logam oleh tanaman adalah pengawasan terhadap konsentrasidan spesiasi logam dalam larutan tanah, pergerakan logam dari tanah kepermukaan akar, transportasi logam dari permukaan akar ke dalam akar, dan translokasi dari akar ke pucuk. Konsentrasi berlebihan dari logam esensial dan nonesensial menghasilkan fitotoksisitas. Mekanisme yang memungkinkan untuk terjadinya hal tersebut adalah antara lain perubahan permeabilitas dari membran sel, reaksi dari kelompok *sulphydryl* (-SH) dengan kation, persaingan tempat dengan metabolit esensial, reaksi afinitas dengan kelompok fosfat dan kelompok aktif dari ADP/ATP, penggantian ion esensial, tempat bekerja dari kelompok esensial seperti posfat dan nitrat. Meskipun keracunan relatif dari logam-logam berbeda untuktanaman dapat berubah dengan genotipe tanaman dan kondisi percobaan, logam Hg, Cu, Ni, Pb, Co, Cd, dan mungkin juga Ag, Be dan Sn dalam jumlah yang berlebihan akan sangat beracun untuk tanaman tingkat tinggi dan mikroorganisme.

Ada empat gejala yang ditunjukkan oleh tanaman jika mengalami keracunan logam, yaitu : (1) tanaman terlihat menderita sakit, (2) logam yang berpotensi *phytotoxic* akan terakumulasi dalam jaringan tanaman, (3) abnormalitas yang bukan disebabkan oleh penyakit tanaman yang lain, dan (4) mekanisme biokimia yang

menyebabkan logam menjadi berbahaya bagi tanaman adalah pengamatan selama pertumbuhan.

Mekanisme pencemaran logam secara biokimia pada tumbuhan yang terbagi ke dalam enam proses yaitu: (1) logam mengganggu fungsi enzim, (2) logam sebagai anti metabolit, (3) logam membentuk lapisan endapan yang stabil (kelat) dengan metabolit esensial, (4) logam sebagai katalis dekomposisi pada metabolit esensial, (5) logam mengubah permeabilitas membran sel, (6) logam menggantikan struktur dan elektrokimia unsur yang paling penting dalam sel. Gejala akibat pencemaran logam berat, yakni klorosis, nekrosis pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.

### 2.1.2. Logam Kadmium (Cd)

Gbaruko dan Friday (2007) mengatakan bahwa logam berat kadmium (Cd) secara alami merupakan komponen yang terdapat pada lapisan bumi dan dapat memasuki perairan melalui rangkaian proses geokimia dan aktivitas manusia (*antropogenik*). Zhou *et al.* (2008) menambahkan aktivitas manusia (*antropogenik*) merupakan penyebab utama kontaminasi logam berat Cd pada lingkungan perairan dan menyebabkan gangguan pada sistem biologis karena dapat terakumulasi dengan mudah dalam sedimen maupun organisme. Kadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya kadmium (Cd) terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (*Cadmium oxide*), Chlorine (*Cadmium chloride*) atau belerang (*Cadmium sulfide*). Kebanyakan kadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga kadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik. Kadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida ( $CdCl_2$ ), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat ( $CdCO_3$ ).

Rochyatun dan Rozak (2007) menjelaskan kadmium (Cd) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Patrick (2003) menambahkan kadmium (Cd) merupakan salah jenis logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi, penyebaran yang luas serta memiliki waktu paruh (*biological life*) yang panjang dalam tubuh organisme hidup yaitu sekitar 10-30 tahun karena tidak dapat didegradasi.

Unsur logam kadmium (Cd) sangat toksik terhadap makhluk hidup pada konsentrasi rendah sehingga nilai maksimal yang diperbolehkan pada pakan atau pangan juga pada level yang sangat rendah dibandingkan logam berat lainnya. Menurut Romkens *et al.* (2009), standar Cd yang diperbolehkan pada bahan pangan (*Food Quality Standard*) menurut WHO adalah  $0,2 \text{ mgkg}^{-1}$  dan *Japan / Taiwan Food Quality Standard* menetapkan standard  $0,4 \text{ mgkg}^{-1}$ . Apabila melebihi batasan tersebut akan sangat berbahaya bagi manusia. Menurut Bobocea *et al.* (2008) pada manusia, kadmium dapat bersifat karsinogenik, merusak kelenjar endokrin, sistem kardiovaskular dan juga terdapat pada sistem saraf yang memicu kerusakan neurologis dan berasosiasi dengan kanker paru-paru, prostat, pancreas, dan ginjal. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia.

Kadmium juga sangat berbahaya bagi tanaman. Kadmium dapat menyebabkan tanaman menjadi stress dan tidak dapat menjalankan proses fotosintesis dan metabolisme dengan baik. Smiri dan Ferjani (2010) menjelaskan bahwa pada tanaman, kadmium dapat menginduksi gejala kerusakan peroksisome pada daun (tumbuhan) dengan menginduksi enzim siklus glikosilat, malat sintetase dan isositrat liase yang merupakan peroksisom peptidase. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Rivera *et al.* (2002) bahwa keberadaan logam berat kadmium dalam tumbuhan dapat menimbulkan penurunan pertumbuhan dan produktivitas tumbuhan sehingga akan berakibat pada kematian.

## 2.2. Fitoremediasi

Menurut Feller (2000), fitoremediasi adalah sebuah teknologi untuk membersihkan daerah yang terkontaminasi dengan biaya rendah yang berpotensi diterapkan pada pencemaran lingkungan yang paling parah seperti kontaminasi arsen pada lahan bekas instalasi senjata kimia dan memiliki keuntungan estetis. Firdaus (2000) menambahkan fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang bersifat biologi, yaitu pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk mengurangi polutan lingkungan, baik pada air, tanah, maupun udara, baik yang disebabkan oleh polutan metal maupun organik. Truu *et al.* (2003) menjelaskan salah satu proses biologis tersebut adalah fitoremediasi, yaitu pemanfaatan tumbuhan hijau dan mikroorganisme yang berasosiasi, untuk menyerap, memindahkan, menginaktifkan, serta mengurangi kandungan senyawa toksik dalam tanah.

### 2.2.1 Mekanisme fitoremediasi

Menurut Corseuil dan Moreno (2000), mekanisme tumbuhan sebagai agen fitoremediator dalam menghadapi bahan pencemar beracun adalah

- (i) Penghindaran (escape) fenologis. Apabila pengaruh yang terjadi pada tanaman musiman, tanaman dapat menyelesaikan siklus hidupnya pada musim yang cocok.
- (ii) Eksklusi, yaitu tanaman dapat mengenal ion yang bersifat toksik dan mencegah penyerapan sehingga tidak mengalami keracunan.
- (iii) Penanggulangan (ameliorasi). Tanaman mengabsorpsi ion, tetapi berusaha meminimumkan pengaruhnya. Jenisnya meliputi pembentukan khelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi atau bahkan ekskresi.
- (iv) Toleransi. Tanaman dapat mengembangkan sistem metabolit yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik tertentu dengan bantuan enzim.

### 2.2.2 Persyaratan tanaman untuk fitoremediasi

Menurut Feller (2000) secara alami tumbuhan memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- i. Beberapa famili tumbuhan memiliki sifat toleran dan hiperakumulator terhadap logam berat;
- ii. Banyak jenis tumbuhan dapat merombak polutan;
- iii. Pelepasan tumbuhan yang telah dimodifikasi secara genetik ke dalam suatu lingkungan relatif lebih dapat dikontrol dibandingkan dengan mikroba;
- iv. Tumbuhan memberikan nilai estetika
- v. Perakaran dapat mencapai 100 x 106 km akar per ha, sehingga tumbuhan dapat mengadakan kontak dengan bidang tanah yang sangat luas dan penetrasi akar yang dalam
- vi. Tumbuhan mempunyai kemampuan fotosintesis, sehingga tumbuhan dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan;
- vii. Asosiasi tumbuhan dengan mikroba memberikan banyak nilai tambah dalam memperbaiki kesuburan tanah.

Dalam melakukan proses fitoremediasi, ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam proses tersebut. Tidak semua tanaman dapat digunakan dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Menurut Krolak (2003) tanaman fitoremediator harus tumbuh secara lokal, memiliki tingkat toleransi yang memadai terhadap kontaminan serta hubungan korelasi tinggi antara tingkat kontaminasi dalam lingkungan dan jaringan tanaman. Pemanfaatan tumbuhan untuk remediasi lingkungan sangat ditentukan oleh pemahaman tentang penyerapan logam serta penyerapan dan atau degradasi senyawa organik oleh tumbuhan. Panjaitan (2008) menambahkan tumbuhan harus bersifat hipertoleran agar dapat mengakumulasi sejumlah besar logam berat di dalam batang serta daun. Tumbuhan harus mampu menyerap logam berat dari dalam larutan tanah dengan laju penyerapan yang tinggi. Tumbuhan harus mempunyai kemampuan untuk mentranslokasi logam berat yang diserap akar ke bagian batang serta daun.

### 2.3. Tanaman Eceng Gondok

#### 2.3.1. Klasifikasi

Menurut Hasim Gani (2002), klasifikasi tanaman eceng gondok adalah

Divisi	: Spermatophhyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Suku	: Pontederiaceae
Marga	: Eichhornia
Jenis	: <i>Eichhornia crassies</i>



#### 2.3.2. Deskripsi

Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam lumpur. Tanaman eceng gondok memiliki tinggi 0,4 – 0,8 meter dan tidak mempunyai batang. Daun tanaman eceng gondok merupakan daun tunggal dan membentuk oval, ujung dan pangkal daunnya meruncing, serta pangkal tangkai daunnya mengembang. Permukaan daun eceng gondok licin dan berwarna hijau. Bunga eceng gondok termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Eceng gondok

mempunyai biji berbentuk bulat dan berwarna hitam, buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akar tanaman eceng gondok merupakan akar serabut.

### 2.3.3. Habitat

Eceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air, dan sungai. Tumbuhan ini dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya dengan nutrisi, fosfat, dan potasium. Kandungan garam dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok seperti yang terjadi pada danau-danau di Afrika Barat, dimana eceng gondok akan bertambah sepanjang musim hujan dan akan berkurang saat kandungan garamnya naik pada musim kemarau.

### 2.3.4. Manfaat eceng gondok

Semua komponen tanaman eceng gondok dapat dimanfaatkan. Hasil beberapa penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap polutan logam berat dalam air. Sehingga tanaman ini hanya cocok hidup di air kotor dibandingkan air bersih. Serangkaian penelitian telah dilakukan untuk melihat daya serap logam oleh tumbuhan ini. Hasil yang dilaporkan eceng gondok menyerap logam Pb secara signifikan pada hari ke 7. Kadar logam Pb turun 5,167 ppm (96,4%) pada perlakuan satu rumpun eceng gondok. Untuk serapan logam Fe, pada hari ke 7 eceng gondok menyerap 3,177 ppm (65,45%). Eceng gondok terbukti dapat menyerap logam Pb dan Fe, diyakini juga bahwa eceng gondok dapat menyerap logam-logam lain seperti Hg, Zn, Cu dan Cd yang termasuk pada golongan logam berat bersama Pb dan Fe. Selain sebagai penyerap logam berat, eceng gondok dapat juga menyerap residu pestisida. Eceng gondok juga dapat diolah menjadi bahan baku pupuk, mulsa, media semai, pakan ternak dan lain-lain.

### 2.3.5. Dampak negatif

Akibat negatif yang ditimbulkan eceng gondok antara lain :

- (a) Meningkatnya evapotranspirasi (penguapan dan hilangnya air melalui daun-daun tanaman) karena daun-daunnya yang lebar dan pertumbuhannya yang cepat.



- (b) Menurunnya jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO:*Dissolved Oxygens*)
- (c) Tumbuhan eceng gondok yang sudah mati akan turun ke dasar perairan sehingga mempercepat terjadinya proses pendangkalan.
- (d) Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- (e) Meningkatkan habitat bagi vektor penyakit pada manusia
- (f) Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

### 2.3.6. Penanggulangan

Karena eceng gondok dianggap sebagai gulma yang mengganggu maka berbagai cara dilakukan untuk menanggulangnya. Tindakan yang dilakukan untuk mengatasinya antara lain :

- a). Menggunakan herbisida
- b). Mengangkat eceng gondok tersebut secara langsung dalam perairan
- c). Menggunakan predator(hewan sebagai pemakan eceng gondok)

## 2.4. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

### 2.4.1. Klasifikasi

Menurut Yusuf (2001), Klasifikasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah :

Kingdom	:	Plantae
Subkingdom	:	Tracheobionta
Super Divisi	:	Spermatophyta
Divisi	:	Magnoliophyta
Kelas	:	Liliopsida
Sub Kelas	:	Arecidae
Ordo	:	Arales
Famili	:	<u>Araceae</u>
Genus	:	<u>Pistia</u>
Spesies	:	<i>Pistia stratiotes</i> L.



#### 2.4.2. Deskripsi

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) mempunyai bentuk yang mirip dengan sayuran kol atau kubis yang berukuran kecil. Menurut Yusuf (2001), Kayu apu mempunyai banyak akar tambahan yang penuh dengan bulu-bulu akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk dan ukuran daunnya sangat bervariasi, dapat menyerupai sendok, lidah atau rompong dengan ujung daun yang melebar. Warna daunnya hijau muda makin ke pangkal makin putih. Susunan daun terpusat berbentuk roset. Batangnya sangat pendek, bahkan terkadang tidak tampak sama sekali. Buah buninya bila telah masak pecah sendiri serta berbiji banyak. Selain dengan biji, kayu apu berkembang biak dengan selantar atau stolonya

#### 2.4.3. Habitat

Menurut Yusuf (2001), kayu apu adalah tanaman air yang biasa dijumpai mengapung di perairan tenang atau kolam. Kayu apu terkenal sebagai tumbuhan pelindung akuarium. Tumbuhan ini banyak tumbuh di daerah tropis, terapung pada genangan air yang tenang dan mengalir dengan lambat.

### 2.5. Parameter Kualitas Air

#### 2.5.1 Suhu

Menurut Mukhtasor (2007) suhu merupakan salah satu parameter untuk mempelajari transportasi dan penyebaran polutan yang masuk ke lingkungan laut. Suhu air dipengaruhi oleh radiasi cahaya matahari, suhu udara, cuaca dan lokasi. Radiasi matahari merupakan faktor utama yang mempengaruhi naikturunnya suhu air. Sinar matahari menyebabkan panas air di permukaan lebih cepat dibanding badan air yang lebih dalam. Air mempunyai kapasitas yang besar untuk menyimpan panas sehingga suhunya relatif konstan dibandingkan dengan suhu udara. Perbedaan suhu air antara pagi dan siang hari hanya sekitar 2°C, misalnya suhu pagi 28°C suhu siang 30°C.

Energi cahaya matahari sebagian besar diabsorpsi dilapisan permukaan air. Semakin ke dalam energinya semakin berkurang. Konsentrasi bahan-bahan terlarut di dalam air akan menaikkan penyerapan panas. Suhu air sangat berpengaruh terhadap proses kimia maupun biologi dalam air. Reaksi kimia dan biologi naik dua kali setiap

terjadi kenaikan 10°C. Aktivitas metabolisme organisme akuatik juga naik dan penggunaan oksigenterlarut menjadi dua kali lipat. Penggunaan oksigen terlarut dalam penguraian bahan organik juga meningkat secara drastis.

### 2.5.2. pH

pH didefinisikan sebagai logaritme negatif dari konsentrasi ion hidrogen[H<sup>+</sup>] yang mempunyai skala antara 0 sampai 14. pH mengindikasikan apakah airtersebut netral, basa atau asam. Air dengan pH dibawah 7 termasuk asam dan diatas 7 termasuk basa. pH merupakan variabel kualitas air yang dinamis dan berfluktuasi sepanjang hari. pH asam menunjukkan kandungan logam dalam air tinggi. Perubahan pH dapat terjadi akibat proses fotosintesis yang menggunakan CO<sub>2</sub> oleh tumbuhan air. Karbon dioksida dalam air bereaksi membentuk asam seperti yang terdapat pada persamaan di bawah ini:



Ketika fotosintesis terjadi pada siang hari, CO<sub>2</sub> banyak terpakai dalam proses tersebut. Turunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> akan menurunkan konsentrasi H<sup>+</sup> sehingga menaikkan pH air.

### 2.5.3. Oksigen Terlarut (*dissolved oxygen*)

Menurut Salmin (2000), Oksigen terlarut merupakan variabel kualitas air yang sangat penting. Semua organisme akuatik membutuhkan oksigen terlarut untuk metabolisme. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada suhu dan salinitas. Kelarutan oksigen akan turun jika suhu dan temperatur naik. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan adanya kenaikan suhu air, hewan air akan lebih aktif sehingga memerlukan lebih banyak oksigen. Oksigen masuk dalam air melalui beberapa proses. Oksigen dapat terdifusi secara langsung dari atmosfer setelah terjadi kontak antara permukaan air dengan udara yang mengandung oksigen 21%. Fotosintesis tumbuhan air merupakan sumber utama oksigen terlarut dalam air.

### 2.5.4. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Salmin, 2000).

Waktu yang diperlukan untuk proses oksidasi bahan organik secara sempurna menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O adalah tidak terbatas. Hasil proses oksidasi bahan organik tersebut akan dimanfaatkan oleh tumbuhan air untuk melakukan proses fotosintesis.



## BAB III. METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu

Sampel lumpur sebagai campuran media tanam diambil dari tanggul lumpur lapindo, Kabupaten Sidoarjo. Percobaan dilaksanakan di rumah plastik di daerah Japanan, Kabupaten Pasuruan. Analisis sampel dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian, Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang, dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang pada bulan Maret-Juni 2013.

### 3.2. Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak percobaan berbahan plastik dengan kapasitas volume 10L yang digunakan sebagai tempat media tanam, drum sebagai wadah untuk membawa lumpur ke tempat penelitian, botol sebagai wadah untuk membawa media tanam ke tempat analisis, timbangan analitik untuk mengukur bobot kering tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Alat-alat analisis kualitas air yaitu suhu, pH, DO, BOD, COD, untuk pengukuran kualitas air. Alat yang digunakan dalam analisis laboratorium antara lain, timbangan, cawan petri, saringan, autoklaf, *beaker glass*, stopwatch, cutter, pinset, penggaris, pipet kertas, kaca objek, pengaduk, sentrifuge, botol plastik, shaker, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

#### 3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, air sebagai media tanam, lumpur lapindo sebagai bahan campuran media tanam, aquades untuk proses aklimatisasi, tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang masing-masing mempunyai ukuran seragam dan memiliki daun yang baik, segar, dan tidak menguning yang diambil dari lahan persawahan daerah Karang Ploso, Malang atas dasar pertimbangan lahan ini relatif belum tercemar oleh logam berat, sehingga diduga tidak terdapat akumulasi logam yang berarti dalam

tanaman. Berdasarkan studi pendahuluan lumpur lapindo memiliki kadar logam kadmium yang di atas standart baku mutu.

### 3.3. Rancangan Penelitian

Perlakuan yang diuji coba dalam penelitian ini adalah (1) kandungan lumpur lapindo yang berbeda pada media tanam, (2) jenis tanaman (tanaman kayu apu dan eceng gondok) dan (3) kontrol (media tanpa pencemaran lumpur lapindo). Enam perlakuan dan tiga ulangan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan yang diamati dalam Penelitian

No	Kode	Perlakuan
1.	K1	Kontrol (tanpa polutan) + tanaman kayu apu
2.	K2	Kontrol (tanpa polutan) + tanaman eceng gondok
3.	A1	Media tanam (air 6 L + 4 L lumpur) + tanaman kayu apu
4.	A2	Media tanam (air 7 L + 3 L lumpur) + tanaman kayu apu
5.	A3	Media tanam (air 8 L + 2 L lumpur) + tanaman kayu apu
6.	A4	Media tanam (air 6 L + 4 L lumpur) + tanaman eceng gondok
7.	A5	Media tanam (air 7 L + 3 L lumpur) + tanaman eceng gondok
8.	A6	Media tanam (air 8 L + 2 L lumpur) + tanaman eceng gondok

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Pembuatan media tanam

Pada penelitian, media tanam yang digunakan menggunakan media yang mengandung logam kadmium (Cd). Media yang mengandung logam kadmium diperoleh dari mencampurkan air sebagai media tanam dengan sample padat lumpur lapindo dengan berbagai persentase kandungan. Hal ini diharapkan perlakuan media tanam akan memperoleh berbagai konsentrasi kandungan kadmium (Cd)

#### 3.4.2. Persiapan dan penyortiran tanaman

Tanamakayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) diperoleh dari suatu populasi yang dicuci bersih dan dipilih dengan ukuran yang hampir seragam. Selain itu tanaman yang dipilih harus memiliki daun yang baik, segar dan tidak menguning.

### 3.4.3. Aklimatisasi tanaman

#### 3.4.3. Aklimatisasi Tanaman

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang telah dipilih kemudian diaklimatisasi selama 5 hari. Aklimatisasi ini menggunakan media tanam akuades dan digunakan sebagai stok kultur yang selanjutnya siap dipakai untuk percobaan. Tanaman diaklimatisasi dengan tujuan agar dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya, dan untuk mengurangi logam serta kotoran dalam jaringan akar sehingga diharapkan tanaman dapat menyerap dalam kondisi optimal (Ulfin dan Widya, 2005).

#### 3.4.5. Menanam tanaman ke dalam bak percobaan

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang telah diaklimatisasi kemudian dipopulasikan dengan masing-masing perlakuan mempunyai bobot segar tanaman 50 gr. Selanjutnya ditanam ke dalam bak percobaan yang telah di isi 10 liter sampel air yang terkontaminasi lumpur lapindo. Tanaman ditumbuhkan selama 10 hari. Dasar pertimbangan 10 hari karena kayu apu tidak dapat digunakan sebagai absorben pada pengolahan limbah jangka panjang (Mahdian dan Saadi, 2008). Menurut Suryati dan Priyanto (2003), kayu apu dapat menurunkan konsentrasi kadmium dalam waktu penyerapan hanya 8 hari.

#### 3.4.6. Mengukur parameter utama dan pendukung

Pengukuran parameter utama meliputi analisis kadar kadmium pada media tanam (air) dilakukan tiap 2 hari dari awal sebelum penanaman hingga hari ke-10. Pengukuran kadmium pada jaringan tanaman dilakukan pada hari ke-10 setelah penanaman. Analisis parameter pendukung yang meliputi suhu, pH, DO, BOD, dan COD pada media tanam dilakukan pada sebelum penanaman dan sepuluh hari setelah tanam. Analisis bobot kering tanaman dilakukan pada hari ke-10 setelah penanaman.

##### (1) Kadar kadmium

Kadar awal kadmium dalam sampel air terkontaminasi lumpur lapindo diukur dengan menggunakan *vogel quantitative method*, yakni memasukkan sampel cair ke dalam beaker glass 50 ml, lalu menambahkan HNO<sub>3</sub> encer 2,5 N sebanyak  $\pm$  10-15 ml. Memanaskan sampai mendidih dan mendinginkannya. Mengeringkan sampel tersebut ke dalam labu ukur 50 ml dan menambahkan akuades sampai tanda batas, dan dikocok

hingga homogen. Dilanjutkan dengan menganalisa menggunakan mesin AAS dengan panjang gelombang 540 nm dan mencatat nilai absorbansinya.

**(2) Suhu**

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dalam penelitian ini adalah *thermometer* digital. Prosedur pengukuran suhu yakni mencelupkan termometer digital ke dalam air, ditunggu beberapa saat sampai angka dalam monitor stabil pada angka tertentu, kemudian mencatat nilai yang muncul pada monitor ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**(3) pH**

Nilai pH dapat diukur dengan menggunakan pH meter. Tahapan mengukur pH yakni mengkalibrasi elektroda dengan akuades, lalu mencelupkan elektroda ke dalam air sampai kedalaman yang dikehendaki hingga nilai pH nya stabil/tidak berubah, kemudian mencatat nilai pH nya.

**(4) DO (*Dissolved Oxygen*)**

Untuk menentukan nilai DO, yaitu dengan cara memasukkan elektroda pada larutan kurang lebih 4 cm di bawah permukaannya hingga sensor suhu terendam sehingga membran elektroda tetap mendapat aliran air. Kemudian menggerakkan elektroda ke dalam air dengan gerakan ke atas dan ke bawah, atau mengaduk dengan larutan magnetis. Kemudian, untuk menentukan hasil dengan cara mengetahui persentase (%) kejenuhan.

**(4) BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

Tahapan pengukuran kadar BOD yaitu, mengambil sampel air sebanyak 500 ml dan diencerkan di beaker glass dengan air suling yang sudah diaerasi selama 2 jam, hingga volumenya menjadi 2000 ml. Membagi sampel menjadi 2 botol *winkler*, karena sampel yang diamati yakni sampel hari ke 0 dan 10 HST. Botol tersebut diberi label, misal BOD hari ke 0 dan BOD 10 HST. Menambahkan 1 ml  $\text{MnSO}_4$  dan 1 ml alkali iodide azida ke dalam botol *winkler* BOD hari ke 0, sedangkan botol *winkler* lainnya dimasukkan ke dalam inkubator. Menutup botol *winkler* BOD hari ke 0 dan dikocok hingga homogen dan terbentuk gumpalan yang sempurna, dan membiarkan gumpalan tersebut mengendap 5 sampai 10 menit. Dilanjutkan dengan menambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, menghomogenkan hingga endapan terlarut sempurna. Lalu mengambil 50 ml sampel dengan pipet dan memasukkannya ke dalam Erlenmeyer 150 ml. Meneteskan



indikator amilum berwarna biru, lalu mentitrasi sampel dengan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  sampai warna biru tepat hilang, dan mencatat volume  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  yang digunakan. Begitu juga botol winkler lainnya diukur nilai DO nya sesuai tahapan tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung kadar oksigen terlarut dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Oksigen Terlarut (mg/l)} = \frac{1000 \times V_2 \times N}{V_2 - 2} \times 8$$

Keterangan:

$V_1$	=	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk titrasi
$N$ thio	=	Konsentrasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
$V_2$	=	Volume sampel air yang diperiksa

Setelah didapatkan nilai kadar oksigen terlarut pada botol winkler BOD 0 hari dan BOD 5 hari maka nilai BODnya merupakan selisih nilai kadar oksigen dari kedua botol tersebut (mg/l) kemudian dikalikan faktor 5.

#### (5) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pengukuran nilai COD dengan tahapan yaitu menimbang 0,2 g  $\text{HgSO}_4$  (*Qury Silver Sulfat*). Kemudian memasukkan  $\text{HgSO}_4$  ke dalam tabung reaksi berulir, lalu menambahkan 10 ml sampel (air). Setelah itu menambahkan 5 ml larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ke dalam sampel (jika sampel berubah warna menjadi hijau maka sampel harus diencerkan). Selanjutnya memasukkan tabung ulir yang telah berisi sampel ke dalam oven dengan suhu  $135^\circ\text{C}$  selama 1-2 jam. Setelah di oven, memindahkan larutan ke dalam erlenmeyer 100 ml dan bilas tabung reaksi dengan 20 ml aquades. Kemudian ditambahkan 3 tetes indikator ferroin dan dilanjutkan dengan titrasi dengan FAS sampai sampel berubah warna menjadi merah di akhir titrasi, kemudian mencatat volume *ferro amonium sulfat* yang digunakan dalam titrasi. Selain itu juga membuat “Blanko” menggunakan akuades. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai COD menggunakan rumus:

$$\text{COD (mg/l)} = \frac{1000}{\text{Volume sampel}} \times (A - B) \times N \times 8$$

Keterangan:

A	=	Volume <i>ferro amonium sulfat</i> yang digunakan dalam titrasi
---	---	---

- Blanko
- B = Volume *ferro amonium sulfat* yang digunakan dalam titrasi sampel air
- N = Normalitas *ferro amonium sulfat*
- 8 = Berat ekivalen oksigen

### 3.4.7. Analisis kadmium pada tanaman kayu apu dan eceng gondok

Metode analisis logam kadmium pada sampel padat (kayu apu dan eceng gondok) yakni mengambil sampel tanaman, kemudian menimbang dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu 105°C. Setelah kering dilakukan penimbangan lagi untuk mengetahui berat keringnya. Selanjutnya sampel tersebut diabukan dalam *muffle furnace* dengan suhu 500°C sampai menjadi abu, kemudian di destruksi dengan menambahkan asam nitrat pekat dan dipanaskan sampai larut. Setelah didestruksi, disaring lalu dimasukkan ke dalam labu ukur dan diencerkan sampai tanda tera. Larutan tersebut siap untuk dianalisa kadar logamnya dengan menggunakan AAS.

- Akumulasi kadmium dalam daun dan akar tanaman (mg/kg berat kering) = Kadar kadmium dalam daun/akar x Bobot kering daun/akar tanaman
- Efisiensi akumulasi kadmium oleh kayu apu =  $\frac{\text{Akumulasi kadmium}}{\text{Kandungan kadmium awal}} \times 100\%$

Keterangan :

- Akumulasi kadmium = konsentrasi kadmium dalam jaringan tanaman
- Kandungan Cd awal = Jumlah kadmium awal pada 0 HST: 0,2 mg/l = 1.2 mg (dalam 6 liter)

### 3.5. Analisis Data

Data kuantitatif hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman pada taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Untuk membandingkan perbedaan pengaruh masing-masing perlakuan dilanjutkan dengan uji Duncan.

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Uji Pendahuluan Logam Kadmium (Cd) Pada Media Percobaan

Pada penelitian ini pembuatan media berasal dari campuran lumpur lapindo dengan air keran. Pada media percobaan dimana volume masing-masing media adalah 10L mengandung berbagai kandungan lumpur lapindo. Kandungan lumpur lapindo pada media adalah 4L, 3L, dan 2L. Media yang dibuat dengan kontaminasi lumpur lapindo tertinggi yaitu 4L dalam bak media yang bervolume 10L ditujukan untuk simulasi apabila di suatu daerah terkontaminasi lumpur lapindo dengan tingkat persentase 40%.

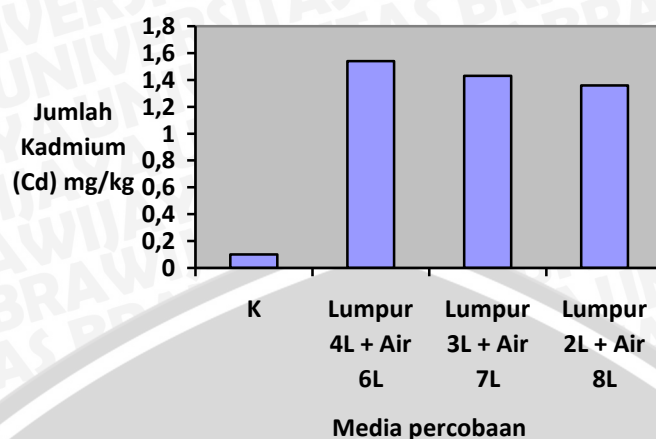
Hasil analisis kimia pada media yang mengandung lumpur lapindo menunjukkan adanya kandungan logam berat Kadmium (Cd). Kandungan logam kadmium pada media dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Kandungan logam berat Kadmium (Cd) yang terdeteksi dalam media percobaan

Media	Konsentrasi Logam Kadmium mg/kg
4L lumpur + 6L air keran (40% lumpur)	1,54
3L lumpur + 7L air keran (30% lumpur)	1,43
2L lumpur + 8L air keran (20% lumpur)	1,36
Kontrol (Tanpa polutan lumpur)	0,10

Hasil analisis pada tabel di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan lumpur lapindo dalam suatu media maka akumulasi logam kadmium (Cd) juga semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat pada media (4L lumpur + 6L air keran) terdapat akumulasi logam kadmium (Cd) sebanyak 1,54 mg/kg. Pada media (3L lumpur + 7L air keran) akumulasi logam kadmium (Cd) lebih sedikit yaitu 1,43 mg/kg. Akumulasi logam kadmium terendah terdapat pada media (2L lumpur + 8L air keran) yaitu 1,36 mg/kg. Pada media kontrol yaitu media yang berasal dari air keran atau tanpa kontaminasi lumpur lapindo mengandung akumulasi logam kadmium (Cd) yang sangat sedikit yaitu 0,1 mg/kg.

Perbedaan akumulasi logam kadmium pada media yang mengandung logam kadmium (Cd) dapat dilihat pada grafik di gambar 1.



Gambar 1. Akumulasi logam kadmium pada media

Logam kadmium (Cd) yang terdapat pada media percobaan merupakan berasal dari lumpur lapindo. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin tinggi kandungan lumpur lapindo maka logam kadmium (Cd) juga semakin tinggi. Logam kadmium (Cd) yang paling rendah terdapat pada media kontrol yaitu air keran. Menurut keputusan MenKes No.907/2002 kadar Cd yang diperbolehkan berada dalam perairan yaitu 0,003 ppm.

Tingginya kandungan logam kadmium pada lumpur lapindo merupakan suatu ancaman bagi daerah yang tercemar oleh lumpur lapindo tersebut. Lumpur lapindo dapat membuat suatu pencemaran khususnya logam cadmium bagi daerah yang terkena dampak pembuangan lumpur lapindo tersebut.

#### 4.2. Jumlah Logam Kadmium dalam Media Percobaan

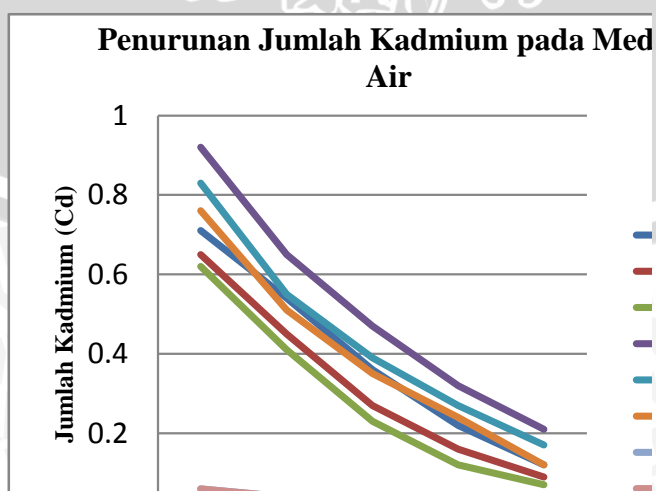
Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa fitoremediasi yang dilakukan selama 10 hari menyebabkan adanya penurunan akumulasi logam kadmium pada media percobaan. Analisis logam kadmium yang terdapat pada media dilakukan setiap 2 hari dengan metode AAS (*Atomic Absorbption Spectrofotometer*). Penurunan akumulasi logam kadmium (Cd) pada media dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rerata Jumlah Kadmium pada Media Air selama Proses Fitoremediasi

Perlakuan	Rerata Penurunan Logam Kadmium dalam air (mg/kg)				
	2 HST	4 HST	6 HST	8 HST	10 HST
K1	0,06	0,04	0,03	0,01	0
K2	0,06	0,04	0,02	0,01	0
A1	0,71	0,54	0,36	0,22	0,12
A2	0,65	0,45	0,27	0,16	0,09
A3	0,62	0,41	0,23	0,12	0,07
A4	0,92	0,65	0,47	0,32	0,21
A5	0,83	0,55	0,39	0,27	0,17
A6	0,76	0,51	0,35	0,24	0,12

Dari data pada tabel di atas menunjukkan bahwa pada media percobaan yang semula terdapat akumulasi logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang tinggi mengalami penurunan hingga hari ke 10 setelah dilakukannya remediasi. Hal ini dapat dilihat konsentrasi awal media percobaan yang menggunakan tanaman kayu apu sebagai remediator yaitu A1 1,54 mg/kg menurun hingga 0,12 mg/kg; A2 1,43 mg/kg menurun menjadi 0,09 mg/kg; A3 1,36 mg/kg menurun menjadi 0,07 mg/kg. Konsentrasi awal media percobaan yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai remediator juga mengalami penurunan yaitu A4 1,54 mg/kg menurun menjadi 0,21mg/kg; A5 1,43 mg/kg menurun menjadi 0,17 mg/kg; dan A6 1,36 mg/kg menurun menjadi 0,12 mg/kg. Penurunan logam kadmium (Cd) juga terjadi pada media kontrol dengan tingkat konsentrasi yang sangat rendah pada hari ke 10 menurun hingga tidak ditemukan adanya akumulasi logam kadmium (Cd).

Perubahan konsentrasi logam kadmium (Cd) yang terakumulasi di dalam media percobaan dapat dilihat pada grafik 2.



Gambar 2. Grafik penurunan jumlah kadmium pada media air

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penurunan logam kadmium di hari ke 10 setelah remediasi pada masing-masing media percobaan terdapat perbedaan yang nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai  $f$  hitung yaitu 84,05 lebih besar dari nilai  $f$  tabel 5% yaitu 2,76 (Lampiran 4). Letak perbedaan penurunan logam kadmium pada masing-masing perlakuan dapat diketahui dengan analisis uji duncan. Dari hasil analisis duncan menunjukkan bahwa semua perlakuan yaitu A1, A2, A3, A4, A5, A6, berbeda nyata terhadap perlakuan kontrol yaitu K1 dan K2. Analisis uji duncan dapat dilihat pada Tabel 4.

Penurunan konsentrasi logam cadmium (Cd) pada media disebabkan oleh adanya pengaruh tanaman kayu apu dan tanaman eceng gondok. Tanaman eceng gondok sering digunakan sebagai fitoremediator. Ingole (2003) menjelaskan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tanaman air yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Stowell *et al.* (2000) menyatakan bahwa tanaman air memiliki kemampuan secara umum untuk menetralkan komponen-komponen tertentu di dalam perairan, dan hal tersebut sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair.

Tabel 4. Rerata konsentrasi kadmium 10 HST

Perlakuan	Rerata Kadmium Pada 10 HST (mg/kg)
K1 (tanpa polutan lumpur) + kayu apu	0 a
K2 (tanpa polutan lumpur + eceng gondok)	0 a
A1 (lumpur 4L + air keran 6L) + kayu apu	1,16 c
A2 (lumpur 3L + air keran 7L) + kayu apu	0,90 bc
A3 (lumpur 2L + air keran 8L) + kayu apu	0,73 b
A4 (lumpur 4L + air keran 6L) + eceng gondok	0,21 e
A5 (lumpur 3L + air keran 7L) + eceng gondok	0,16 d
A6 (lumpur 2L + air keran 8L) + eceng gondok	1,16 c

Keterangan : Angka rerata yang didampingi huruf sama pada kolom sama berarti tidak berbeda nyata menurut Duncan ( $p = 5\%$ )

Perbedaan penurunan konsentrasi logam kadmium (Cd) pada media disebabkan kemampuan tanaman kayu apu dan eceng gondok dalam menyerap logam kadmium yang berbeda. Menurut Vara Prased *et al.* (2002) menyebutkan banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengakumulasi logam dalam jaringannya, bukan hanya pada pemilihan jenis tanaman. Salah satu faktor yang

menyebabkan perbedaan penurunan konsentrasi kadmium (Cd) adalah kandungan lumpur yang berbeda pada masing-masing media percobaan.

#### 4.3. Akumulasi Logam Kadmium dalam Jaringan Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata pada akumulasi logam kadmium dalam jaringan tanaman yaitu masing-masing pada akar dan tajuk tanaman kayu apu maupun tanaman eceng gondok. Pada akar tanaman akumulasi logam kadmium menunjukkan adanya perbedaan pada masing-masing perlakuan, sementara pada tajuk tanaman akumulasi logam tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing perlakuan.

Perbedaan akumulasi logam kadmium dalam jaringan tanaman dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata kandungan logam berat kadmium (Cd) yang terdapat dalam organ tumbuhan

Perlakuan	Rerata Akumulasi Kadmium Dalam Jaringan Tanaman (mg)				
	Akar	Tajuk	Akumulasi Total	Persentase Akumulasi	Rasio Konsentrasi Akar/Daun
K1	0,070a	0,016 a	0,086 a	86	4
K2	0,090a	0,006 a	0,096 a	96	15
A1	1,203 c	0,114 c	1,317 c	86	11
A2	1,195 bc	0,111 c	1,306 c	91	11
A3	1,171 b	0,107 bc	1,279 b	94	11
A4	1,386 f	0,112 c	1,499 e	97	12
A5	1,302 e	0,099 b	1,401 d	98	13
A6	1,230 d	0,091b	1,321 c	97	14

Keterangan :Angka rerata yang didampingi huruf sama pada kolom sama berarti tidak berbeda nyata menurut Duncan ( $p = 5\%$ )

Akumulasi logam kadmium baik pada akar maupun tajuk tanaman dipengaruhi persentase kandungan lumpur dalam media. Semakin tinggi kandungan lumpur maka akumulasi logam kadmium dalam akar dan tajuk tanaman juga semakin tinggi. Berdasarkan data rata-rata akumulasi logam kadmium dalam jaringan tanaman dapat dilihat bahwa rata-rata akumulasi kadmium pada akar lebih tinggi dari daun. Hal ini diketahui dari rata-rata akumulasi kadmium dalam akar tertinggi terdapat pada perlakuan A4 yaitu 1,386 mg sementara dalam daun akumulasi logam tertinggi juga terdapat perakuan A4 yaitu 0,112 mg. Akumulasi logam terendah juga menunjukkan hal yang sama dimana akumulasi logam pada akar yang terendah terdapat pada

perlakuan A3 yaitu 1,171 mg sementara pada daun akumulasi terendah juga terdapat pada perlakuan A3 yaitu 0,107 mg.

Akumulasi kadmium lebih banyak terdapat pada akar disebabkan akar merupakan bagian tanaman yang pertama kali berinteraksi secara langsung dengan kadmium. Tingginya akumulasi logam di akar ini disebabkan tumbuhan menyerap unsur hara beserta logam yang ada dari air melalui akar. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara ke bagian yang lain. Terkait dengan fungsi tersebut, maka akar akan banyak menyerap unsur hara sehingga akumulasi logam akan lebih tinggi di akar dibandingkan dengan batang dan daun.

Konsentrasi kadmium yang besar di dalam air menyebabkan akar menarik logam dengan konsentrasi yang besar dibandingkan dengan bagian lain dari tanaman tersebut. Logam yang lebih dominan terakumulasi pada jaringan akar akan ditranslokasikan ke jaringan lain seperti daun. Translokasi logam dari akar ke bagian bagian tanaman yang lain dilakukan setelah logam berat masuk di dalam akar tanaman untuk selanjutnya didistribusikan kebagian-bagian tanaman yang lain (batang dan daun) melalui jaringan pengangkut (*floem dan xilem*).

Margiati (2006) menjelaskan mekanisme yang ditempuh tumbuhan agar tahan terhadap logam berat, salah satunya adalah ameliorasi (penanggulangan), yakni dengan mengakumulasi logam dalam vakuola sel daun. Ion logam yang diserap oleh akar akibat adanya daya hisap akar dan tekanan akar akan diakumulasikan dalam akar dengan bantuan transpor ligand pada membran sel akar. Selanjutnya ion logam yang terserap kemudian dibawa menuju ke daun. Setelah sampai di daun, ion logam akan melewati plasmalema, sitoplasma, tonoplasma, kemudian memasuki vakuola. Selanjutnya dalam vakuola transpor ligan kompleks membentuk akseptor kompleks logam. Transport ligan dilepas dan terjadi akumulasi logam dalam vakuola daun.

Perbedaan akumulasi logam kadmium pada jaringan tanaman juga dipengaruhi oleh jenis tanaman. Dari data akumulasi logam kadmium pada jaringan tanaman dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan persentase akumulasi tanaman eceng gondok dan tanaman kayu apu. Persentase akumulasi logam kadmium dengan tanaman kayu apu yaitu pada perlakuan A1, A2, dan A3 masing-masing 86, 91, 94 mg lebih kecil dibandingkan persentase akumulasi logam kadmium dengan menggunakan tanaman eceng gondok yaitu pada perlakuan A4, A5, dan A6 dengan nilai masing-masing 97, 98, 97 mg. Perbedaan persentase akumulasi logam dari kedua jenis tanaman tersebut



disebabkan kedua jenis tanaman tersebut memiliki jaringan tanaman yang berbeda. Menurut Knox (2000) Penyerapan logam ditentukan oleh tipe jaringan tanaman dan perlakuan yang diberikan pada tanah. Sing et al (2003) menambahkan penyerapan dan akumulasi kontaminan tergantung pada sifat dan jenis tanaman.

#### 4.4. Bobot Kering Tanaman

Bobot kering merupakan salah satu indikator untuk mengetahui gejala toksis akibat akumulasi logam pada tanaman. Bobot kering yang dianalisis meliputi bobot kering akar dan tajuk. Data analisis ragam bobot kering tanaman dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Rerata Bobot Kering Tanaman Kayu apu

Perlakuan	Rerata Bobot Kering Tanaman (g)		
	Akar	Daun	Total
K1	1,09 g	1,87 b	2,96
K2	1,19 h	3,89 d	5,08
A1	0,24 a	0,82 a	1,06
A2	0,31 b	1,01 a	1,32
A3	0,41 c	1,11 a	1,52
A4	0,47 d	2,07 bc	0,47
A5	0,52 e	2,12 bc	2,64
A6	0,57 f	2,19 b	2,76

Keterangan :Angka rerata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut Duncan ( $p = 5\%$ )

Berdasarkan data analisis ragam pada bobot kering akar tanaman dapat diketahui bahwa perbedaan kandungan lumpur dan jenis tanaman menyebabkan perbedaan yang nyata pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan data rerata bobot kering akar tanaman dapat dilihat pada perlakuan A1, A2, A3, A4, A5, dan A6 masing-masing menunjukkan perbedaan. Semakin besar kandungan lumpur yang berarti tingkat logam kadmium yang tinggi mengakibatkan bobot kering akar tanaman baik tanaman kayu apu maupun tanaman eceng gondok semakin kecil. Pada perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu yaitu pada perlakuan A1, A2, dan A3 rerata bobot kering akar tanaman paling rendah terdapat pada perlakuan A1 (6L air dan 4L lumpur) yaitu 0,24g, sedangkan yang tertinggi pada A3 (8L air dan 2L lumpur) yaitu 0,41g. Pada tanaman eceng gondok juga menunjukkan hal yang sama dengan tanaman eceng gondok dimana pada perlakuan A4, A5, dan A6 rerata bobot kering akar tanaman terendah terdapat

pada perlakuan A4 (6L air dan 4L lumpur) yaitu 0,47 g dan tertinggi pada perlakuan A6 (8L air dan 2L lumpur) yaitu 0,57g. Secara umum rerata bobot kering akar tanaman eceng gondok lebih besar dibandingkan rerata bobot kering akar tanaman kayu apu.

Berdasarkan analisis ragam pada bobot kering tajuk tanaman menunjukkan bahwa perbedaan kandungan lumpur pada masing-masing perlakuan tidak memberikan perbedaan yang nyata baik pada tanaman kayu apu maupun tanaman eceng gondok tetapi perbedaan jenis tanaman memberikan perbedaan yang nyata terhadap bobot kering tajuk tanaman. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu yaitu perlakuan A1, A2, dan A3 bobot kering tanaman tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata terhadap perlakuan A4, A5, dan A6 yang menggunakan tanaman eceng gondok.

Kandungan lumpur yang mempengaruhi perbedaan bobot kering akar tanaman pada masing-masing perlakuan tetapi tidak menyebabkan perbedaan bobot kering tajuk tanaman disebabkan akar tanaman merupakan jaringan yang berhubungan langsung terhadap media tanaman yang telah terkontaminasi lumpur yang mengandung logam kadmium. Lumpur yang terkandung pada media akan melekat pada jaringan akar sehingga menghambat pertumbuhan akar tanaman. Kontaminasi lumpur yang semakin tinggi pada media menyebabkan akumulasi logam kadmium pada akar akan semakin tinggi sehingga bobot kering akar tanaman akan semakin rendah. Logam kadmium yang terkandung di dalam lumpur akan terkumpul dahulu di dalam jaringan akar kemudian akan ditranlokasikan ke jaringan lain. Logam kadmium yang terakumulasi lebih banyak pada akar juga akan menghambat pertumbuhan akar tanaman.

Menurut Priyanto dan Prayitno (2002), Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian jaringan tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (1) Penyerapan oleh akar dalam menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. (2) Translokasi di dalam tubuh tanaman setelah logam masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut, xylem, dan floem ke bagian tumbuhan yang lain. (3) Lokalisasi logam pada jaringan. Untuk mencegah toksisitas

logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar, daun, atau jaringan lainnya.

Dalam menjalankan fungsinya sebagai tanaman fitoremediator, tanaman kayu apu dan eceng gondok juga menunjukkan gejala-gejala toksisitas akibat logam kadmium yang terakumulasi dalam jaringan tanaman. Gejala-gejala tersebut seperti akar yang seperti membusuk, batang yang layu, ataupun gejala klorosis seperti daun yang layu dan berwarna coklat. Widagdo (2005) mengatakan bahwa pencemaran logam berat pada tanaman menunjukkan gejala seperti klorosis, nekrosis pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal. Logam kadmium yang terakumulasi dalam jaringan tanaman kayu apu dan eceng gondok akan menghambat fotosintesis dan metabolisme tanaman. Haryanti (2009) mengatakan adanya kandungan bahan pencemar, dapat berpengaruh langsung pada enzim-enzim yang terlibat dalam mempercepat atau menghambat biosintesis senyawa senyawa metabolit primer seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Senyawa tersebut berperan sebagai bahan respirasi yang menghasilkan ATP untuk pembelahan ujung akar, pembelahan meristem untuk membentuk tunas baru, penyerapan air untuk transpirasi dan pembelahan inisiasi sel stomata. Hal tersebut dibenarkan Rivera-Becerril *et al.* (2002) bahwa keberadaan logam berat kadmium dalam tumbuhan dapat menimbulkan penurunan pertumbuhan dan produktivitas tumbuhan sehingga akan berakibat pada kematian.

#### 4.5. Parameter Kualitas Air

##### 4.5.1. Suhu

Pada penelitian ini, suhu awal media yaitu campuran lumpur dan air keran sebelum dilakukannya remediasi logam kadmium (cd) oleh tanaman kayu apu dan eceng gondok menunjukkan rata-rata 31°C dan suhu kontrol 29°C. Fitoremediasi dapat menyebabkan adanya terjadi perubahan suhu. Hal ini dapat dilihat setelah dilakukan remediasi, suhu pada media rata-rata menunjukkan penurunan pada hari ke 10. Pada semua perlakuan yaitu perlakuan A1, A2, A3 A4, A5, A6 menunjukkan suhu rata-rata pada hari ke 10 adalah 26°C. Pada perlakuan kontrol penurunan suhu juga terjadi pada hari ke 10 yaitu suhu rata-rata adalah 26°C.

Dari hasil analisis ragam pengaruh perlakuan fitoremediasi terhadap rata-rata nilai suhu menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara pada suhu awal dengan suhu setelah remediasi yaitu pada akhir penelitian selama 10 hari. Dari hasil analisis

ragam, pada masing-masing perlakuan penurunan suhu pada hari ke 10 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai Fhitung lebih kecil dari nilai Ftable 5% yaitu nilai masing-masing tersebut adalah 1,707 dan 2,76 (Lampiran 9). Rerata nilai suhu dapat dilihat pada Tabel 7.

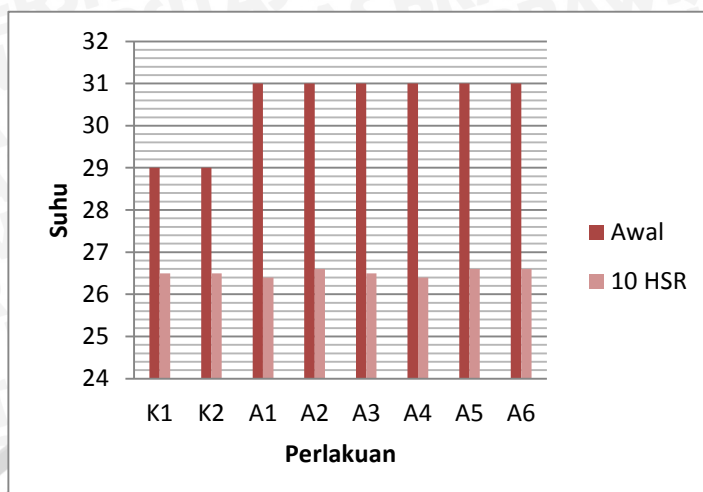
Tabel 7. Rerata Nilai Suhu pada Media Air

Perlakuan	Rerata Perubahan Suhu Pada Air (°C)	
	Sebelum Remediasi	10 HSR
K1	29	26,5 a
K2	29	26,5 a
A1	31	26,4 a
A2	31	26,6 a
A3	31	26,4 a
A4	31	26,4 a
A5	31	26,5 a
A6	31	26,6 a

Keterangan : Angka rerata yang didampingi huruf sama pada kolom sama berarti tidak berbeda nyata menurut Duncan ( $p = 5\%$ )

Berdasarkan hasil penelitian, fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok dapat menurunkan suhu air, dimana suhu rata-rata awal pada semua perlakuan yakni  $31^{\circ}\text{C}$  turun menjadi suhu dengan rata-rata  $26^{\circ}\text{C}$ , dan begitu juga pada kontrol yakni suhu rata-rata awal  $29^{\circ}\text{C}$  menjadi suhu dengan rata-rata  $26^{\circ}\text{C}$ . Penurunan suhu pada media perlakuan maupun kontrol diakibatkan oleh penutupan permukaan media oleh tubuh tanaman baik kayu apu dan eceng gondok. Menurut Sugiarto (2003) suhu  $22 - 25^{\circ}\text{C}$  adalah suhu normal perairan yang memungkinkan berlangsungnya kehidupan secara normal di dalamnya, baik kehidupan hewan maupun nabati

Suhu air sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang hidup di dalamnya. Suhu air mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup. Disamping itu suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap jumlah oksigen terlarut dalam air. Kenaikan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen, namun di lain pihak juga mengakibatkan turunnya kelarutan oksigen dalam air. Kelangsungan hidup makhluk hidup di dalam air akan tetap terjaga apabila suhu air berada pada baku mutu suhu normal.



Gambar 3. Rerata Suhu pada Media Air

#### 4.5.2. pH

pH pada media perlakuan di awal penelitian yakni sebelum dilakukannya remediasi menunjukkan kondisi pH di bawah 7 yang mengindikasikan kondisi derajat keasaman pada semua media perlakuan tersebut adalah asam. Hal ini dapat dilihat nilai rata-rata pH awal media perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu sebagai remediasi A1 4,8; A2 5,4; A3 5,7. Sedangkan nilai rata-rata pH awal pada media perlakuan yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai remediasi adalah A4 4,9; A5 5,3; A6 5,8 . Dari data tersebut menunjukkan semakin banyak kandungan lumpur derajat keasaman atau pH awal mengindikasikan kondisi semakin asam. pH pada media kontrol yakni media tanpa polutan baik yang menggunakan tanaman kayu apu maupun tanaman eceng gondok mengindikasikan kondisi netral. Hal ini dapat dilihat nilai rata-rata pada K1 7,6 dan K2 7,7.

Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok yang dilakukan selama 10 hari menyebabkan terjadi perubahan nilai pH. Hal ini dapat dilihat dari data nilai rata-rata pH hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu sebagai remediasi adalah A1 7,1; A2 6,7; A3 7,3. Sedangkan nilai rata-rata pH hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai remediasi adalah A4 7,5; A5 7,1; A6 7,0

Dari hasil analisis ragam pengaruh perlakuan fitoremediasi terhadap rata-rata nilai pH menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara pH awal dengan pH setelah remediasi yaitu pada akhir penelitian selama 10 hari. Dari hasil analisis ragam, pada

masing-masing perlakuan peningkatan pH pada hari ke 10 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai Fhitung lebih kecil dari nilai Ftabel 5% yaitu nilai masing-masing tersebut adalah 0,831 dan 2,76 (Lampiran 10). Hasil dari analisis ragam tersebut menunjukkan peningkatan pH hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan baik antara penggunaan tanaman kayu apu dengan tanaman eceng gondok di menunjukkan perbedaan yang nyata. Peningkatan pH pada media yang memiliki kandungan lumpur yang berbeda juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Rerata nilai pH dapat dilihat pada Tabel 8.

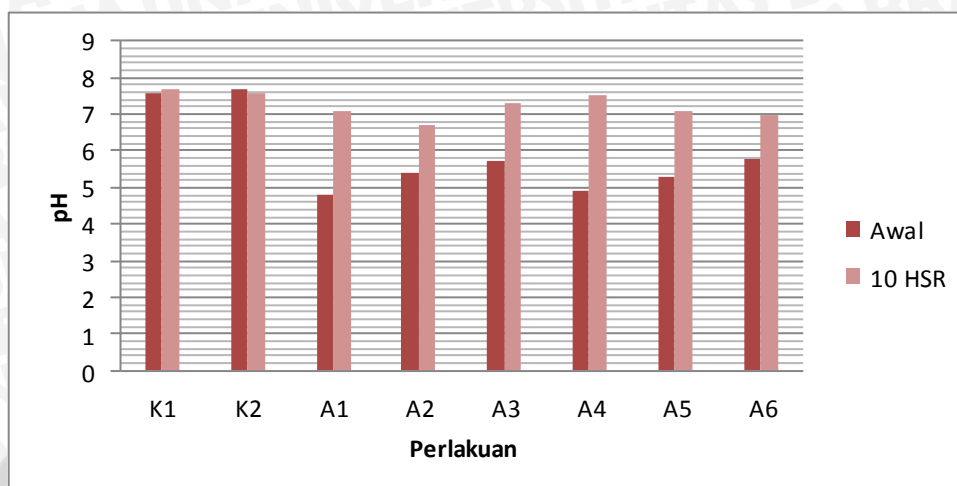
Tabel 8. Rerata Nilai pH pada Media Air

Perlakuan	Rerata Perubahan pH Pada Air	
	Sebelum Remediasi	10 HSR
K1	7.6	7.7
K2	7.7	7.6
A1	4.8	7.1
A2	5.4	6.7
A3	5.7	7.3
A4	4.9	7.5
A5	5.3	7.1
A6	5.8	7.0

Berdasarkan hasil penelitian, fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok dapat meningkatkan pH media. Peningkatan pH disebabkan oleh adanya pengikatan logam yang terkandung pada media oleh tanaman kayu apu dan tanaman eceng gondok. Darmono (2006) menambahkan ada dua faktor yang berhubungan erat dengan penyerapan Cd ke dalam jaringan tanaman, yaitu pH tanah dan konsentrasi Cd dalam tanah. Konsentrasi Cd dalam jaringan tanaman menurun apabila pH tanah naik, dan semakin tinggi konsentrasi Cd dalam tanah akan semakin tinggi pula konsentrasi Cd dalam jaringan tanaman. Kenaikan konsentrasi Cd dalam jaringan tanaman biasanya tidak proporsional dibandingkan dengan peningkatan kandungan Cd dalam tanah.

Berdasarkan peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001 kriteria mutu kualitas air untuk parameter pH berkisar 6-9. Dari hasil penelitian fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok menyebabkan peningkatan nilai rata-rata pH menjadi kriteria yang sesuai dengan baku mutu kualitas air berdasarkan peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001.

Perubahan nilai pH setelah fitoremediasi pat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rata-rata nilai pH pada Media Air

#### 4.5.3. Dissolved Oxygen (DO)

*Dissolved oxygen* (DO) atau disebut juga oksigen terlarut pada media perlakuan di awal penelitian yakni sebelum dilakukannya remediasi menunjukkan kandungan oksigen yang sedikit. Hal ini dapat dilihat nilai rata-rata DO awal media perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu sebagai remediasi adalah A1 4,8; A2 5,0; A3 5,2. Sedangkan nilai rata-rata DO awal pada media perlakuan yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai remediasi adalah A4 4,8; A5 5,0; A6 5,2. Dari data tersebut menunjukkan semakin banyak kandungan lumpur maka oksigen terlarut di dalam media semakin sedikit. Nilai rata-rata DO pada media kontrol yakni media tanpa polutan baik yang menggunakan tanaman kayu apu maupun tanaman eceng gondok adalah 6,1 dimana sesuai dengan peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang baku mutu kualitas air termasuk kategori kelas I.

Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok yang dilakukan selama 10 hari menyebabkan terjadi perubahan oksigen yang terlarut di dalam media. Hal ini dapat dilihat dari data oksigen terlarut hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan yang menggunakan tanaman kayu apu sebagai remediasi adalah A1 3,4; A2 3,8; A3 3,8. Sedangkan oksigen terlarut hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai remediasi adalah A4 3,3; A5 3,4; A6 3,4. Nilai rata-rata DO pada media kontrol baik yang menggunakan

tanaman kayu apu maupun eceng gondok pada hari ke 10 HSR adalah K1 3,5 dan K2 3,3.

Dari hasil analisis ragam pengaruh perlakuan fitoremediasi terhadap rata-rata nilai DO menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara nilai DO awal dengan nilai DO setelah remediasi yaitu pada akhir penelitian selama 10 hari. Dari hasil analisis ragam, pada masing-masing perlakuan penurunan nilai DO pada hari ke 10 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai Fhitung yakni 0,471 lebih kecil dari nilai Ftable 5% yakni 2,76. Hasil dari analisis ragam tersebut menunjukkan penurunan nilai DO hari ke 10 setelah remediasi pada media perlakuan baik antara penggunaan tanaman kayu apu dengan tanaman eceng gondok tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Kandungan lumpur yang berbeda pada masing-masing perlakuan tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata terhadap penurunan nilai rata-rata DO. Pada media kontrol penurunan nilai rata-rata DO juga terjadi. Dari hasil analisis ragam tersebut juga menunjukkan penurunan nilai DO pada 10 HSR antara media perlakuan dengan media kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Rerata nilai DO dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rerata Nilai DO pada Media Air

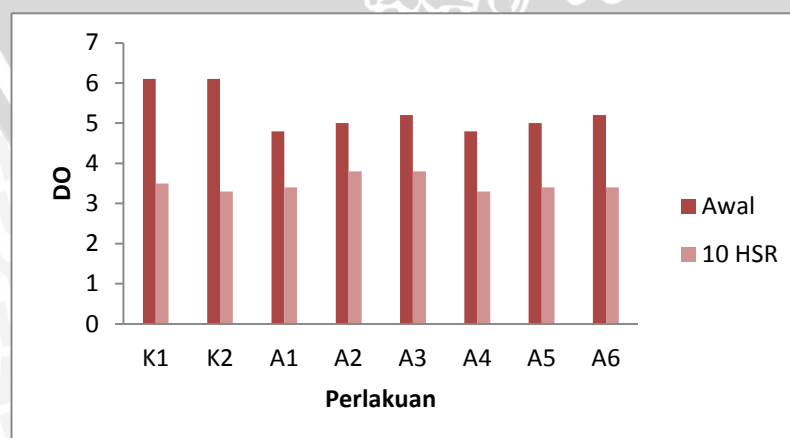
Perlakuan	Rerata Perubahan DO Pada Media	
	Sebelum Remediasi	10 HSR
K1	6.1	3.5
K2	6.1	3.3
A1	4.8	3.4
A2	5.0	3.8
A3	5.2	3.8
A4	4.8	3.3
A5	5.0	3.4
A6	5.2	3.4

Oksigen merupakan faktor penting untuk respirasi makhluk hidup. Menurut Kehidupan makhluk hidup di dalam air tergantung dari kemampun air untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupan. Menurut Salmin (2000) sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut



Pengolahan media yang telah terkontaminasi lumpur lapindo dengan teknik fitoremediasi diharapkan dapat meningkatkan nilai oksigen terlarut, namun yang terjadi pada penelitian justru sebaliknya. Hasil pengukuran nilai oksigen terlarut pada akhir perlakuan yaitu 10 hari setelah remediasi mengalami penurunan yakni nilai rata-rata DO berkisar 3. Penurunan oksigen terlarut tidak hanya terjadi pada media terkontaminasi lumpur tetapi penurunan oksigen terlarut juga terjadi pada media kontrol yaitu media tanpa kontaminasi lumpur. Nilai rata-rata DO baik pada media perlakuan maupun pada media kontrol yang mencapai 3 termasuk rendah untuk mendukung kehidupan organisme perairan.

Penurunan nilai DO tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh tidak adanya aliran air. Pada percobaan ini, media perlakuan dan kontrol pada kondisi yang tetap dan berada dalam bak tanpa aerasi (aliran air) sehingga mengakibatkan rendahnya oksigen terlarut. Penutupan permukaan media perlakuan dan kontrol oleh tanaman dapat menurunkan oksigen terlarut. Perlakuan dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok sebagai fitoremediator mengakibatkan luas permukaan yang terkena udara bebas lebih sedikit sehingga nilai oksigen terlarut menurun lebih cepat. Area penutupan permukaan air oleh kedua tanaman akan mempengaruhi oksigen bebas untuk larut dalam media tersebut. Dari hasil penelitian, penurunan oksigen terlarut antara kayu apu dan eceng gondok tidak berbeda nyata, akan tetapi dari penurunan nilai DO pada media yang menggunakan tanaman eceng gondok sedikit lebih tinggi dibandingkan tanaman kayu apu. Hal ini disebabkan tanaman eceng gondok yang mempunyai morfologi tajuk lebih lebar dibandingkan tanaman kayu apu sehingga lebih rapat dalam menutupi permukaan air. Perubahan nilai DO dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Rata-rata DO dalam Media

#### 4.5.4. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Nilai BOD sebelum remediasi pada masing-masing perlakuan berbeda. Perbedaan nilai BOD tersebut dipengaruhi oleh kandungan lumpur yang berbeda. Perlakuan yang mempunyai kandungan lumpur semakin banyak maka BOD juga akan semakin tinggi. Nilai BOD tertinggi terdapat pada perlakuan yang memiliki kontaminasi lumpur tertinggi yaitu pada perlakuan A1 dan A4 (4L lumpur + 6L air) dengan nilai BOD 14,2 ppm. Nilai BOD terendah terdapat pada perlakuan yang memiliki kontaminasi lumpur terendah yaitu perlakuan A3 dan A6 (2L lumpur + 8L air) dengan nilai BOD 7,8 ppm. Menurut Sugiarti (2002) nilai BOD 5-15 ppm termasuk dalam kategori tercemar sedang.

Fitoremediasi diharapkan untuk menurunkan nilai BOD yang pada awalnya yang sudah tinggi akibat kontaminasi lumpur. Tetapi, nilai BOD setelah fitoremediasi yang dilakukan selama 10 hari cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan A1 nilai BOD 43,5 ppm dan A4 48 ppm sedangkan pada A3 13,75 ppm dan A6 12,75 ppm. Peningkatan nilai BOD disebabkan jumlah oksigen yang terlarut untuk menguraikan senyawa organik oleh mikroorganisme semakin tinggi. Hal ini disebabkan kandungan senyawa organik pada hari 10 setelah fitoremediasi meningkat dimana sumber senyawa organik tersebut berasal dari organ-organ tanaman seperti akar maupun daun yang mati akibat terkena toksitas terlarut dalam media yang kondisinya tidak ada aliran. Aliran air yang tidak ada menyebabkan organ-organ tanaman yang mati akan tertumpuk pada media tersebut. Menurut Effendi (2003) Secara tidak langsung, BOD merupakan gambaran kadar bahan organik yaitu sejumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Data nilai BOD dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 2. Rerata perubahan BOD

Perlakuan	Rerata Perubahan BOD Pada Media (ppm)	
	Sebelum Remediasi	10 HSR
K1	4	6
K2	4	5,15
A1	14,2	43,5
A2	11,5	53,5
A3	7,8	13,75
A4	14,2	48
A5	11,5	22
A6	7,8	12,75

#### 4.5.5. Chemical Oxygen Demand (COD)

Nilai COD sebelum dilakukannya remediasi oleh tanaman tergolong tinggi akibat adanya kontaminasi lumpur. Kontaminasi lumpur yang semakin tinggi menyebabkan nilai COD juga semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan yang memiliki kontaminasi lumpur tertinggi yaitu pada perlakuan A1 dan A4 (Lumpur 4L + Air 6L) memiliki nilai COD 72,8 ppm. Perlakuan yang terkontaminasi lumpur yang rendah yaitu perlakuan A3 dan A6 (Lumpur 2L + Air 8L) memiliki nilai COD 32,6 ppm.

Nilai COD diharapkan mengalami penurunan setelah dilakukannya fitoremediasi akan tetapi setelah dilakukannya fitoremediasi nilai COD cenderung meningkat. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan A1 nilai COD menjadi 119,5 ppm dan A4 170,5 ppm. Pada perlakuan A3 nilai COD menjadi 52,81 dan pada A6 menjadi 42,32 ppm. Peningkatan nilai COD disebabkan senyawa organik mengalami peningkatan pada saat proses fitoremediasi. Senyawa organik berasal dari bagian organ tanaman yang mati terkena toksitas pada saat proses remediasi ikut terlarut pada media yang kondisinya tergenang.

Nilai COD lebih besar dibandingkan nilai BOD. Menurut Sugiarti (2002) kebutuhan oksigen kimia (COD) pada umumnya lebih besar dari kebutuhan oksigen biokimia (BOD), karena jumlah senyawa kimia yang biasdioksidasi secara kimiawi lebih besar dibandingkan secara biologis. Data nilai COD dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 3. Rerata perubahan COD

Perlakuan	Rerata Perubahan COD Pada Media	
	Sebelum Remediasi	10 HSR
K1	10	15,77
K2	10	11,77
A1	72,8	119,5
A2	58,4	105
A3	32,6	52,81
A4	72,8	170,5
A5	58,4	61,95
A6	32,6	42,32



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Semua perlakuan menunjukkan adanya penurunan kadar logam kadmium (Cd) pada hari ke-10 setelah tanam yaitu nilai rerata kadmium (Cd) pada perlakuan A1=0,12 mg, A2=0,09 mg, A3=0,07 mg, A4=0,21 mg, A5=0,17mg, A6=0,12 mg
2. Kandungan Lumpur dan jenis tanaman mempengaruhi berkurangnya kadar logam kadmium pada media
3. Akumulasi kadmium (Cd) pada tanaman eceng gondok yaitu perlakuan A4=97%, A5=98%, A6=97% lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kayu apu yaitu perlakuan A1=86%, A2=91%, A3=94%
4. Suhu media mengalami penurunan setelah dilakukannya fitoremediasi
5. pH media mengalami peningkatan setelah dilakukannya fitoremediasi
6. DO pada media mengalami penurunan setelah dilakukannya fitoremediasi
7. Nilai BOD dan COD mengalami peningkatan setelah dilakukannya fitoremediasi

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan adanya penelitian lanjutan mengenai upaya peningkatan penyerapan kadmium pada media yang kondisi air nya mengalir untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal

## DAFTAR PUSTAKA

- Apperonth, K.J. 2010. Defenition of Heavy Metal and Their Role in Biological Systems. Chapter 2. Soil Heavy Metals, *Soil Biology*. Vol. 19
- Bobocea, A.C., Fertig, E.T., Pislea, M., Seremet, T., Katona, G., Magdalena Mocanu, I.O., Doagă, I.O., Radu, E., Horváth, J., Tanos, E., Katona, L., and Katona, E., 2008. Cadmium and Soft Laser Radiation Effects on Human T Cells Viability and Death Style Choices. *Romanian J. biophys*, Vol. 18, pp, 179–193.
- Connell, Des. W. and Miller, Gregory. J. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan oleh Yanti Koestoer. 2006. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Corseuil, H.X and Moreno, F.N. 2000. *Phytoremediation Potential Of Willow Trees For Aquifers Contaminated With Ethanol-Blended Gasoline*. PergamonPress. Elsevier Science Ltd.
- Darmono. 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Pertama. Penerbit Universitas Indonesia (UI-PRESS). Jakarta. 179p
- Dhir, B., Sharmila., Saradhi, P and Nasim, S.A. 2009. Physiological and Antioxidant Responses of *Salvinia natans* Exposed to Chromium-Rich Wastewater. *Ecotoxicology and Environmental Safety* Volume 72, Issue 6, Pages 1790-1797.
- Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., and Egwurugwu, J.N. 2007. Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects. Full Length Research Paper. *International Journal of Physical Sciences*, Vol 2 (5): 112-118, May 2007.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius: Yogyakarta
- El-said, A.G., Badawy, N.A., and Garamon, S.E. 2010. Adsorption of Cadmium (II) and Mercury (II) Otto Natural Adsorbent Risk Husk Ash (AHA) from Aqueous Sollutions: Study in Singlet and Binary System. *Journal of American Science*, Vol 6 (12), 2010
- Feller AK. 2000. Phytoremediation of soils and waters contaminated with arsenicals from former chemical warfare installations. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 771-786.
- Firdaus, LN. 2000. Teknologi Fitoremediasi Lingkungan. Dalam [http://www.terranel.or.id/goto\\_berita.php?id=14350](http://www.terranel.or.id/goto_berita.php?id=14350)
- Flora, S. J. S. 2009. Metal Poisoning: Treatment and Management. Review Article. Al Ameen. *J. Med. Sci*, Vol 2, pp. 4-26.
- Gani, A., dan Rahman, A.K.M.. 2002. *Journal of Biological Science*, 2(8), 558-559.
- Gbaruko, B.C., and Friday, O.U. 2007. Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Fauna and Flora. Email: bgbaruko@yahoo.com. Diakses 03 September 2010.
- Haryanti, Sri, Nintya Setiari, Rini Budi Hastuti, Endah Dwi Hastuti, dan Yulita Nurchayati. 2009. Respon Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichornia*

- crassipes* (Mart) Solm) di Berbagai Perairan Tercemar. **Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi**. Vol.10,No1:30- 40.Hasim DEA, 2003. *Eceng gondok pembersih Polutan logam berat*, Kompas 2 Juli 2003.
- Ingole NW, Bhole ag. 2003. Removal Of Heavy Metals From Aqueous Solution By Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) . J. Water SRT-Aqua 52: 119-128.
- Knox, A.S., Seaman J., Andriano, D.C., Pierzynski G. 2000. Chemostabilization of metals in contaminated soils. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 811-836.
- Krolak, E. 2003. Dandelion as a heavy metal bioindicator in Eastern Poland. *Ekologija*. Nr. 2 (priedas). P. 33–37.
- Kurnia, U. 2003. Studi Kerusakan Lingkungan Pertanian Akibat Limbah Industri dan Pertambangan. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian, Surakarta ; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian dengan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Vol. 1 : 9-25
- Margiati. 2006. Anatomi Akar, Batang, dan Daun Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk) di Kali Surabaya. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paramita. Jakarta, 322 hal.
- Nasution, I, Al-Jabri, M., dan Wihardjaka, A. 2003. Identifikasi Pencemaran Logam Berat Pada Tanaman Padi Sawah di DAS Bengawan Solo. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian, Surakarta Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian dengan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Vol. 1 : 213-229
- Panjaitan, sorba. 2008. *Fitoremediasi*. <http://fitoremediasi.blogspot.com/search>. 01 April 2009.
- Patrick, L. 2003 Toxic Metals and Antioxidants. Part II the Role of Antioxidant in Arsenic and Cadmium Toxicity–Toxic Metals Part II. *Alternativer Medicine Review*. May, 2003.
- Priyanto, Budhi dan Prayitno, J. 2002. Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat. Dalam <Http://tlt.bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm>
- Rivera, B.F., Calantzis, C., Turnau, K., Caussanel, J.P., Belimov, A.A., Gianinazzi, S., Strasser, R.J., Gianinazzi, P.V. 2002. Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induced stress by arbuscular mycorrhiza in three *Pisum sativum* L. genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1177–1185.
- Rochyatun, E., and Rozak, A. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, Vol 11 (1), April 2007.
- Romkens, P.F.A.M., Guo, H.Y., Chu, C.L., Liu, T.S., Chiang, C.F., and Koopmans,G.F. 2009. Prediction of cadmium uptake by brown rice and derivation of soil–plant transfer models to improve soil protection guidelines. *Journal Environmental Pollution*, Volume 157, Issues 8-9, August-September 2009, pages 2435-2444.

- Salmin. 2000. Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. Dalam : Foraminifera Sebagai Bioindikator Pencemaran, Hasil Studi di Perairan Estuarin Sungai Dadap, Tangerang (Djoko P. Praseno, Ricky Rositasari dan S. Hadi Riyono, eds.) P3O - LIPI hal 42 – 46.
- Singh, O. V., Labana, S., Pandey, G., Budhiraja, R., Jain, R.K. 2003. Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. *Applied Microbiology, Biotechnology*. P. 405–412.
- Smiri, M., Chaoui, A., and Ferjani, E.E. 2010. Interaction between Heavy Metals and Thiol-Linked Redox Reactions in Germination. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol 13 (18): 877-883, 2010.
- Stowel, R.R., Ludwig, J.C., and Thobanoglous, G. 2000. *Toward the Rational Design of Aquatic Treatments of Wastewater*, Departement of Civil Engineering and Land, Air and Wastewater Resources, University of California, California.
- Sugiarti, S.D. 2002. Kandungan Bahan Organik Di Situ Perikanan Kampus IPB Dramaga, Bogor. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sugiharto. 2003. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Sugiyarto, K.H. 2000, Kimia Anorganik I, Yogyakarta : FMIPA UNY
- Truu, J., Talpsep, E. Vedler., E. Heinaru, E., and Heinaru, A. 2003. *Enhanced Biodegradation of Oil Shale Chemical Industry Solid Wastes by Phytoremediation and Bioaugmentation*. Estonia Academy Publisher.
- Ulfin, I. dan Widya, W. 2005. Study Penyerapan Kromium Dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L). *Akta Kimindo* 1 (1): 41-48.
- Yusuf, Guntur. 2001. Proses bioremediasi limbah rumah tangga dalam skala kecil dengan kemampuan tanaman air pada sistem simulasi. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Vara Prasad, M.N., Oliveira., Freitas, H.M.de. 2003. Metal Hyperaccumulation In Plants-Biodiversity Prospecting For Phytoremediation Technology. *J. Biotechnology* 6(3).
- Widagdo S. 2005. Tanaman Elemen Lanskap Sebagai Biofilter Untuk Mereduksi Polusi Timbal (Pb) Di Udara. Sekolah Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor.
- Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., and Jiang, G. 2008. Biomonitoring: An Appealing Tool for Assessment of Metal Pollution in the Aquatic Ecosystem. Review. Elsevier. (online). [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com). Diakses 10 September 2010.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN**



Lampiran 1. Rerata Penurunan Jumlah Kadmium dalam Media Air

Perlakuan	Rerata Penurunan Logam Kadmium dalam Media Air (mg)				
	2 HST	4 HST	6 HST	8 HST	10 HST
K1	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01
K2	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01
A1	0.83	0.17	0.18	0.14	0.1
A2	0.78	0.2	0.18	0.11	0.07
A3	0.74	0.21	0.18	0.11	0.05
A4	0.62	0.27	0.18	0.15	0.11
A5	0.6	0.26	0.17	0.13	0.1
A6	0.6	0.25	0.16	0.11	0.12

Lampiran 2. Persentase Rerata Penurunan Jumlah Kadmium dalam Media Air

Perlakuan	Rerata Penurunan Logam Kadmium dalam Media Air (%)				
	2 HST	4 HST	6 HST	8 HST	10 HST
K1	40	60	70	90	100
K2	40	60	80	90	100
A1	53	64	76	85	92
A2	54	68	81	88	93
A3	54	69	83	91	94
A4	40	57	69	79	86
A5	41	60	72	81	88
A6	44	62	74	82	91

Lampiran 3. Rerata Konsentrasi Kadmium yang Terdeteksi dalam Jaringan Tanaman

Perlakuan	Kadmium Terdeteksi pada Sampel Tanaman (mg/kg)	
	Tajuk	Akar
K1	9	65
K2	2	76
A1	142	4892
A2	110	3820
A3	97	2865
A4	55	2952
A5	47	2505
A6	42	2159

Lampiran 4. Analisis Ragam Jumlah Kadmium pada Media Air (10 HST)

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB		
					5%	1%	
Perlakuan	7	0.190	0,027	84.050	2,76	4,27	**
Ulangan	2	0.000008	0.000004	0.013			
Galat	14	0,005	0,001				
Total	23	0.195					

Lampiran 5. Analisis Ragam Bobot Kering Akar Kayu apu

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB		
					5%	1%	
Perlakuan	7	2.567	0.367	1045.784	2,76	4,27	**
Ulangan	2	0.00002	0.00001	0.036			
Galat	14	0,005	0,001				
Total	23	2.571					

Lampiran 6. Analisis Ragam Bobot Kering Daun Kayu apu

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB		
					5%	1%	
Perlakuan	7	19.95	2.846	98.089	2,76	4,27	**
Ulangan	2	0.084	0.042	1.437			
Galat	14	0,408	0,029				
Total	23	20.487					

Lampiran 7. Analisis Ragam Akumulasi Kadmium pada Akar Tanaman

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB		
					5%	1%	
Perlakuan	7	6.238	0.891	4272	2,76	4,27	**
Ulangan	2	0.001	0.000	1.91			
Galat	14	0,003	0.000				
Total	23	6.242					

Lampiran 8. Analisis Ragam Akumulasi Kadmium pada Daun Tanaman

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB		
					5%	1%	
Perlakuan	7	0.042	0.006	57.03	2,76	4,27	**
Ulangan	2	0.000	0.00005	0.482			
Galat	14	0,001	0.000				
Total	23	0.043					

Lampiran 9. Analisis Ragam Suhu pada Media Air

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB	
					5%	1%
Perlakuan	7	0.10	0.014	1.707	2,76	4,27
Ulangan	2	0.043	0.022	2.6		
Galat	14	0,117	0.008			
Total	23	0.260				

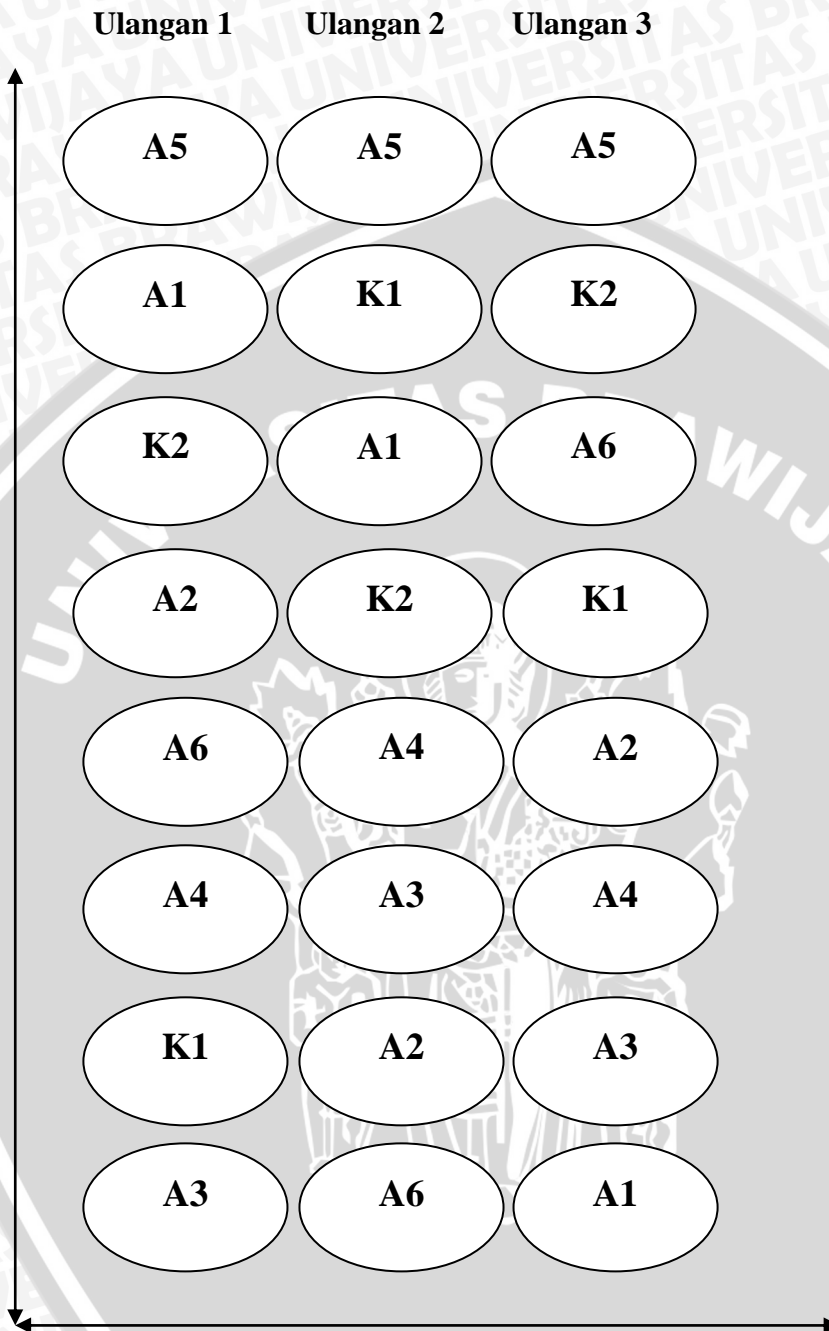
Lampiran 10. Analisis Ragam pH pada Media Air

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB	
					5%	1%
Perlakuan	7	2.011	0.287	0.831	2,76	4,27
Ulangan	2	0.304	0.152	0.439		
Galat	14	4.840	0.346			
Total	23	7.155				

Lampiran 11. Analisis Ragam DO pada Media Air

SK	db	JK	KT	F HIT	FTAB	
					5%	1%
Perlakuan	7	0.790	0.113	0.471	2,76	4,27
Ulangan	2	0.495	0.247	1.032		
Galat	14	3.357	0.240			
Total	23	4.642				

Lampiran 12. Denah Percobaan



↑  
**U**



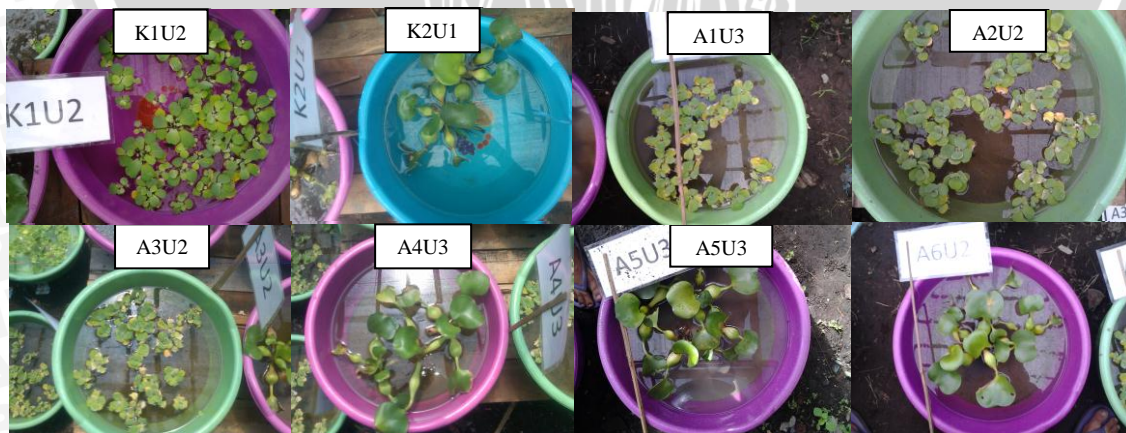
Keterangan:

- K1 (Media tanpa polutan lumpur lapindo + tanaman kayu apu)
- K1 (Media tanpa polutan lumpur lapindo + tanaman eceng gondok)
- A1 (Media (lumpur lapindo 4L + 6L air) + tanaman kayu apu)
- A2 (Media (lumpur lapindo 3L + 7L air) + tanaman kayu apu)
- A3 (Media (lumpur lapindo 2L + 8L air) + tanaman kayu apu)
- A4 (Media (lumpur lapindo 4L + 6L air) + tanaman eceng gondok)
- A5 (Media (lumpur lapindo 3L + 7L air) + tanaman eceng gondok)
- A6 (Media (lumpur lapindo 2L + 8L air) + tanaman eceng gondok)

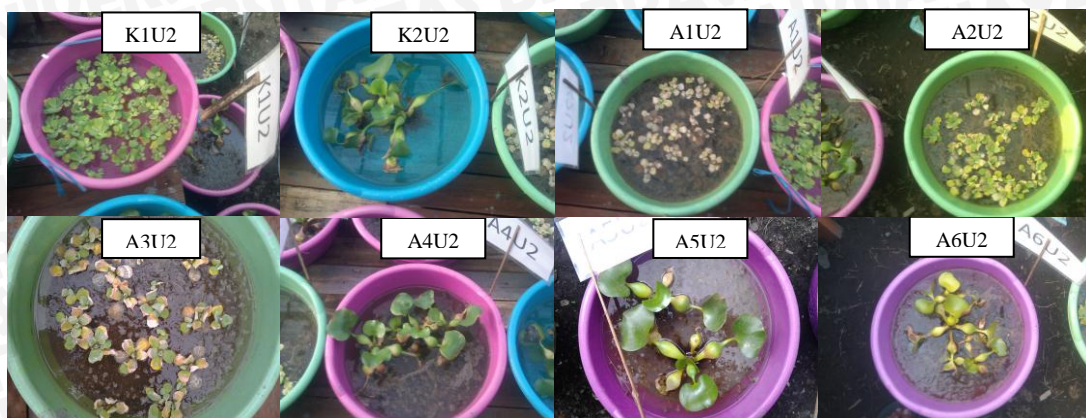
Lampiran 13. Pengamatan tanaman kayu apu dan eceng gondok selama fitoremediasi



Gambar 6. Lokasi percobaan



Gambar 7. Hari ke 2 HST



Gambar 8. Hari ke 10 HST

## Lampiran 14. Penentuan Kadar Cd dengan AAS

## I. Daun

1. Timbang sample  $\pm 2$  gr, masukkan dalam cawan porselen
2. Panaskan di dalam tanur (alat pengabuan) pada suhu  $\pm 700^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam (sampe abu)
3. Dinginkan, tambahkan larutan aquaremedia (1  $\text{HNO}_3$  : 3  $\text{HCl}$ ) sebanyak 10 ml, kemudian panaskan di atas kompor listrik sampai asat, kemudian dinginkan.
4. Tambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  2,5 N sebanyak 10 ml panaskan perlahan selama  $\pm 5$  menit, kemudian dinginkan
5. Saring ke labu 25 ml tambahkan aquadest sampai tanda batas
6. Baca dengan AAS dan catat nilai absorbansiya.

## II. Lumpur

1. Timbang sample 10ml, masukkan pada beaker glass 50 ml
2. Tambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  2,5 N sebanyak 10 ml panaskan perlahan selama  $\pm 5$  menit, kemudian dinginkan
3. Saring ke labu 25 ml tambahkan aquadest sampai tanda batas
4. Baca dengan AAS dan catat nilai absorbansiya

## III. Air

1. Timbang sample 10 ml
2. Tambahkan asam nitrat pekat 0,5 ml, kemudian dipanaskan di atas kompor sampai volume 7 ml, kemudian dinginkan
3. Saring ke labu ukur 10 ml kocok sampai homogen
4. Baca dengan AAS dan catat nilai absorbansinya



Gambar 9. Alat Atomic Absorption Spectrophometry (AAS)

