

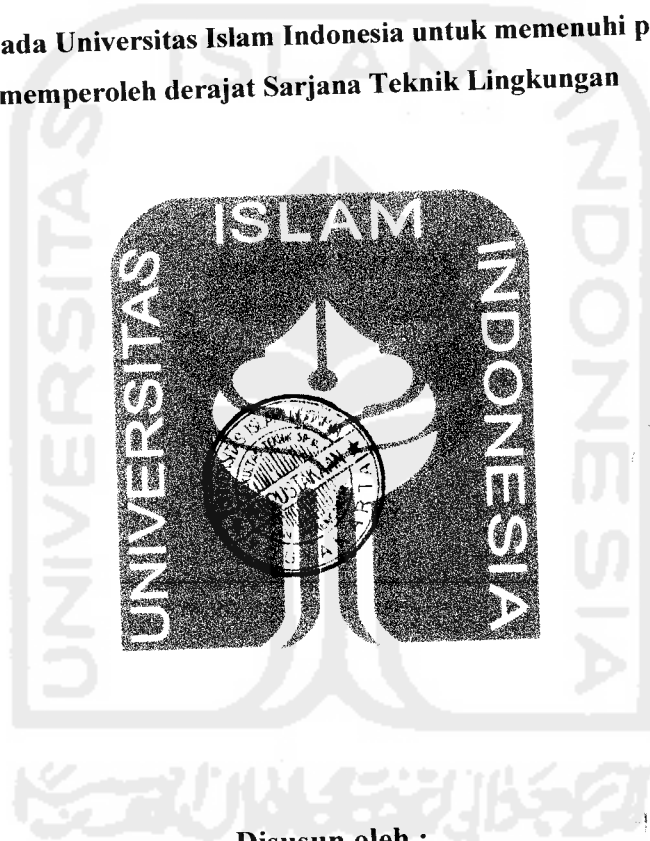
TA/TL/2007/0191

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAN/BELI	
TGL. TERIMA :	21 Juni 2007
NO. JUDUL :	002462
NO. INV. :	512 0002462001
NO. INDUK :	

**TINGKAT PENYERAPAN MERKURI (Hg) LIMBAH CAIR  
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII DENGAN  
CONSTRUCTED WETLAND MENGGUNAKAN TANAMAN  
ENCENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

NAMA : Andy Rais  
NIM : 02 513 067

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2007

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TINGKAT PENYERAPAN MERKURI (Hg) LIMBAH CAIR  
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII DENGAN  
CONSTRUCTED WETLAND MENGGUNAKAN TANAMAN  
ENCENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

Nama : Andy Rais

No Mahasiswa : 02 513 067

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT  
Dosen Pembimbing I

Tanggal: 6-5-2007

Eko Siswoyo, ST.  
Dosen Pembimbing II

Tanggal: 6-5-2007

*Ku Persembahkan Karya Ini Untuk:*



## Motto

*Kami jadikan ia berkuasa dimuka bumi, dan kami berikan kepadanya kemudahan mencapai segala sesuatu”*

*(Q. S. Kahfi: 83)*

*Agar jangan kamu putus asa atas sesuatu yang lepas dari mu, dan jangan bersuka ria atas anugerah yang diberikan kepadamu. Allah tidak senang orang-orang yang sombong dan menepuk dada”*

*(Q. S. Al-Hudud: 23)*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

*Alhamdulillah rabbil'alam*, segala puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu persyaratan program S-1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Shalawat dan salam semoga tercurah pada junjungan besar kita Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, dan pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

Merupakan suatu kelegaan ketika akhirnya penulis dapat menyelesaikan bagian akhir dari amanah yang panjang ini dengan begitu banyak kemudahan dan kekuatan yang Allah berikan melalui banyak pihak dengan bantuan, dukungan dan do'a. Untuk itulah, penulis sangat ingin menghaturkan terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta (Mama & Abah) dan adikku tersayang yang selalu memberikan semangat berupa doa dan perhatian penuh hingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga besar ku di Banjarmasin & (Bapak & Ibu) di Balikpapan yang senantiasa berikan semangat doa dan perhatiannya.
3. Luman Hakim ST, Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.

4. Kasam MT, selaku dosen pembimbing pertama, yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan yang sangat berarti selama menyusun Tugas Akhir.
5. Eko Siswoyo ST, selaku dosen pembimbing kedua dan selaku koordinator tugas akhir yang telah membimbing, mendukung, membantu dan meluangkan waktunya sehingga selesainya Tugas Akhir ini.
6. Andik Yulianto ST, Hudori ST, Ibu Any Y, ST, Msc, Ibu Yureana, serta dosen Teknik Lingkungan yang telah membekali ilmu pengetahuan, selama menempuh jenjang perkuliahan.
7. Mas agus selaku orang yang sering membantu dan tidak pernah lelah dalam urusan kemahasiswaan.
8. Mas Iwan Yulianto selaku Master of Laboratory, Thanks atas arahan dan bantuannya selama di laboratorium.
9. Mba yanti purwaningsih, ST selaku Laboran di Balai Laboratorium Kesehatan Yogyakarta, makasih atas semangat dan dukungannya.
10. Dhiandy selaku penasehat umum yang selalu memberikan waktu luang untuk konsultasi, semoga kita termasuk orang-orang beruntung.
11. Adek ku di komunikasi makasih atas semuanya”saatnya kita untuk berkarya”.  
Banyaklah belajar tentang arti kehidupan dan menghadapi kekecewaan.
12. Sahabat seperjuanganku Mirna, Maya, Ria, Suci, jangan lelet ayo maju terus pantang mundur.
13. Ibu (mamah) dari Mirna Oktaviana terimakasih atas doa dan semangatnya.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
INTI SARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I      PENDAHULUAN.....	1
1.1      Latar Belakang Masalah.....	1
1.2      Rumusan Masalah.....	5
1.3      Tujuan Penelitian.....	6
1.4      Batasan Masalah.....	6
1.5      Manfaat Penelitian .....	7
BAB II     TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1      Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	8
2.1.1    Mekanisme Pengolahan.....	9
2.1.2    Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses	

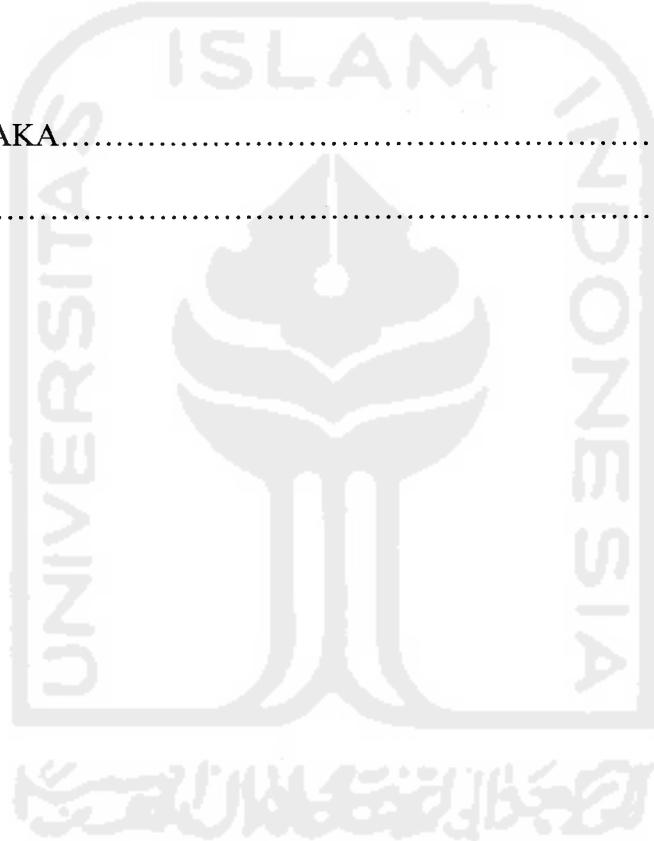
	Pengolahan.....	13
2.1.3	Keunggulan Sistem <i>Constructed Wetland</i> dari Sistem Pengolahan Konvensional Lainnya.....	14
2.2	Fitoremediasi.....	16
2.3	Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).....	18
2.3.1	Kedudukan Dan Taksonami.....	18
2.3.2	Deskripsi tanaman.....	20
2.3.3	Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok.....	24
2.3.4	Manfaat Eceng Gondok.....	24
2.4	Logam Berat Merkuri ( Hg ).....	25
2.4.1	Logam Berat.....	25
2.4.2	Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok..	28
2.4.3	Urutan toksisitas logam berat pada tanaman... .	28
2.4.4	Kemampuan penyerapan logam berat oleh tanaman eceng gondok pada limbah dengan organik tinggi dan organik rendah.....	31
2.5	Fitotoksisitas Dalam Tanaman.....	32
2.6	Merkuri (Hg).....	34
2.6.1	Sifat-sifat Merkuri.....	34
2.6.2	Kegunaan Merkuri.....	35
2.6.3	Pencemaran Merkuri Di Dalam Air Dan Lingkungan.....	36
2.6.4	Pemecahan masalah polusi merkuri.....	37



2.6.5	Dampak Pencemaran Merkuri (Hg) Bagi Kesehatan.....	38
2.7	Hipotesis.....	38
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	39
3.2	Jenis Penelitian.....	39
3.3	Waktu Penelitian.....	39
3.4	Metode Penelitian.....	40
3.5	Tahapan Penelitian.....	41
3.6	Parameter penelitian.....	44
3.7.	Metode Pelaksanaan penelitian.....	44
3.7.1	Pengambilan sample awal.....	44
3.7.2	Kualitas Air Limbah.....	45
3.7.3	Tanaman Eceng Gondok.....	45
3.7.4	Desain Sampling.....	46
3.7.5	Pengambilan Sampling.....	46
3.7.6	Analisa AAS.....	47
3.8	Metode Analisa Laboratorium.....	48
3.9	Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	48
3.10	Metode Analisa Data .....	49

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1	Konsentrasi Merkuri Dalam limbah Cair Laboratorium Dan Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	50
4.2	Konsentrasi Hasil Pemeriksaan Kandungan Merkuri Pada Limbah Cair Terhadap Daun Tanaman Eceng Gondok.....	52
4.3	Konsentrasi Hasil Pemeriksaan Kandungan Merkuri Pada Limbah Cair Terhadap Akar Tanaman Eceng Gondok.....	56
4.4	Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok Dan Terhadap Kondisi Air Limbah.....	62
4.5	Efisiensi Penyerapan Logam Hg Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	67
4.6	Perbandingan Hasil Penyerapan Tanaman Dengan Penurunan Kadar Logam Merkuri Di Air Limbah.....	69
4.6.1	Hubungan Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Eceng Gondok Dengan Hasil Penelitian.....	72
4.6.2	Hubungan Analisis Hasil Penelitian Dengan hasil Penelitian Sebelumnya.....	74
4.7	Analisis Statistik.....	75
4.7.1	Uji Anova Merkuri.....	75
4.7.2	Uji statistik Parameter Merkuri Pada Akar	

	Tanaman.....	76
4.7.3	Uji statistik Parameter Merkuri Pada Daun	
	Tanaman.....	77
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	80
	DAFTAR PUSTAKA.....	
	LAMPIRAN.....	



## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands</i> Type FWS.....	11
Tabel 3.1	Persamaan Reaktor Awal.....	42
Tabel 3.2	Variasi Konsentrasi Limbah Cair.....	45
Tabel 4.1	Konsentrasi Hg Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok Sebelum Penelitian.....	51
Tabel 4.2	Konsentrasi Hg Dalam Daun Tanaman Eceng Gondok Pada Saat Penelitian.....	52
Tabel 4.3	Berat Merkuri Tiap 1 gr Pada Daun.....	55
Tabel 4.4	Konsentrasi Hg Dalam Akar Tanaman Eceng Gondok Pada Saat Penelitian.....	56
Tabel 4.5	Berat Merkuri Tiap 1 gr Pada Akar.....	59
Tabel 4.6	Hasil Analisis Penyerapan Logam Hg Pada Daun Dan Akar Tanaman Eceng Gondok Pada Hari ke-12.....	61
Tabel 4.7	Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	63
Tabel 4.8	Efisiensi Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng gondok.	67
Tabel 4.9	Hasil Analisa Tingkat Penyerapan Tanaman Eceng Gondok.....	70
Tabel 4.10	Hasil Perbandingan Tingkat Penurunan konsentrasi merkuri Terhadap Tanaman Eceng Gondok.....	71
Tabel 4.11	Hasil uji anova subjects factors untuk Akar.....	76
Tabel 4.12	Hasil uji anova Subjects Effects untuk Akar.....	77
Tabel 4.13	Hasil uji anova subjects factors untuk Daun.....	77
Tabel 4.14	Hasil uji anova Subjects Effects untuk Daun.....	78

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>constructed wetland</i> (Kadlec & Knight, 1995.....	10
Gambar 2.2 <i>Constructed Wetland</i> Model FWS.....	12
Gambar 2.3 <i>Constructed Wetland</i> Model SSF.....	12
Gambar 2.4 Enzim yang memutus rantai karbon pada senyawa organik.....	16
Gambar 2.5 Proses – proses fitoremediasi pada tumbuhan.....	17
Gambar 2.6 Fitoekstraksi terhadap kontaminan inorganik.....	18
Gambar 2.7 Eceng Gondok.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	40
Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala).....	42
Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala).....	43
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Penyerapan Kandungan Merkuri Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	53
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Penyerapan Kandungan Merkuri Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	57
Gambar 4.3 Konsentrasi Merkuri Pada Daun Dan Akar Tanaman Eceng Gondok.....	61
Gambar 4.4 Efisiensi (%) Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	68
Gambar 4.5 Perbandingan Hasil Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng gondok.....	71

# **TINGKAT PENYERAPAN MERKURI (Hg) LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII DENGAN CONSTRUCTED WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN ENCENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

Kasam<sup>1</sup>, Eko Siswoyo<sup>2</sup>, Andy Rais<sup>3</sup>

## **Intisari**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kapasitas serapan tanaman terhadap Merkuri (Hg) yang terdapat dalam limbah laboratorium kualitas lingkungan dengan menggunakan sistem pengolahan secara alamiah (*constructed wetland*). *Wetland* adalah sistem pengolahan air yang memanfaatkan tanaman air dalam membantu menyediakan kondisi yang baik bagi penyisihan pencemar dalam air buangan. Sedangkan tanaman yang akan dipergunakan adalah *Enceng Gondok* (*Eichhornia crassipes*), dimana konsentrasi limbah yang akan dialirkan pada tanaman air tersebut bervariasi yaitu 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %. Pengaruh penyerapan logam merkuri oleh tanaman *eceng gondok* dapat menimbulkan efek toksisitas pada tanaman ini bisa dilihat melalui pengamatan morfologi tanaman. Logam Hg (merkuri) merupakan salah satu jenis logam berat berbahaya dan beracun yang sangat membahayakan bagi kehidupan manusia maupun makhluk hidup lainnya dan logam ini menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya dibandingkan logam berat lainnya.

Setelah penelitian selesai selanjutnya dilakukan pengujian hasil dari penelitian tingkat penyerapan merkuri terhadap tanaman *eceng gondok* dan hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya penyerapan logam merkuri di akar maupun di daun pada tanaman, yang mana dipengaruhi oleh pola tanam dan waktu kontak (3, 6, 9 dan 12 hari). Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut tingkat penyerapan yang paling tinggi terdapat pada akar di bandingkan pada daun yaitu pada konsentrasi 25 % pada hari ke-12 dengan serapan logam sebesar 0,0315 mg/L dan dari efisiensi tingkat penyerapan logam merkuri paling tinggi pada tanaman *eceng gondok* juga terdapat pada konsentrasi 25 % pada hari ke-12 yaitu 11,1822 %. Pada konsentrasi 100% tingkat penyerapan terhadap logam merkuri sangat rendah dibandingkan dengan konsentrasi yang lain, ini disebabkan pengaruh air limbah yang sangat jenuh mengakibatkan toksisitas pada tanaman seperti warna pada daun menjadi pucat dan layu sehingga kemampuan tanaman untuk menyerap logam merkuri terganggu.

**Kata kunci** : *Constructed wetland*, *Eceng gondok*, Merkuri (Hg), waktu kontak, Limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII Jogjakarta.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

<sup>3</sup> Mahasiswa, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

**ABSORPTION LEVEL OF MERKURI FROM LIQUID WASTE  
IN UII LABORATORY OF ENVIRONMENT QUALITY WITH  
CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM USING WATER  
HYACINTH (*Eichornia crassipes*) PLANT**

*Kasam*<sup>1</sup>, *Eko Siswoyo*<sup>2</sup>, *Andy Rais*<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

*This research is performed to know the level of plant absorption capacity mercury which is in liquid waste laboratory of environment quality in Indonesian Islamic University by using constructed wetland system. Wetland is a water processing system using water plants in helping good condition preparations for eliminating any contaminants in the waste water. The plant which is used in this research is water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). The waste concentrations will be flowed on those water plants varied at 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. Influences of the mercury metallic absorption by the water hyacinths can raise toxicity effect on these plants that can be seen through plant morphology observations. Mercury (Hg) metal is one of the dangerous and toxic heavy metals are very dangerous for living human and other creatures. The metals sit at the first order in their toxicity properties compared to other heavy metals.*

*After finishing this research, the next step to do is to review the result of absorption level of mercury on water hyacinth and the result showed that mercury can absorb in the root and leaves on plant which is influenced by planting pattern and time contact (3, 6, 9 and 12 days). Based on those results the highest absorption rate found at the roots compared to the rate found at the leaves in a concentration of 25% in the day-12 with the metallic absorption as big as 0.0315 mg/L. From the highest rate efficiency of mercury metallic absorption on the water hyacinth plants there were also found a 25% concentration in the day-12 as big as 11,1822%. In a 100% concentration the absorption rate to mercury metal was lower than other concentration. This can be results of oversaturated waste water effects resulting toxicity on plants in absorbing mercury metals disturbed.*

*Keywords : constructed wetland, water hyacinth, mercury (Hg), time contact, liquid waste in uii laboratory of environment quality*

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

<sup>3</sup> Mahasiswa, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Laboratorium adalah salah satu sarana penunjang kegiatan akademik yang digunakan untuk kegiatan praktikum dan menunjang teori yang telah diberikan pada saat perkuliahan. Untuk lebih meningkatkan kualitas mahasiswanya, kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) khususnya jurusan Teknik Lingkungan memiliki Laboratorium Kualitas Lingkungan. Kegiatan praktikum yang dilakukan mahasiswa di Laboratorium ini sebagian besar menggunakan bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu maka sangat berbahaya apabila pembuangannya langsung di buang ke sungai.

Badan sungai dapat tercemar oleh air limbah yang belum diolah. Air sungai akan menurun kualitasnya dan tidak dapat dipergunakan dengan semestinya. Pencemaran lingkungan adalah masuknya substansi yang tidak dihendaki dalam lingkungan tersebut, sehingga mengurangi daya gunanya dan berdampak negatif (Donaldson.1980; Hauch, 1981 dalam Syafi'i, 2007).

Pada lingkungan perairan apabila sudah terkontaminasi oleh limbah mengakibatkan material organik dan anorganik yang terkandung pada perairan tersebut mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi logam, akibatnya pencemaran logam yang lebih cepat akan terjadi. Pada umumnya logam berat didalam air jarang sekali berbentuk atom tersendiri, biasanya terikat oleh



senyawa lain, ikatan itu berupa garam organik, seperti senyawa metal, etil, fenil, maupun garam anorganik berupa oksida, klorida sulfide, karbonat hidrosida dan sebagainya. Bentuk ion dari senyawa tersebut terserap dan kemudian tertimbun dalam tanaman (Darmono,1995).

Pada pencemaran itu terjadi perubahan fisik, kimiawi dan biologis dari suatu lingkungan yang bila mencapai suatu tahap tertentu menjadi rawan. *Constructed Wetland* merupakan salah satu alternatif pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima. Pengolahan limbah dengan *Constructed Wetlands* memanfaatkan mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam areal tersebut. Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas traser, adsorpsi, pengolahan kimia dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis, pengoksida dan *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1993). Dalam beberapa hal sistem ini menguntungkan karena biayanya murah, sederhana, dan memiliki kemampuan proses meminimalisasi limbah yang tinggi.

Tanaman yang digunakan adalah dari jenis tanaman air dan hasil penelitian menunjukkan ada beberapa tanaman air yang mampu menyerap logam berat antara lain eceng gondok, typha, wlingi (*scirpus*) dan kayu apuh (*Pistia statiotes L*). Tanaman tersebut banyak dijumpai di daerah Banten dan beberapa tempat diluar Jawa (Anonim,2002).

Pada penelitian ini tanaman air yang digunakan untuk menyerap logam berat adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) Eceng gondok

merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang pertama kali ditemukan oleh Kalrvon Mortius pada tahun 1824 di sungai Amazon, Brazilia karena kecepatan pertumbuhan eceng gondok yang tinggi tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Pemanfaatan eceng gondok untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar relatif murah dan sederhana. Khususnya terhadap limbah domestik dan industri. Eceng gondok memiliki kemampuan menyerap zat tercemar yang tinggi dari pada jenis tumbuhan lainnya (Falan,2004 dalam Syafi'i, 2007).

Logam berat yang terkandung dalam air limbah dapat diserap oleh eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Air limbah dapat mengandung bahan organik (senyawa-senyawa karbohidrat, protein dan lemak) dan dapat pula mengandung logam-logam berat (seperti Fe, Mg, Pb dan Ni). Pemanfaatan unsur-unsur tersebut bagi tanaman yang dilalui air yang mengandung bahan-bahan itu sebelumnya membutuhkan pemecahan-pemecahan unsur tersebut yang akan menghabiskan unsur penting lainnya, maka sebaiknya air limbah tersebut diolah terlebih dahulu sebelum mencapai pada petak-petak pertanaman, sehingga tidak menjadi biang pencemaran. Genus *Eichhornia* (dari familia Pontederiaceae) ini mempunyai 5 species dan salah satunya ialah *Eichhornia crassipes* (Bennet,1967 dalam Syafi'i, 2007).

Penyerapan eceng gondok terhadap logam berat tergantung pada beberapa hal, seperti jenis logam berat, tercampurnya masing-masing logam berat tersebut dan umur gulma. Penyerapan logam berat per satuan berat kering tersebut lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (widyanto dan

suselo, 1977). Logam berat dapat meracun pada enzim (Dix, 1981). Daya meracun itu tergantung pada nilai elektro negatifitas logam tersebut. Beberapa logam (seperti Pb, Hg, Ag, Cd dan Cu) mempunyai nilai elektro negatifitas yang tinggi akan mempunyai afinitas yang tinggi pula pada gugusan amino. Ion-ion logam itu merupakan penghambat pada enzim dengan membentuk garam dengan gugusan sulfhidril, ataupun anion oksalat yang membentuk garam oksalat yang tidak larut.

Rangkaian penelitian seputar kemampuan enceng gondok dalam menyerap logam berat yang telah dilakukan oleh para pakar. Widyanto dan Susilo (1981) melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam enceng gondok mampu menyerap logam cadmium (Cd), merkuri (Hg), masing-masing sebesar 1.35 mg/g dan 1.77 mg/g bila logam tidak tercampur. Enceng gondok juga menyerap Cd 1.23 mg/g.

Tjitrosoedirdjo dan Satroutomo (1985) mengemukakan hasil penelitiannya bahwa Pb pada konsentrasi 10 ppm tidak mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok, tetapi Cd pada konsentrasi 10 ppm menghambat pertumbuhan eceng gondok. Lubis dan Sofyan (1986) menyimpulkan logam Cr dapat diserap oleh eceng gondok secara maksimal pada pH 7. Penelitian Zazam (1990) terdapat kerusakan pada morfologi eceng gondok yang disebabkan oleh Cr, namun pada konsentrasi 5-10 mg/L Cr terlihat sangat jelas. Daya serap eceng gondok juga dilakukan terhadap logam Cd, Co, Ni dan Pb dengan konsentrasi yang bervariasi (0,1-5,0 ppm). Pada penelitian kali ini pola tanam yang digunakan berbeda yaitu dengan menggantikan tanaman yang

sudah diletakan didalam pot selama dua hari masa penyerapan dengan tanaman yang baru.

Pada hakekatnya pencemaran itu akibat perbuatan manusia dan dengan sumber seperti sampah, limbah industri (effluent) dan limbah pertanian. Effluent yang masuk dalam badan air atau sungai sebelum diolah terdiri dari bahan cair (padat dan gas) yang berisi kandungan logan berat (Gibbs, 1984 dalam Syafi'i, 2007).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari limbah laboratorium kualitas lingkungan tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Apakah tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada sistem *constructed wetlands* dapat menyerap kandungan Merkuri (Hg) pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII.
- b. Seberapa besar kapasitas serapan tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap kandungan Merkuri (Hg) pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII.
- c. Apakah limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*).

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengolahan limbah cair laboratorium teknik lingkungan UII dengan *constructed wetland* ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui tingkat penyerapan tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap kandungan Merkuri (Hg) yang terdapat dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII dengan *constructed wetland*.
- b. Untuk mengetahui tingkat produktifitas tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada pengolahan limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII.

### 1.4 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah ditentukan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Jenis *reactor wetlands* yang digunakan adalah *Free Water Surface* (FWS).
- b. Tanaman yang digunakan berupa tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan berat yang sama.
- c. Bahan baku limbah berasal dari laboratorium kualitas lingkungan UII.
- d. Konsentrasi atau parameter limbah berupa Merkuri (Hg) dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
- e. Sistem pengolahan dengan skala laboratorium.
- f. Waktu pengujian adalah pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII.
- b. Meminimalisasi konsentrasi Merkuri (Hg) yang terkandung dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan Universitas Islam Indonesia dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*).
- c. Meminimalisasi terjadinya pencemaran di badan air, akibat limbah laboratorium kualitas lingkungan UII yang dibuang ke sungai secara langsung.
- d. Dapat digunakan sebagai bahan kajian lebih lanjut apakah hasil *treatment* ini dapat digunakan secara langsung untuk pengaliran tanaman dan industri lain.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem *Constructed Wetland*

Definisi dari *constructed wetland* secara umum adalah tanah di mana kejenuhan air merupakan faktor dominan dari perkembangan tanah dan tipe dari tanaman dan binatang yang hidup padanya. Yang kondisinya dibuat sesuai dengan bentuk *wetland* alaminya, dengan tujuan untuk meminimalisasikan kandungan konsentrasi air limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran air.

Definisi *wetland* lainnya berupa tanah transisi antara bagian daratan dan perairan di mana sebagian besar komposisinya berupa air. *Natural treatment wetland* ini efektif untuk mengolah air limbah di mana prinsip pengolahan limbah cair dengan *constructed wetland* ini memanfaatkan peranan aktivitas mikroorganisme atau bakteri sebagai *microbial degradation of contaminants* yang terdapat di dalam limbah dan permukaan air atau yang hidup di akar, batang tanaman dan peranan tanaman (*vegetation*) air di area tersebut. Proses pengolahan yang terjadi di dalam *wetland* tersebut berupa sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi atau disebut juga dengan proses pengolahan fisik, untuk pengolahan secara kimiawi dan biologi pada *constructed wetland* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas dari tanaman yaitu berupa proses fotosintesis.

*Constructed wetland* merupakan suatu jenis pengolahan yang strukturnya direncanakan. Variabel-variabel yang direncanakan meliputi debit yang mengalir, beban organiknya tertentu, kedalaman media tanah maupun air serta ada pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan.

### 2.1.1 Mekanisme Pengolahan

Pengolahan limbah dengan *Constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Adapun air limbah yang akan diolah biasanya mengandung *solid* dan bahan organik dalam jumlah tertentu dengan mekanisme pengolahan sebagaimana berikut :

#### 1. *Solid* (padatan)

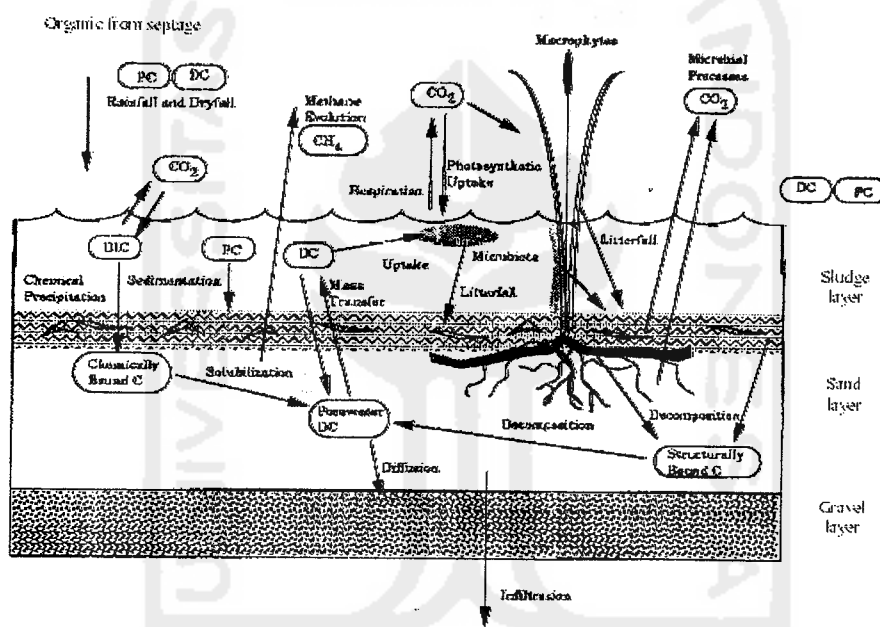
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi *solid* dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

#### 2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan biologis dalam



*Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



**Gambar 2.1** Mekanisme penguraian bahan organik pada *constructed wetland*

(Kadlec & Knight, 1995)

Berdasarkan definisi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetland* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

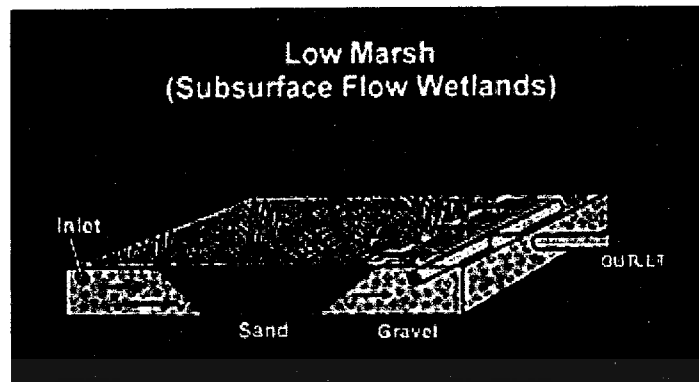
Sistem ini berbentuk kolam atau saluran yang dilapisi dengan lapisan *impermeable* alami atau lapisan tanah, yang mana kandungan air pada sistem ini dangkal. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah atau keluarnya air limbah dari kolam atau saluran tersebut. Komposisi utama pada sistem *Free Water Surface* (FWS) adalah tanah sebagai *substrate* untuk tempat hidupnya tanaman air. Pada sistem ini biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail*, *reed*, *seadage*, dan *rush*. Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)
- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang

**Table 2.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetland* Type FWS**

Desain	Satuan	Tipe FWS
Waktu tinggal hidrolis	Hari	4 – 15
Kedalaman air	M	0,0914 – 0,609
Laju beban BOD <sub>5</sub>	Kg / ha / hr	< 112
Laju beban hidrolis	M <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> .hr	0.01 – 0.05
Luas spesifik	Ha / m <sup>3</sup> .d	0,002 – 0.014
Lebar : Panjang	-	1 : 2 - 10

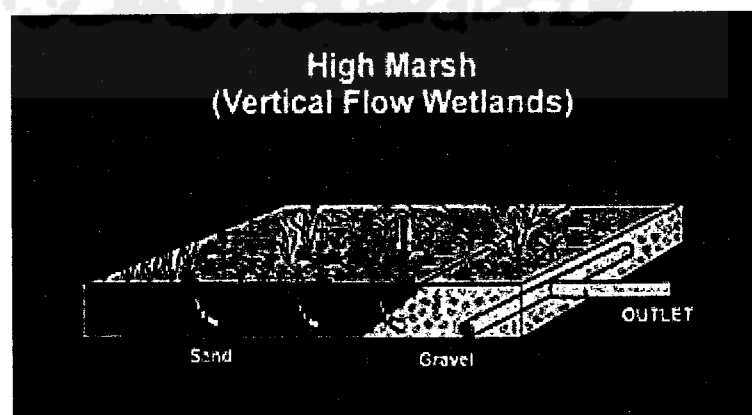
(Dal Cin, 2000 dalam Tania,2006)



**Gambar 2.2 Constructed Wetland Model FWS**

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Sistem *sub surface flows* ini pada dasarnya hampir sama dengan system *free water surface* hanya jumlah air pada tanaman ini hampir seluruh tanaman hidup menggenang pada permukaan air. Pada SSF media yang digunakan berupa media berpori, antara lain : kerikil dan pasir kasar. Proses yang terjadi pada sistem SSF ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.



**Gambar 2.3 Constructed Wetland Model SSF**

### 2.1.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengolahan

Dalam proses pengolahan dengan sistem *Constructed wetland* ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu :

#### 1. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan *microbial*. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel *suspended*. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *constructed wetland*. Jika menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis, karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Siswoyo, 2002).

#### 2. Media Reaktor

Media yang digunakan pada pengolahan *constructed wetland* terdiri dari : tanah, pasir, dan kerikil. Adapun fungsi dari media tanah pada sistem ini adalah:

- Sebagai tempat hidup dan tumbuhnya tanaman
- Sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisme
- Sebagai tempat terjadinya proses fisik, yaitu proses sedimentasi dalam penurunan konsentrasi *solid* air limbah.

### 3. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganisme *heterotropik aerobic*, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal,1999 dalam Siswoyo, 2002). Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanam tanaman *cattail*. Dengan jarak yang diatur sedemikian rupa diharapkan tanaman *cattail* akan mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan mikroorganisme yang hidup dalam tanah.

### 4. Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas *effluent* air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Temperatur yang cocok untuk *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20<sup>0</sup>C - 30<sup>0</sup>C (Wood,1993 dalam Siswoyo, 2002).

## 2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland* Dari Sistem Pengolahan Konvensional Lainnya

Sistem *constructed wetland* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sistem pengolahan konvensional yang menggunakan sistem *ponds* atau *lagoon*. Kendala-kendala yang sering ditemui pada sistem *ponds* atau *lagoon* antara lain sebagai berikut :

1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.

2. Tempat berkembang biaknya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

Disamping dua sistem diatas pada umumnya pengolahan limbah juga dilakukan dengan sistem *activated sludge* atau *oxidation ditch* dimana kedua sistem tersebut memerlukan perawatan khusus dan biaya yang cukup tinggi.

Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *constructed wetland* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

1. Sistem pengolahan yang di dalam tanah, genangan air akan dapat diminimalkan sehingga timbulnya bau dapat dihindari.
2. Tingkat *removal* atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.
4. Sistem pengolahannya mudah dan murah.

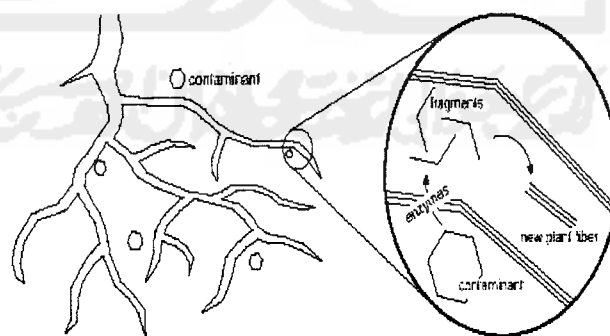
Keuntungan pengolahan dengan sistem *constructed wetland* adalah biaya pengolahan dan perawatan lebih murah, mampu mengolah air limbah domestik dan industri dimana kualitas effluent yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dan kontrol yang mudah (Grambel, 1994 dalam siswoyo,2002). Sistem *Constructed wetland* dikonstruksi sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tumbuhan seperti *reeds*, *cattail*, *eichornia*.

## 2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari kata Inggris yaitu *phytoremediation*. *Phytoremediation* ini terbagi menjadi dua istilah yaitu *phyto* dan *remediation*. *Phyto* berasal dari kata Yunani yaitu *phyton* adalah tumbuhan, sedangkan *remediation* berasal dari kata Latin yaitu *remedium* yang artinya menyembuhkan. Jadi, fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik ataupun anorganik. Ada beberapa metode fitoremediasi, yaitu :

### a) Fitodegradasi

Suatu proses dimana kontaminan diurai lalu diserap oleh tanaman melalui suatu proses metabolisme atau kontaminan tersebut diurai oleh tanaman melalui suatu pengaruh produksi senyawa tertentu. Contoh enzim dehalogenase dan oksigenase.



**Gambar 2.4 Enzim yang memutus rantai karbon pada senyawa organik**

b) Rhizofiltrasi

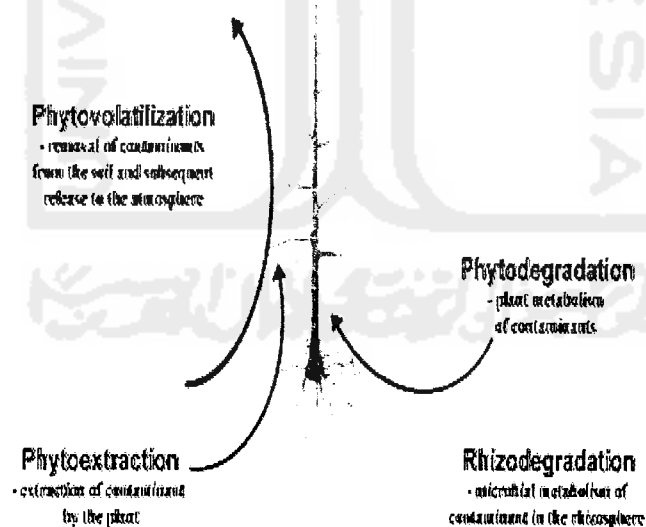
Merupakan suatu proses dimana akar tanaman menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi senyawa kimia pada air limbah.

c) Fitostabilisasi

Suatu proses dalam tanaman yang mampu melakukan proses stabilisasi terhadap suatu senyawa kimia.

d) Fitovolatilisasi

Suatu penyerapan dari transpirasi suatu kontaminan oleh tanaman yang dilakukan dengan cara melepaskan kontaminan tersebut. Dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepaskan lewat daun (Priyanto & Prayitno, 2004).



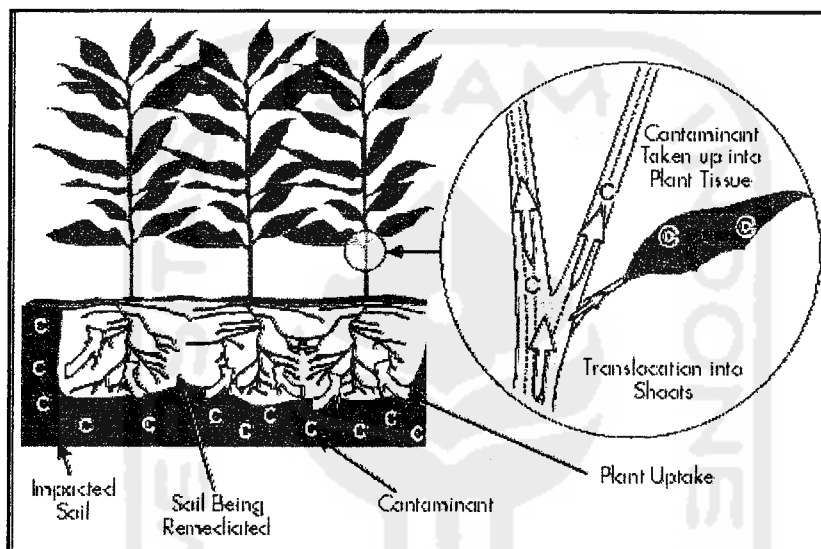
*Drawing of tree & root system by Lazar Drazeta*

**Gambar 2.5 Proses – proses fitoremediasi pada tumbuhan**



e) Fitoekstraksi

Suatu proses penyerapan/ pengambilan kontaminan oleh akar tumbuhan dan ditranslokasikan atau pemindahan transportasi senyawa tersebut ke bagian atas tumbuhan baik batang ataupun daun.



**Gambar 2.6 Fitoekstraksi terhadap kontaminan inorganik**

## 2.3 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

### 2.3.1 Kedudukan Dan Taksonomi

Menurut Lawrence (1985), eceng gondok mempunyai kedudukan dan taksonomi sebagai berikut:

1. Divisi : Spermatophyta
2. Subdivisi : Angiospermae
3. Kelas : Monocotyledoneae
4. Ordo : Farinosae

5. Familia : Pontederiaceae
6. Genus : Eichornia
7. Spesies : Eichornia crassipes

Orang lebih banyak mengenal tanaman ini tumbuhan pengganggu (gulma) diperairan karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Awalnya didatangkan ke Indonesia pada tahun 1894 dari Brazil untuk koleksi Kebun Raya Bogor. Ternyata dengan cepat menyebar ke beberapa perairan di Pulau Jawa. Dalam perkembangannya, tanaman keluarga *Pontederiaceae* ini justru mendatangkan manfaat lain, yaitu sebagai biofilter cemaran logam berat, sebagai bahan kerajinan, dan campuran pakan ternak.

Eceng Gondok hidup mengapung bebas bila airnya cukup dalam tetapi berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut.

Eceng Gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak di gunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik

dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng Gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering Eceng Gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widyanto dan Suselo,1977 ).

### 2.3.2 Deskripsi Tanaman

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut :

a) Akar

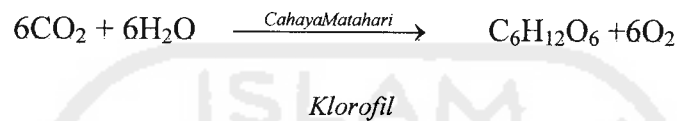
Bagian akar Eceng Gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan Lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air (Ardiwinata,1950 dalam Afandi,2004).

b) Daun

Daun Eceng Gondok tergolong dalam makrofita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) Eceng Gondok terdapat dalam sel epidemis. Dipermukaan

atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O<sub>2</sub> dari proses fotosintesis.

Reaksi fotosintesis :



Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang akan terlepas ke dalam air (Pandey, 1980 dalam Afandi, 2004).

c) Tangkai

Tangkai Eceng Gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian di dalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (*Xylem dan Floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih (Pandey, 1950 dalam Afandi, 2004).

d) Bunga

Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung, bertangkai panjang dan berbunga 6–35, tangkai bunga dengan dua daun pelindung (spatha) yang duduknya

sangat dekat. Bagian pangkal berwarna hijau, perigonium tersusun atas 2 lingkaran masing-masing dengan 3 tepala berwarna ungu.

Eceng Gondok juga memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut :  
Eceng Gondok merupakan tumbuhan perennial yang hidup dalam perairan terbuka, yang mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal. Perkembangbiakan Eceng Gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif, perkembangan secara vegetatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru.

Setiap 10 tanaman Eceng Gondok mampu berkembangbiak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan, hal inilah membuat Eceng Gondok banyak dimanfaatkan guna untuk pengolahan air limbah. Eceng Gondok dapat mencapai ketinggian antara 40-80 cm dengan daun yang licin dan panjangnya 7-25 cm.



**Gambar 2.7 Eceng gondok**

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut :

1. Cahaya matahari, PH dan Suhu

Pertumbuhan Eceng Gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25 oC- 30 oC, hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, Eceng Gondok lebih cocok terhadap pH 7,0 - 7,5, jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat (Dhahiyat,1974).

2. Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

Pada umumnya jenis tanaman gulma air tahan terhadap kandungan unsur hara yang tinggi. Sedangkan unsur N dan P sering kali merupakan faktor pembatas. Kandungan N dan P kebanyakan terdapat dalam air buangan domestik. Jika pada perairan kelebihan nutrisi ini maka akan terjadi proses eutrofikasi. Eceng gondok dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5- 10. Agar pertumbuhan eceng gondok menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5 – 7.

Pemilihan tanaman eceng gondok pada *constructed wetland* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman eceng gondok merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia.

2. Dari segi ekonomi tanaman eceng gondok harganya relatif murah.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam sistem *constructed wetland* pemeliharaan sangat mudah.

### 2.3.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok

1. Cara berkembang biak dan penyebarannya.

Gulma air ini mempunyai sifat pertumbuhan dan regenerasi yang cepat.

Tumbuhan ini berkembang biak secara vegetatif yaitu potongan vegetatif yang terbawa air akan dapat berkembang. Eceng gondok mempunyai pertumbuhan 2% - 20% perhari.

2. Ketenangan air (fluktuasi air)

Dalam ombak yang cukup besar tumbuhan ini dapat hidup. Di bendungan yang berfluktuasi kurang lebih hanya 40 cm, banyak sekali tumbuh eceng gondok.

3. Cahaya matahari, pH dan suhu

Eceng gondok sangat memerlukan sinar matahari dengan suhu optimum 25°C - 30°C. Untuk pertumbuhan yang lebih baik eceng gondok memerlukan pH

### 2.3.4 Manfaat Eceng Gondok

Little (1968) dan Lawrence dalam Moenandir (1990), Haider (1991) serta Sukman dan Yakup (1991), menyebutkan bahwa eceng gondok

banyak menimbulkan masalah pencemaran sungai dan waduk, tetapi mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri.
2. Sebagai bahan penutup tanah dan kompos dalam kegiatan pertanian dan perkebunan.
3. Sebagai sumber gas yang antara lain berupa gas ammonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.
4. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
5. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
6. Sebagai bahan baku karbon aktif.

## **2.4 Logam Berat Merkuri ( Hg )**

### **2.4.1 Logam Berat**

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama Hg, Pb, As, Cd, dan Cr. Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul/bersifat akumulatif apabila terus-menerus dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi.



Dalam perairan logam-logam dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Yang terlarut adalah ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik. Tidak terlarut adalah terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa racun terakumulasi.

Air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Hg, Co, As, Cr baik secara sendiri-sendiri maupun dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksik bagi kehidupan organisme akuatis.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar, 1994) :

1. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-24 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktanida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Besarnya bahwa limbah tersebut bersifat racun terhadap badan penerima, unsur kimia ini bervariasi tingkat bahayanya dari daya pencemarnya. (Bowen, 1966) membagi unsur-unsur kimia tersebut menjadi empat kelas, yaitu :

1. Berdaya pencemar sangat tinggi, seperti : Ag, Cd, Cr, Hg, Cu, Pb, Cn, Fe, Ar, Zn.
2. Berdaya pencemar tinggi, seperti : Ba, Ca, Bi, Mn, P, Ti, U.
3. Berdaya pencemar menengah, seperti : Al, As, Bo, Cl, Co, F, B, Li, Na, dan N.
4. Berdaya pencemar rendah, seperti : Ga, La, Ms, I, Si, Nd, Sr, Ta, Zr.

Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam kedalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio- kimia). Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan oxygen-seeking metal.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga nitrogen/ sulfur seeking metal.
- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan khromium (Cr). Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Ternyata kemudian, bila jumlah dari logam-logam

esensial ini masuk kedalam tubuh dalam jumlah berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh. Contoh dari logam-logam berat esensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni).

#### **2.4.2 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok**

Tumbuhan ini mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potongan-potongan vegetatifnya yang terbawa arus akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya didalam air kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar. Proses regenerasi yang cepat dan toleransinya terhadap lingkungan yang cukup besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan. (Soerjani, 1975)

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negative. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif kedalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia. (Foth, 1991).

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa kedalam sel akar. Agar

penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, kebagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksofikasi, misalnya menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar.

Menurut Fitter dan Hay (1991), terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman :

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar gradient potensial yang disebabkan oleh transpirasi.
2. Difusi, gradient konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar.

Dalam pengambilan ada dua hal penting, yaitu pertama , energi metabolik yang diperlukan dalam penyerapan unsur hara sehingga apabila respirasi akan dibatasi maka pengambilan unsur hara sebenarnya sedikit. Dan kedua, proses pengambilan bersifat selektif, tanaman mempunyai kemampuan menyeleksi penyerapan ion tertentu pada kondisi lingkungan yang luas. (Foth, 1991).

#### **2.4.3 Urutan Toksisitas Logam Berat Pada Tanaman**

Logam berat bisa di degradasi tetapi sulit karena polutan yang berupa bahan kimia bersifat stabil dan tidak mudah mengalami degradasi

sehingga bersifat persisten di alam kurun waktu yang lama. Polutan ini disebut rekalsitran.

Toksisitas timbal terhadap organisme akuatik berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut. Toksisitas timbal lebih rendah dari pada kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan tembaga (Cu), akan tetapi lebih tinggi dari pada kromium (Cr), mangan (Mn), barium (Ba), Zinc (Zn), dan besi (Fe).

Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap tanaman air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Sutamihardja dkk, 1982). Menurut Darmono (1995) daftar urutan toksisitas logam paling tinggi ke paling rendah terhadap manusia yang mengkonsumsi ikan adalah sebagai berikut  $Hg^{2+} > Cd^{2+} > Ag^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > As^{2+} > Cr^{2+} > Sn^{2+} > Zn^{2+}$ . Sedangkan menurut Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, sedangkan bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat (PPLH-IPB, 1997;Sutamihardja dkk, 1982) yaitu:

menjadikan logam berat yang terserap oleh tanaman tidak terlalu besar karena harus menyerap dahulu unsur-unsur yang dibutuhkan oleh eceng gondok. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, karbon dan hidrogen termasuk dalam elemen makro, yaitu unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1992), dan pada penyerapan logam berat oleh tanaman pada limbah organik rendah adalah logam berat dapat diserap oleh tanaman dengan cepat karena pada organik rendah mikroorganismenya hanya sedikit dibandingkan dengan organik tinggi, sehingga unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh eceng gondok dari proses penguraian mikroorganisme tersebut terserap cepat dan logam berat dapat terserap lebih banyak dibandingkan dengan organik tinggi.

## **2.5 Fitotoksisitas Dalam Tanaman**

Tanaman yang ditumbuhkan dalam media air atau tanah yang mengandung senyawa toksik akan memberikan respon sensitif atau respon resisten. Respon sensitif ditandai dengan pertumbuhan tidak normal bahkan kematian. Respon resisten ditandai dengan kemampuan tanaman untuk bertahan hidup dan memproduksi (Wang dan Evangeloe, 1995),

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara:

1. Mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami gangguan metabolisme.

2. Meningkatkan permeabilitas membran plasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurang kemampuan seleksinya.
3. Menghambat fotosintesis dan respirasi.
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolik.

Ambang batas tanaman terhadap logam berat berbeda-beda untuk tiap tanaman. Bila ambang batas terlampaui maka menyebabkan meningkatnya aktivitas enzim dan protein dalam pembentukan khelat bersifat toksik (Jamil dan Parkash, 1993). Konsentrasi logam yang melampaui batas maksimum menurut Connel dan Miller (1984) dapat menyebabkan reduksi terhadap organ-organ tanaman, ukuran tumbuhan menjadi kerdil, bunga menjadi lebih kecil dari ukuran normal atau bahkan tidak terbentuk, menyebabkan klorosis, efek fatal adalah menimbulkan kematian.

Indikator yang menunjukkan toksisitas morfologi pada tanaman adalah sebagai berikut :

1. Bagian akar, rambut akar terlihat jarang dan berwarna coklat kehitaman serta sebagian bulu-bulu akar akan rontok.
2. Pengaruh toksisitas dapat juga terlihat pada bagian batang yang membusuk dan berwarna hijau keputihan.
3. Pada bagian daun, terlihat dari warna daun hijau kecoklatan. Daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya pucat, gugur dan layu. Maka daun tidak dapat berkembang dengan baik dan akhirnya menggulung.

4. Tunas yang sudah dihasilkan sebelum penanaman akan terhenti pertumbuhannya (Ahmady, 1993)

Menurut Giordano dan Martveld (1975) khromium merupakan logam berat yang bersifat racun bagi tumbuhan. Kromium mempengaruhi penyerapan beberapa elemen penting seperti kalsium, potassium, dan fosfor oleh akar dan juga transfer ketiga unsur tersebut ke bagian atas tanaman. Toksisitas khromium tergantung pada pH media, keadaan ion logam (bebas atau terikat), dan juga tergantung pada kation, nutrisi, dan logam berat yang lain di dalam media.

## **2.6 Merkuri (Hg)**

### **2.6.1 Sifat-sifat Merkuri**

Merkuri merupakan elemen alami, oleh karena itu sering mencemari lingkungan. Kebanyakan merkuri yang ditemukan di alam terdapat dalam bentuk gabungan dengan elemen lainnya dan jarang ditemukan dalam elemen terpisah. Komponen merkuri banyak tersebar di karang-karang, tanah, udara, air dan organisme hidup melalui proses-proses fisik, kimia, dan biologi yang kompleks.

Merkuri dan komponen-komponen merkuri banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Sifat-sifat kimia dan fisik merkuri membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan ilmiah dan industri. Beberapa sifat tersebut adalah sebagai berikut :



- Merkuri merupakan satu-satunya logam yang terbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam, yaitu - 39 °C.
- Kisaran suhu di mana merkuri terdapat dalam bentuk cair sangat lebar, yaitu 396 °C, dan pada kisaran suhu ini merkuri mengembang secara merata.
- Merkuri mempunyai volatilitas yang tertinggi dari semua logam.
- Ketahanan listrik merkuri sangat rendah sehingga merupakan konduktor yang terbaik dari semua logam.
- Banyak logam yang dapat larut di dalam merkuri membentuk komponen yang disebut amalgam ( alloy ).
- Merkuri dan komponen-komponennya bersifat racun terhadap semua makhluk hidup.

Hampir semua merkuri diproduksi dengan cara pembakaran merkuri sulfida ( HgS ) di udara, dengan reaksi sebagai berikut :



Merkuri dilepaskan sebagai uap, yang kemudian mengalami kondensasi, sedangkan gas-gas lainnya mungkin terlepas di atmosfer atau dikumpulkan.

### 2.6.2 Kegunaan Merkuri

Merkuri digunakan dalam berbagai bentuk dan untuk berbagai keperluan, misalnya industri klor-alkali, alat-alat listrik, cat, instrumen, sebagai katalis, kedokteran gigi, pertanian dan lain sebagainya. Penggunaan

merkuri yang terbesar adalah dalam *industri khlor-alkali*, di mana diproduksi khlorin dan soda kaustik dengan cara elektrolisis larutan garam NaCl. Kedua bahan tersebut sangat banyak kegunaannya, oleh karena itu diproduksi dalam jumlah tinggi setiap tahun. Fungsi merkuri dalam prose ini adalah sebagai katode dari sel elektrolisis. merkuri dalam bentuk film bergerak membentuk amalgam dengan natrium dengan natrium yang dilepaskan dari larutan garam pada katodeselama elektrolisis. Amalgam kemudian dipisahkan dari sel elektrolisis dan bereaksi dengan air membentuk larutan NaOH, dan merkuri yang dilepaskan dapat digunakan kembali untuk produksi berikutnya. Kegunaan merkuri dalam proses ini adalah didasarkan pada sifatnya yang berbentuk cair, konduktivitas listriknya, dan kemampuannya untuk membentuk amalgam dengan logam natrium.

### **2.6.3 Pencemaran Merkuri Di Dalam Air Dan Lingkungan**

Penggunaan merkuri di dalam industri-industri sering menyebabkan pencemaran lingkungan, baik melalui air buangan maupun melalui sistem ventilasi udara. Merkuri yang terbuang ke sungai, pantai atau badan air di sekitar industri-industri tersebut kemudian dapat terkontaminasi ikan-ikan dan makhluk air lainnya termasuk ganggang dan tanaman air. Selanjutnya ikan-ikan kecil dan makhluk air lainnya akan di makan oleh ikan-ikan atau hewan air lainnya yang lebih besar atau masuk ke dalam tubuh melalui insang. Kerang juga dapat mengumpulkan merkuri di dalam rumahnya. Ikan dan hewan tersebut kemudian di konsumsi oleh manusia sehingga manusia

dapat mengumpulkan merkuri di dalam tubuhnya. Penggunaan merkuri di bidang pertanian sebagai pelapis benih dapat mencemari tanah-tanah pertanian yang berakibat pencemaran terhadap hasil-hasil pertanian terutama sayur-sayuran. FDA menetapkan batasan kandungan merkuri maksimum adalah 0,005 ppm untuk air dan 0,5 untuk makanan, sedangkan WHO menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0,001 ppm untuk air.

#### **2.6.4 Pemecahan Masalah Polusi Merkuri**

Sumber pencemaran merkuri di lingkungan mudah di deteksi dari industri-industri yang menggunakan merkuri di dalam prosesnya. Masalah yang dihadapi adalah bagaimana mencegah terjadinya pencemaran merkuri tersebut. Kesulitan dalam mencegah terjadinya polusi merkuri disebabkan merkuri mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Merkuri bersifat volatil sehingga dapat mencemari udara.
2. Merkuri berbentuk cair sehingga mudah menyebar di permukaan air dan sulit untuk dikumpulkan.
3. Merkuri mengalami translokasi didalam tanaman dan hewan.
4. Merkuri atau komponen merkuri dapat diubah oleh mikroorganisme yang terdapat didalam laut, sungai atau danau menjadi komponen metil merkuri yang sangat beracun, dimana dengan adanya rantai makanan memungkinkan terkumpul di dalam tubuh hewan dan manusia.

### 2.6.5 Dampak Pencemaran Merkuri (Hg) Bagi Kesehatan

Merkuri anorganik mempunyai tendensi untuk terakumulasi di dalam jaringan ginjal dan hati. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada jaringan tersebut, akan tetapi pembuangan keluar tubuh juga lebih cepat melalui sistem urine. (Kristanto 2002)

Metil merkuri pada umumnya terakumulasi pada sistem jaringan saraf pusat. Akumulasi yang paling tinggi ditemukan pada bagian *cortex* dan *cerebellum*, yaitu merupakan bagian otak. Seperti yang terjadi pada kasus minamata, senyawa alkali merkuri masuk bersama makanan melalui plasenta karena dibawa oleh peredaran darah ke janin sehingga pada saat lahir bayi menjadi cacat.

### 2.7 Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah dikemukakan, maka dapat diambil beberapa hipotesa, yaitu :

- a) Bahwa sistem *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat menurunkan konsentrasi Merkuri (Hg) pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII.
- b) Pemanfaatan tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk penyerapan Merkuri (Hg) berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

- Lokasi penelitian dilaksanakan pada laboratorium kualitas lingkungan dan penelitian dilakukan di halaman belakang FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi pengambilan air limbah dari drum pengumpul limbah laboratorium kualitas lingkungan yang berasal dari aktivitas praktikum kualitas lingkungan, FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi analisis parameter Pb dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Jogjakarta

#### **3.2 Jenis Penelitian**

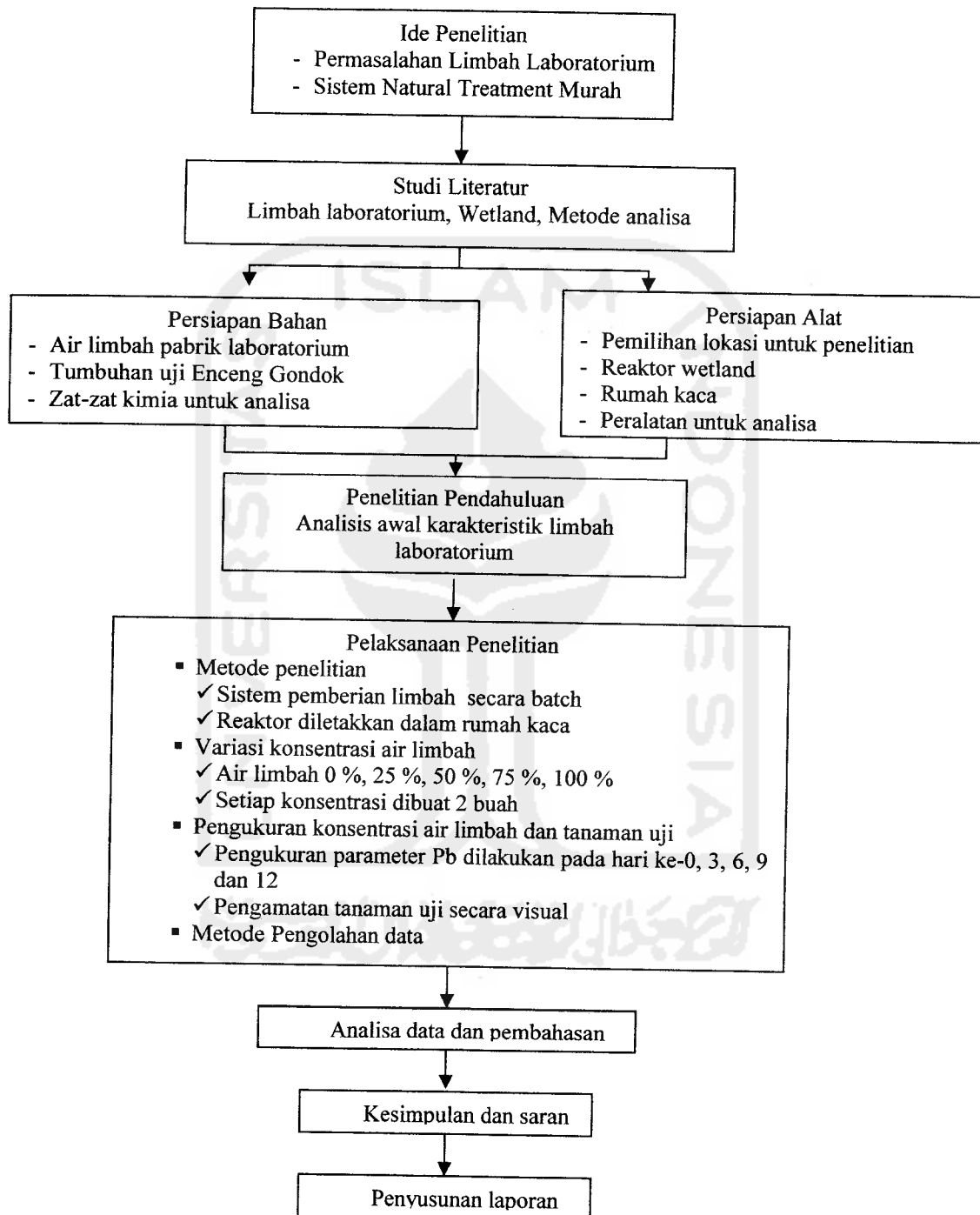
Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium pada tahap penelitian.

#### **3.3 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan yang terdiri dari tahap persiapan penelitian, desilasi tanaman Eceng Gondok, pembuatan reaktor, penanaman Eceng Gondok dalam reaktor, pengambilan sample air limbah pada tiap-tiap reaktor, pemeriksaan di laboratorium, analisa data dan penyusunan laporan.

### 3.4 Metode Penelitian

Tahap-tahap dari penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



**Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian**

### 3.5 Tahapan Penelitian

#### a. Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk mendasari dan menunjang penelitian yang dilakukan. Sumber literatur yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, laporan penelitian terkait, jurnal-jurnal dan penelusuran di internet.

#### b. Penelitian

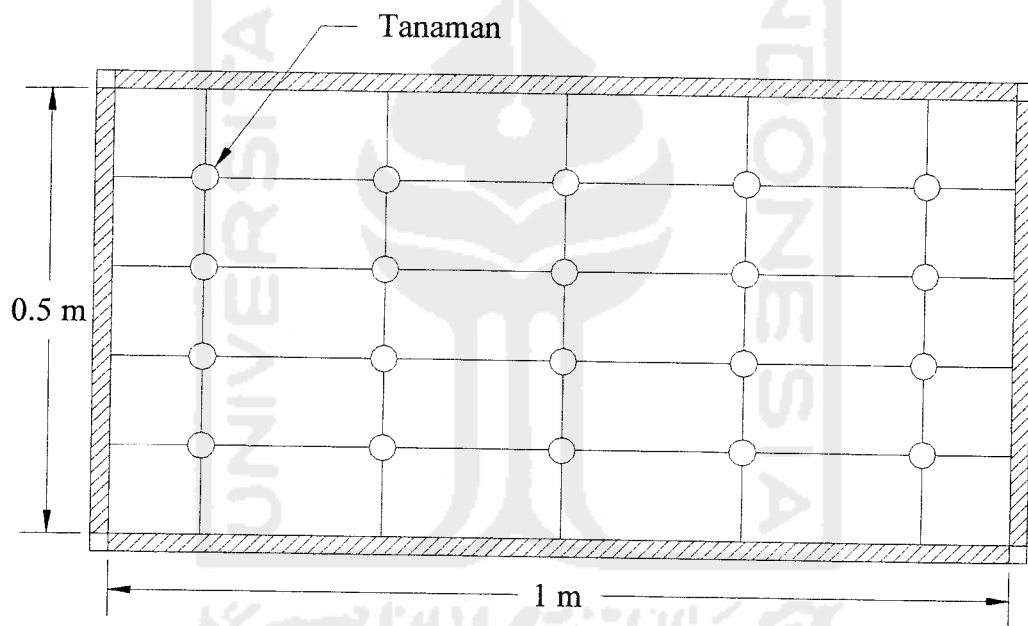
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kapasitas serapan tanaman terhadap Merkuri (Hg) yang terdapat dalam limbah laboratorium kualitas lingkungan dengan menggunakan sistem pengolahan secara alamiah (*constructed wetland*). Sedangkan tanaman yang akan dipergunakan adalah Enceng Gondok. Lamanya penelitian disesuaikan dengan umur tanaman uji baik yang harus dilakukan pembenihan sendiri (Enceng Gondok) maupun yang sudah tersedia. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12. Pertimbangannya adalah bahwa waktu pengambilan disesuaikan dengan kemampuan daya serap yang dimiliki oleh tanaman.

#### c. Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini dipergunakan reaktor berupa lahan yang dikonstruksi sedemikian rupa, sehingga tidak terjadi kontak langsung dengan tanah. Caranya yaitu dengan melapisi reaktor dengan plastik. Sedangkan untuk mencegah masuknya air hujan ke dalam reaktor, maka dibuat rumah pelindung. Untuk dimensi reaktor *batch constructed wetland* adalah sebagai berikut :

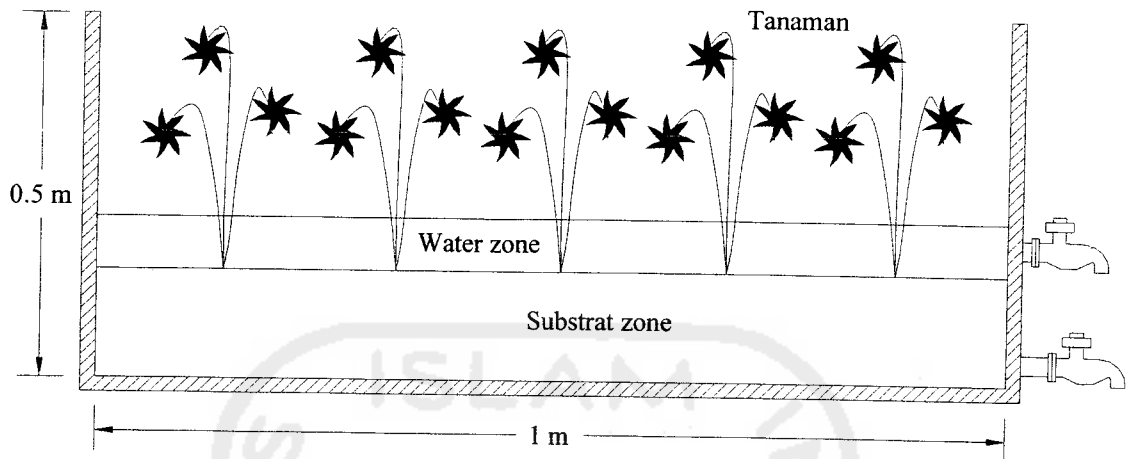
Tabel 3.1 Persamaan Reaktor Awal

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Waktu detensi	Td	12	hari		
Luas	A	P = 1 L = 0.5	m	$A = \frac{\text{volume}}{H_{\text{air}}}$	



Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)





**Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)**

#### **d. Pengamatan**

Pengamatan disini maksudnya adalah pengamatan secara visual terhadap tanaman uji yang meliputi tingkat pertumbuhan (berat basah dan berat kering dan tinggi tanaman) dan daya tahan terhadap air limbah. Hasil pengamatan ini hanya dipergunakan sebagai data pendukung Sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penyerapan oleh tanaman.

#### **e. Analisa Data**

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat removal) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji).

Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan software statistik.

### **3.6 Parameter Penelitian**

Penelitian ini dilakukan analisa pengukuran dan pengujian parameter Hg (Merkuri) pada limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan UII berdasarkan tingkat konsentrasi dan variasi waktu penelitian. Parameter Hg diuji karena belum adanya pengolahan pada limbah cair kualitas lingkungan dan pada pengujian awal limbah tersebut kadar Hg yang diperoleh sebesar 0,2969 mg/L sedangkan ambang batas yang diperbolehkan hanya 0,001 mg/L berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 oleh karena itu harus ada pengolahan konsentrasi Hg terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Konsentrasi Hg dihasilkan dari aktivitas praktikum Teknik Lingkungan dan juga penelitian-penelitian yang dilakukan mahasiswa maupun pihak lain khususnya yang menggunakan logam Hg.

### **3.7 Metode Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.7.1 Pengambilan Sampel Awal**

Sampel diambil dari laboratorium kualitas lingkungan. Pada setiap kegiatan praktikum, maka limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan tersebut akan ditampung di dalam drum-drum yang telah disediakan. Setelah debit air yang dibutuhkan telah cukup maka air limbah tersebut dimasukkan ke dalam reaktor dengan konsentrasi yang telah ditetapkan.

### 3.7.2 Kualitas Air Limbah

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengaliran *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah cair laboratorium kualitas lingkungan, yang akan dijadikan obyek penelitian dan analisa adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% tanpa tanaman yang digunakan sebagai kontrol analisa dan 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% ditanami tanaman eceng gondok. Variasi konsentrasi air limbah dilakukan dengan pengenceran yang menggunakan air sumur. Pengaliran limbah cair pada reaktor dilakukan selama 12 hari, kemudian dilakukan analisa laboratorium kualitas air pada variasi waktu ke 3, 6, 9, dan 12 hari cuplikan limbah dari outlet reaktor. Adapun variasi limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.2. Variasi Konsentrasi Limbah Cair**

No	Konsentrasi Limbah Tanpa Tanaman (%)	Konsentrasi Limbah Dengan Tanaman (%)	Volume Limbah (Liter)	Volume Pengencer (Liter)
1	100	100	100	0
2	75	75	75	25
3	50	50	50	50
4	25	25	25	75
5	0	0	0	100

### 3.7.3 Tanaman Eceng Gondok

Tanaman Eceng Gondok diperoleh di sawah-sawah maupun di perairan lainnya, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan tanaman eceng



gondok sebanyak 100 gram. Ketentuan jarak tanaman air tidak ditentukan, dan yang terpenting permukaan air tidak tertutup seluruhnya dengan tanaman.

### **3.7.4 Desain Sampling**

Pengambilan sampel dilaksanakan pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12. pengambilan sampling pada hari ke nol dilakukan pada saat sampel akan dimasukkan dalam reaktor. Sedang pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 sampel diambil pada outlet reaktor.

### **3.7.5 Pengambilan Sampling**

Pengambilan sampling meliputi :

- a. Sampel diambil dari reaktor dengan menggunakan ember plastik.
- b. Ember plastik bagian dalam dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan air bersih.
- c. Sampel ditampung di ember yang sudah bersih.
- d. Setelah itu sampel dipotong-potong.
- e. Sampel di timbang.
- f. Sampel di masukan ke dalam oven.
- g. Dilakukan destruksi
- h. Masuk ke dalam alat agitator.
- i. Air sampel di saring.
- j. Di masukan ke dalam botol.

### 3.7.6 Analisa AAS

Penentuan kandungan logam Hg dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat spektrofotometer serapan atom model AA-782 Nippon Jarel Ash. Adsorbansi logam Hg diukur dengan menggunakan metode nyala (flame) pada kondisi optimum. Standarisasi alat AAS digunakan larutan blanko dan dapat dibuat deret larutan standar, dimana dari deret larutan standar ini akan diperoleh kurva baku atau kurva standar linear yang dibuat berdasarkan adsorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Hg dengan konsentrasi yang telah diketahui (perhitungan di lampiran 1). Perhitungan konsentrasi hasil pengukuran (C regresi) dengan metode standar kalibrasi dilakukan dengan cara memasukan harga serapan sampel Y, sehingga :

$$Y = b.x \text{ , maka } x = \frac{Y}{b}$$

kadar unsur dalam sampel dihitung dengan persamaan :

$$x = \frac{C_{regresi} \cdot V \cdot P}{g}$$

dengan :

x = kadar unsur (mg/ml)

C regresi = konsentrasi unsur yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar

V = volume larutan sampel ( ml )

P = faktor pengenceran

G = sarat sampel

### 3.8 Metode Analisa Laboratorium

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap analisa kualitas air limbah di laboratorium kualitas lingkungan dengan pengukuran parameter-parameter yang diuji. Tahap-tahap dalam analisa laboratorium yaitu :

1. Analisa awal, dilakukan pada saat pengambilan limbah laboratorium kualitas lingkungan, sebagai data awal konsentrasi limbah (data sekunder).
2. Analisa terhadap variasi waktu, dilakukan sebanyak 5 kali pengambilan sample yaitu pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12 yang diambil dari outlet reaktor *Constructed Wetland* dan setiap sample dilakukan dua kali pengujian laboratorium.

### 3.9 Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman

Pada tanaman dan air limbah laboratorium kualitas lingkungan juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual. Terhadap tanaman uji pengamatan meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun, lebar daun, dan panjang akar) dan daya tahan terhadap air limbah, sedangkan untuk pengamatan pada air limbah meliputi kondisi air, warna air, bau air pH air. Hasil pengamatan ini hanya sebagai data pendukung, sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penyerapan merkuri pada air limbah laboratorium kualitas lingkungan terhadap tanaman eceng gondok.

### 3.10 Metode Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat penurunan timbal pada air limbah laboratorium kualitas lingkungan yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (penurunan konsentrasi) maupun data pendukung (Kondisi air limbah dan kondisi tanaman uji).

Data-data tersebut diolah dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$  menggunakan software SPSS 11.5 yang diawali dengan Between – Subject Factors dengan tujuan untuk melihat jumlah data antara 2 faktor. Untuk Test of Between – SubjectEffects digunakan hipotesis :

- i.  $H_0$  = tidak ada pengaruh waktu detensi / variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.
- ii.  $H_1$  = ada pengaruh waktu detensi / variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

Dengan dasar pengambilan keputusan :

- $\text{Sig} < \alpha$  , maka  $H_0$  ditolak
- $\text{Sig} > \alpha$  , maka  $H_0$  diterima

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses pengolahan limbah Laboratorium dengan sistem *Constructed Wetland* yang menggunakan tanaman Eceng Gondok sebagai media utama didalam proses removal kandungan pencemar air ditentukan dengan terjadinya penyerapan konsentrasi dari parameter merkuri. Dengan menggunakan sistem *Constructed Wetland* ini di harapkan air hasil pengolahan telah memenuhi standart kualitas air buangan dan apabila di buang ke badan air limbah tersebut maka tidak akan mengganggu ekosistem yang ada di sekitarnya.

#### **4.1 Konsentrasi Merkuri Dalam limbah Cair Laboratorium Dan Analisa Pertumbuhan Tanaman.**

Dari hasil pengujian awal parameter yang akan diamati yaitu merkuri pada limbah laboratorium kualitas air yang berasal dari proses aktifitas laboratorium menghasilkan limbah cair. Yang mana konsentrasi awalnya adalah 0.2969 mg/L. Ini diambil dari hari ke 0 dengan reaktor konsentrasi 100% atau tanpa ada proses pengenceran terlebih dahulu. Adapun gunanya mengetahui konsentrasi awal adalah untuk perbandingan atau sebagai efisiensi penyerapan tanaman terhadap limbah laboratorium.

Sebelum penelitian dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta untuk parameter merkuri belum memenuhi atau



masih jauh dari syarat untuk dapat dibuang ke badan air atau sungai yaitu berada di atas 0.001 mg/L. Yang mana melebihi dari Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan keputusan pemerintah Republik Indonesia No 81 th 2001.

Tanaman eceng gondok diambil di daerah maguwo sleman, dalam penelitian ini eceng gondok ditanam pada reaktor yang mana masing-masing reaktor terdapat sekitar 13 eceng gondok yang berat panjang serta ukurannya di perkirakan sama, ini di karenakan agar dalam proses penyerapan tanaman bisa mempunyai kemampuan yang sama. Konsentrasi merkuri pada awal limbah 0.878 mg/L pada pH 2, mengakibatkan layu dan matinya eceng gondok, sehingga harus mengadakan uji ulang pada minggu berikutnya, oleh karena itu pada penelitian berikutnya dengan limbah yang sama dengan pH 7,0 – 7,5 eceng gondok bisa hidup, dengan pH itu eceng gondok tidak mati seperti penelitian awal. Selain itu proses pengenceran setiap reaktor kecuali reaktor 100% ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar penyerapan tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor yaitu 0%, 25%, 50%, dan 75%. Dapat dilihat dari tabel 4.1 hasil penyerapan sebelum penelitian dilakukan di bawah ini :

**Tabel 4.1 Konsentrasi Hg Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok Sebelum Penelitian**

NO	Jenis Sample	Parameter	HASIL PENGUKURAN (mg/L)	METODE
1	Daun	Hg	ttd	Atomic Absorption Spect
2	Akar	Hg	0.0109	Atomic Absorption Spect

Dari data di atas dapat diketahui bahwa sebelum perlakuan sudah terdapat pada akar konsentrasi merkuri sebesar 0.0109 mg/L sedangkan di daun atau batang belum terdeteksi adanya merkuri.

#### 4.2 Konsentrasi Hasil Pemeriksaan Kandungan Merkuri Pada Limbah Cair Terhadap Daun Tanaman Eceng Gondok

Penelitian percobaan ini dilakukan selama 12 hari dengan pengambilan pengamatan dilakukan setiap hari, akan tetapi untuk pengambilan sampelnya dilakukan selang 3 hari, ini bertujuan untuk bisa lebih mengetahui perbandingan penyerapannya yang lebih *signifikan*.

**Tabel 4.2 Konsentrasi Hg Dalam Daun Tanaman Eceng Gondok Pada Saat Penelitian**

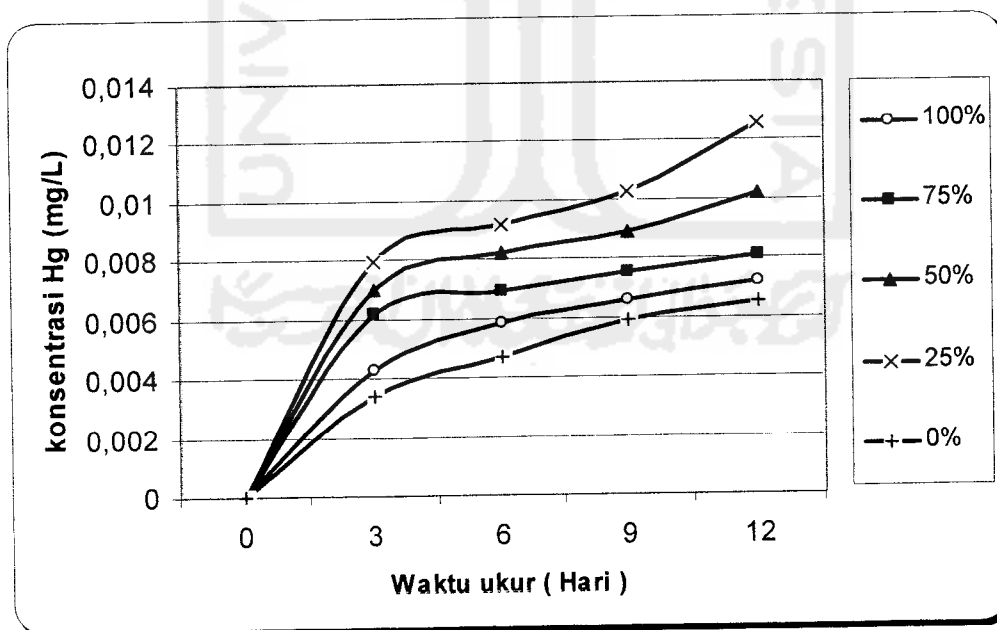
No	Konsentrasi	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel			
			3	6	9	12
1	100%	mg/L	0,0043	0,0058	0,0066	0,0072
2	75%	mg/L	0,0062	0,0069	0,0076	0,0081
3	50%	mg/L	0,007	0,0082	0,0089	0,0102
4	25%	mg/L	0,008	0,0092	0,0103	0,0126
5	0%	mg/L	0,0034	0,0047	0,0059	0,0065

Dari hasil data di atas dapat disimpulkan bahwa penyerapan daun dan batang terhadap tanaman eceng gondok mengalami kenaikan dari hari ke 3 sampai hari ke 12, jadi artinya adanya logam merkuri yang diserap oleh daun dan batang eceng gondok. Walaupun penyerapannya tidak terlalu

banyak akan tetapi tanaman eceng gondok menyerap logam merkuri makin hari makin tinggi kadar yang diserapnya.

Adapun proses penyerapan yang paling tertinggi terdapat pada reaktor konsentrasi 25% dengan kandungan merkurnya 0.0126 mg/L pada hari ke 12, ini bisa di artikan bahwasanya kemampuan penyerapan tanaman eceng gondok akan lebih menyerap kadar-kadar logam berat apabila konsentrasi logam tersebut tidak terlalu besar atau dalam artian limbah tersebut tidak pekat yang mana harus banyak pengenceran yang bisa memudahkan eceng gondok beradaptasi dan penyerapannya lebih stabil.

Berdasarkan Tabel 4.2. di atas dapat dibuat grafik hubungan antara kenaikan penyerapan setelah proses pengolahan dari hari ke-0 sampai hari ke-12 sebagai berikut:



**Gabar 4.1 Grafik Hubungan Penyerapan Kandungan Merkuri Pada Daun Tanaman Eceng Gondok**

Hasil analisis pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penyerapan daun eceng gondok logam Hg terbesar pada reaktor konsentrasi 25%. Semakin lama ditanam semakin besar pula jumlah serapan logam Hg dalam daun eceng gondok. Penyerapan oleh daun dengan reaktor konsentrasi 25% mengalami serapan logam Hg dengan stabil begitu juga dengan reaktor konsentrasi 50% yakni 0,0102 mg/L. Ini disebabkan karena air limbah pada konsentrasi tersebut tidak terlalu jenuh. Penyerapan pada reaktor konsentrasi 100% dan 75% mengalami kejenuhan tanaman sehingga kemampuan tanaman eceng gondok menyerap logam merkuri tidak sebesar reaktor konsentrasi 25% dan 50% ini disebabkan oleh tanaman eceng gondok menjadi lemah akibat pengaruh limbah laboratorium yang pekat dan konsentrasi logamnya sangat tinggi yang mengakibatkan toksisitas pada tanaman. Pernyataan di atas dapat didukung dengan teori yang menyebutkan bahwa didalam tanaman eceng gondok terdapat gugus amino yang mudah terpolarisasi berfungsi sebagai ligand khelat, sehingga membentuk kompleks yang sangat stabil (Mawardi,1997). Logam mengikat gugus-gugus amino dan sulfhidril di dalam enzim tersebut. Akibatnya kerja enzim pada tubuh tanaman akan terganggu dan hal ini mempengaruhi juga pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Semakin tinggi kadar ion-ion logam yang masuk ke dalam tanaman, semakin tinggi pula jumlah enzim-enzim yang kerjanya terganggu di dalam tubuh tanaman tersebut. Hal ini berarti semakin menghambat perkembangan dan pertumbuhan tanaman (Bowen, 1996).

Proses pada reaktor konsentrasi 100% pada waktu kontak dari hari ke-3 sampai hari ke-12 mengalami penyerapan tapi tidak sebesar penyerapan pada reaktor konsentrasi 25%, begitu juga dengan penyerapan yang terjadi pada akar.

Untuk mengetahui seberapa besar kandungan Merkuri (Hg) yang diserap dalam 1 gram daun tanaman eceng gondok, maka hasil uji penyerapan merkuri dalam satuan mg/L dikonversikan menjadi satuan mg/gr. Hasil konversi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.3 Berat Merkuri Tiap 1 gr Pada Daun**

No	Konsentrasi	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel			
			3	6	9	12
1	100%	mg/gr	0,0000391	0,000053	0,0000598	0,0000655
2	75%	mg/gr	0,0000565	0,0000627	0,0000687	0,0000735
3	50%	mg/gr	0,0000637	0,0000749	0,0000808	0,0000926
4	25%	mg/gr	0,0000725	0,0000836	0,0000935	0,000114
5	0%	mg/gr	0,0000308	0,0000429	0,0000538	0,0000593

Pada Tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 100% dalam 1 gram daun tanaman eceng gondok sampai dengan hari ke-12 dapat menyerap merkuri pada limbah laboratorium kualitas lingkungan sebesar 0.0000655 mg/gr ini lebih kecil dibandingkan dengan penyerapan yang terjadi pada konsentrasi 25% yaitu 0.000114 mg/gr. Untuk contoh perhitungan konversi dapat dilihat pada lampiran VI.

### 4.3 Konsentrasi Hasil Pemeriksaan Kandungan Merkuri Pada Limbah Cair Terhadap Akar Tanaman Eceng Gondok

Dalam penelitian ini selain daun yang di periksa, akar juga diperiksa kandungan Hg yang terdapat di akar tanaman eceng gondok. Di bawah ini adalah kandungan merkuri yang telah diserap oleh akar tanaman eceng gondok yaitu :

**Tabel 4.4. Konsentrasi Hg Dalam Akar Tanaman Eceng Gondok Pada Saat Penelitian**

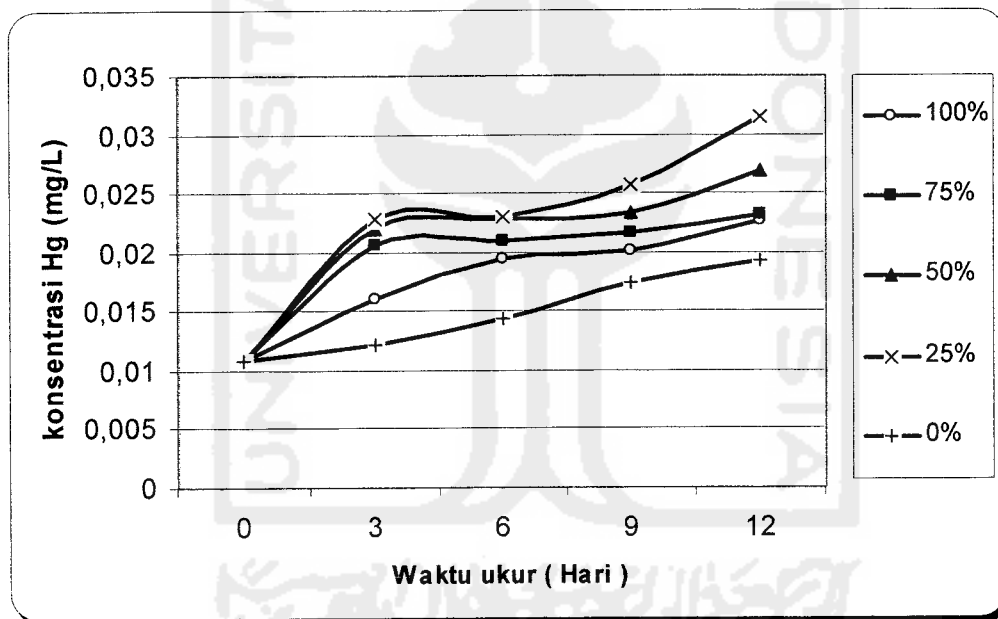
No	Konsentrasi	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel			
			3	6	9	12
1	100%	mg/L	0,016	0,0194	0,0201	0,0227
2	75%	mg/L	0,0207	0,021	0,0216	0,0231
3	50%	mg/L	0,0219	0,0229	0,0234	0,0268
4	25%	mg/L	0,0228	0,023	0,0257	0,0315
5	0%	mg/L	0,0121	0,0143	0,0174	0,0192

Dari tabel di atas menunjukkan besarnya kandungan merkuri dalam akar eceng gondok ditanaman dalam limbah laboratorium dengan variasi konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Penyerapan pada akar eceng gondok pada hari ke-0, sudah terdeteksi sebesar 0.0109 mg/L berbeda dengan daun yang mana hari ke-0 belum terdeteksi logam merkurnya, ini bisa diartikan bahwa sebelum pelakuan pun sudah ada proses penyerapan di eceng gondok walaupun kadar konsentrasinya masih kecil.

Pada tabel di atas juga bisa ditarik kesimpulan bahwa pada hari ke-3 konsentrasi tertinggi penyerapannya pada reaktor konsentrasi 25% yakni

0.288 mg/L sedangkan pada reaktor konsentrasi 100% bisa dilihat tingkat penyerapannya sangat kecil dibandingkan reaktor konsentrasi lainnya yakni 0.016 mg/L dari semua data itu kita bisa tau bahwa apabila semakin tinggi kadar merkuri pada suatu limbah maka tanaman eceng gondok lebih mudah menyerap kadar konsentrasi yang konsentrasinya lebih rendah, ini dikarenakan kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam terbatas.

Dari Grafik 4.2 ini dapat kita lihat perbedaan penyerapan pada akar tanaman eceng gondok dari hari ke-0 sampai hari ke-12 sebagai berikut:



**Gambar 4.2 Grafik Hubungan Penyerapan Kandungan Merkuri Pada Akar Tanaman Eceng Gondok**

Grafik di atas bisa kita lihat kandungan logam merkuri dalam akar dari hari ke-0 sampai hari ke-12 mengalami kenaikan setiap konsentrasinya. Kandungan merkuri terbesar atau paling tinggi tingkat penyerapannya terdapat pada reaktor konsentrasi 25% dan kandungan merkuri yang paling

rendah tingkat penyerapannya terdapat pada reaktor konsentrasi 100%. Dan dari grafik atau gambar di atas kita juga bisa lihat bahwa pada hari ke-3 sampai hari ke-12 tingkat penyerapan dari akar pada reaktor konsentrasi 25% sangat stabil, hampir dari semua hari tingkat penyerapannya paling tinggi terdapat pada reaktor konsentrasi 25%. Pada reaktor konsentrasi 100% penyerapan pada tanaman eceng gondok juga stabil tetapi tingkat penyerapannya sangat rendah dibandingkan dengan penyerapan pada konsentrasi yang lain yakni reaktor konsentrasi 75%, 50% ini mungkin disebabkan karena kadar air limbah yang jenuh dan jenis logam berat sehingga kemampuan penyerapan pada tanaman eceng gondok tidak maksimal sehingga penyerapannya tidak sebesar pada reaktor konsentrasi yang lainnya. Hal ini didukung dengan dasar teori yang menyebutkan apabila konsentrasi logam yang tersedia semakin kecil, maka yang terserap akan lebih kecil, karena kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam terbatas, peningkatan konsentrasi logam berat yang tinggi menyebabkan toksisitas pada tanaman. Dan juga didukung dengan teori "Penyerapan eceng gondok terhadap logam berat tergantung beberapa hal, seperti jenis logam berat, tercampurnya masing-masing logam berat tersebut dan umur gulma. Penyerapan logam berat persatuan berat kering tersebut lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widyanto dan suselo, 1977). Beberapa logam berat (seperti Hg, Pb, Cu, Cd dan Ag ) mempunyai nilai elektro negatifitas yang tinggi akan mempunyai afinitas yang tinggi pula pada gugusan amino. Ion-ion logam itu merupakan penghambat pada enzim



dengan membentuk garam dengan gugusan sulfidril, atau pun anion oksalat yang membentuk oksalat yang tidak terlarut (haider, 1984).

Dilihat dari Grafik 4.2 kondisi tanaman eceng gondok pada reaktor konsentrasi 75% dan 50% mengalami penyerapan yang stabil juga yang mana bisa diartikan bahwa semakin limbah itu tidak jenuh atau semakin banyak pengenceran yang dilakukan maka tanaman eceng gondok lebih mudah untuk menyerap logam-logam berat yang terdapat pada limbah laboratorium kualitas air teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia. Peningkatan kadar merkuri karena proses penyerapan dan transpirasi di pengaruhi oleh luas permukaan daun jumlah akar yang dimiliki tanaman eceng gondok.

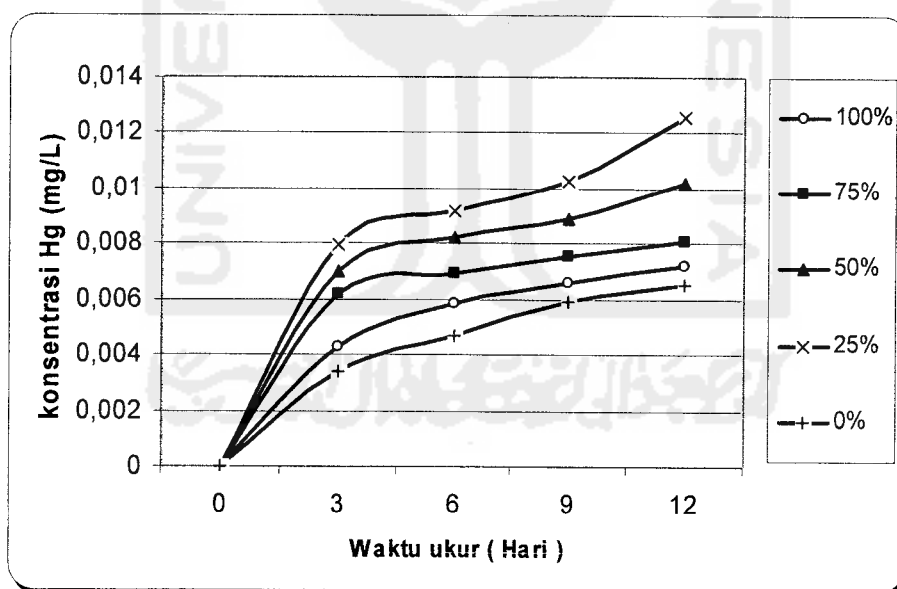
Untuk mengetahui seberapa besar kandungan Merkuri (Hg) yang diserap dalam 1 gram akar tanaman eceng gondok, maka hasil uji penyerapan merkuri dalam satuan mg/L dikonversikan menjadi satuan mg/gr. Hasil konversi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.5 Berat Merkuri Tiap 1 gr Pada Akar**

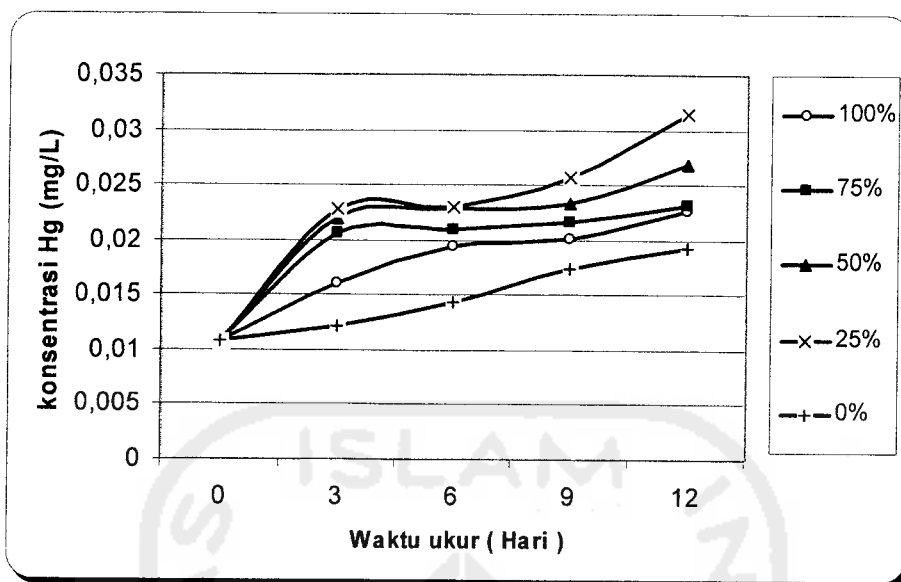
No	Konsentrasi	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel			
			3	6	9	12
1	100%	mg/gr	0,000110	0,000133	0,000138	0,000155
2	75%	mg/gr	0,000142	0,000144	0,000148	0,000158
3	50%	mg/gr	0,000150	0,000157	0,000160	0,000184
4	25%	mg/gr	0,000156	0,000158	0,000176	0,000216
5	0%	mg/gr	0,000083	0,000098	0,000119	0,000132

Pada Tabel 4.5 di atas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 100% dalam 1 gram daun tanaman eceng gondok sampai dengan hari ke-12 dapat menyerap merkuri pada limbah laboratorium kualitas lingkungan sebesar 0,000155 mg/gr ini lebih kecil dibandingkan dengan penyerapan yang terjadi pada konsentrasi 25% yaitu 0,000216 mg/gr. Untuk contoh perhitungan konversi dapat dilihat pada lampiran VI.

Dari semua proses penyerapan yang terjadi pada hari ke-0 sampai hari ke-12 yang terjadi di daun maupun di akar kita bisa ketahui penyerapan paling tinggi terdapat pada akar. Untuk melihat perbandingan yang lebih jelas perbedaan penyerapan antara daun dan akar tanaman eceng gondok setiap variasinya dapat dilihat Gambar 4.3 sebagai berikut :



(a)



(b)

**Gambar 4.3 Konsentrasi Merkuri Pada (a) Daun Dan (b) Akar Tanaman Eceng Gondok**

Pada grafik tersebut menunjukkan perbedaan akar dan daun, yang mana penyerapan logam merkuri oleh tanaman eceng gondok pada akar lebih besar dari pada kandungan merkuri pada daun. Hal ini akan di perjelas dengan Tabel 4.6 hasil penyerapan logam Hg oleh tanaman eceng gondok pada hari terakhir yaitu hari ke-12.

**Tabel 4.6 Hasil Analisis Penyerapan Logam Hg Pada Daun Dan Akar Tanaman Eceng Gondok Pada Hari ke-12**

Konsentrasi Limbah (%)	Serapan Logam Hg (mg/L)	
	Daun	Akar
100	0,0072	0,0227
75	0,0081	0,0231
50	0,0102	0,0268
25	0,0126	0,0315
0	0,0065	0,0192

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi Hg yang terdapat di akar jauh lebih besar dari yang terdapat pada daun. Hal ini disebabkan, karena di dalam fitoremediasi, tanaman eceng gondok termasuk dalam golongan tumbuhan rizofiltrasi. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi dan mengakumulasi bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Sehingga logam yang diserap oleh tanaman cenderung terakumulasi di akar. Data ini didukung dengan teori yang mengatakan akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam berat dan akar melalui bulu akar akan ditransport menuju daun melalui pembuluh (xylem) (Dwidjoseputro, 1986). Akumulasi ion toksik pada akar jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk. Bahkan akan mempunyai toleransi inheren yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk (Lovelees, 1987 dalam Syafi'i, 2007).

#### **4.4 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok Dan Terhadap Kondisi Air Limbah.**

Proses yang terjadi pada hasil penelitian ini tidak terlepas dari hasil penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok dan juga terhadap air limbahnya. Oleh karena itu kita meneliti perkembangan yang terjadi setiap harinya, pertama kita akan melihat hasil dari penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok ini yang meliputi panjang akar, lebar daun, warna

daun dan warna akar. Hasil tersebut dapat kita lihat pada Tabel 4.5 di bawah ini :

**Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari**

Hari Ke	Variasi Morfolagi Tanaman konsentrasi 0%			Kondisi tanaman	
	Panjang akar(cm)	panjang batang(cm)	Lebar daun(cm)	daun	akar
0	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
1	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
2	16,3	40,5	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
3	16,3	40,5	14x14	segar, hijau	hitam kecoklatan
4	16,5	41	14x14	segar, hijau	hitam kecoklatan
5	16,5	41,5	14x14	segar, hijau	hitam kecoklatan
6	17	41,5	14x14,5	segar, hijau	hitam kecoklatan
7	17	42	14x15	segar, hijau	hitam kecoklatan
8	17	42	14x15	segar, hijau	hitam kecoklatan*
9	17,5	42	14,5x16	segar, hijau	hitam kecoklatan
10	17,5	42,5	14,5x16	segar, hijau	hitam kecoklatan
11	18	43	14,5x16	segar, hijau	hitam kecoklatan
12	18	43	14,5x16,5	segar, hijau	hitam kecoklatan

Hari Ke	Variasi Morfolagi Tanaman konsentrasi 25%			Kondisi tanaman	
	panjang akar(cm)	Panjang batang(cm)	Lebar daun(cm)	daun	akar
0	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
1	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
2	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
3	16,3	41	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
4	16,3	41	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
5	16,5	41,5	14x13	segar, hijau*	hitam kecoklatan
6	16,5	41,5	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
7	16,5	41,5	14x13,5	segar, hijau	hitam kecoklatan
8	17	42	14x13,5	segar, hijau	hitam kecoklatan
9	17	42	14x14	segar, hijau	coklat tua
10	17	42	14x14	segar, hijau	coklat tua*
11	17,5	42	14x14	segar, hijau	coklat tua
12	17,5	42	14x14	segar, hijau	coklat tua

Hari Ke	Variasi Morfolagi Tanaman konsentrasi 50%			Kondisi tanaman	
	panjang akar(cm)	Panjang batang(cm)	Lebar daun(cm)	daun	akar
0	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
1	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
2	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
3	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
4	16,3	40	14x12	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
5	16,3	40,5	14x12	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
6	16,3	40,5	14x11,5	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
7	16,3	41	14x11,5	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
8	16,5	42	13x11,5	hijau kekuningan	coklat tua
9	16,5	42	13x11	kuning	coklat tua
10	16,5	42	13x11	kuning*	coklat tua
11	17	42	13x11	kuning	coklat tua*
12	17	42	13x11	kuning	coklat tua

Hari Ke	Variasi Morfolagi Tanaman konsentrasi 75%			Kondisi tanaman	
	panjang akar(cm)	Panjang batang(cm)	Lebar daun(cm)	daun	akar
0	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
1	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
2	16	40	14x12,5	segar, hijau	hitam kecoklatan
3	16	40	14x12	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
4	16	40	14x11	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
5	16,3	40	14x11	hijau kekuningan	coklat tua
6	16,3	40	13x10	hijau kecoklatan	coklat tua
7	16,3	40	13x9	kecoklatan	coklat tua
8	16,5	40	13x9	kecoklatan	coklat tua
9	16,5	40	12,5x7,5	kecoklatan	coklat tua
10	16,5	40	12,5x7,5	kecoklatan	coklat muda
11	17	40	12,5x7,5	coklat	coklat muda
12	17	40	12,5x7,5	coklat*	coklat muda

Hari Ke	Variasi Morfolagi Tanaman konsentrasi 100%			Kondisi tanaman	
	panjang akar(cm)	Panjang batang(cm)	Lebar daun(cm)	daun	akar
0	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
1	16	40	14x13	segar, hijau	hitam kecoklatan
2	16	40	14x12,5	segar, hijau	hitam kecoklatan
3	16	40	14x12	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
4	16	40	14x10	hijau kekuningan	hitam kecoklatan
5	16,3	40	14x10	hijau kekuningan	coklat tua
6	16,3	40	13x9	hijau kecoklatan	coklat tua
7	16,3	40	13x8	hijau kecoklatan	coklat tua
8	16,5	40	12,5x7,5	kecoklatan	coklat tua
9	16,5	40	12,5x7	kecoklatan	coklat tua
10	16,5	40	12,5x7	kecoklatan kering	coklat muda
11	16,5	40	12,5x7	coklat kering	coklat muda
12	16,5	40	12,5x7	coklat kering	coklat muda

Keterangan : \*untuk akar mengalami tumbuh akar-akar baru

\*untuk daun mengalami tumbuh tunas baru

Dari hasil pengamatan di atas dapat terlihat bahwa pertumbuhan tanaman eceng gondok pada setiap harinya mengalami pertumbuhan dan mengalami penyusutan terutama pada daun bisa kita lihat dari pengamatan di atas pada hari ke-0 pada reaktor konsentrasi 25% lebar daun 14x13cm akan tetapi pada hari ke-12 mengalami pertumbuhan yakni 14x14cm artinya disini pada konsentrasi tersebut tanaman eceng gondok mengalami pertumbuhan sekitar 1 cm, akan tetapi pada reaktor konsentrasi 100% pada hari ke-0 lebar daun 14x13cm dan pada hari ke-12 mengalami penyusutan menjadi 12,5x7 artinya bisa dikatakan eceng gondok tersebut layu tetapi

tidak mati, jadi bisa kita lihat bahwa masing-masing konsentrasi terjadi pertumbuhan yang berbeda-beda pada setiap tanaman. Ini dapat dilihat dari perubahan panjang akar, daun, lebar daun dan penambahan jumlah daun pada tanaman eceng gondok. Hal ini disebabkan karena setiap tanaman memiliki tingkat kemampuan untuk tumbuh yang berbeda-beda setelah tanaman tersebut menyerap logam merkuri.

Adapun dari hasil pengamatan kondisi tanaman dapat diamati bahwa pada reaktor konsentrasi 75% pada hari ke-12 warna daun mulai agak kecoklatan atau dapat di indikasikan mulai mengalami kelayuan akan tetapi dari hasil pengamatan tersebut dapat kita lihat tumbuhnya tunas baru artinya setelah mengalami kematian eceng gondok dapat tumbuh kembali dengan tunas yang baru dan menghasilkan eceng gondok muda. Gejala layu, menguning serta membusuknya daun menunjukkan berkurangnya zat hara dan terserapnya zat toksik oleh tumbuhan. Namun dengan munculnya tunas dan akar baru mungkin sebagai cara tumbuhan untuk tetap bertahan hidup (Hidayati, 2002).

Adapun kondisi air limbah pada penelitian ini dilakukan secara visual yang mana bertujuan untuk mengamati kondisi air limbah tersebut setiap harinya dan hasil pengamatan ini bertujuan sebagai data pendukung dari hasil penelitian dan data hasil pengamatan kondisi air limbah tersebut dapat dilihat pada lampiran, akan tetapi pengamatan yang sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penyerapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok.



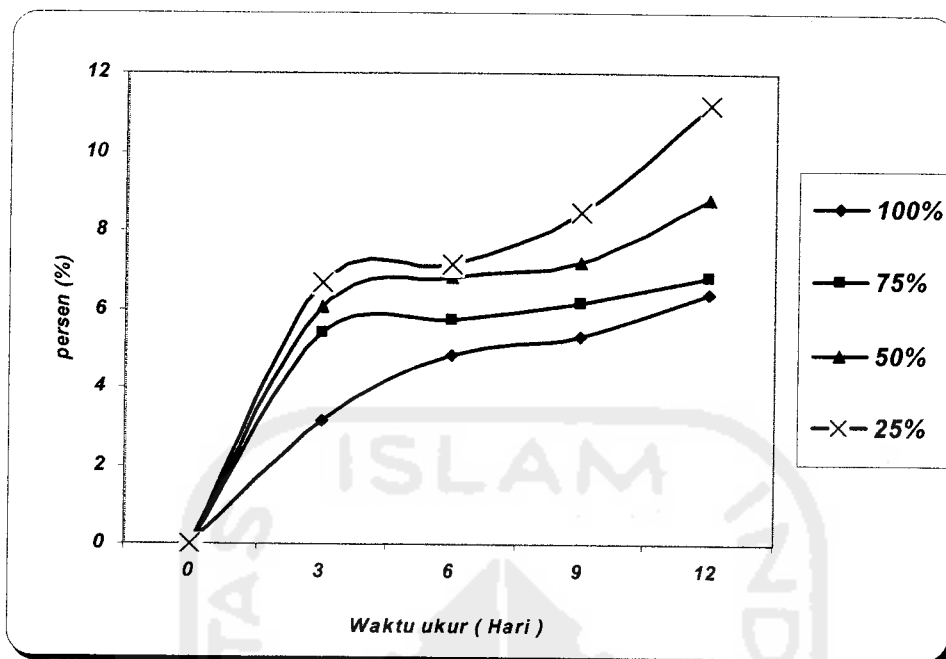
#### 4.5 Efisiensi Penyerapan Logam Hg Oleh Tanaman Eceng Gondok

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dari hasil tersebut dapat dicari efisiensinya dengan cara menggunakan data awal yang dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

**Tabel 4.8 Efisiensi Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng gondok**

NO	Variasi Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Tingkat Penyerapan Hg Oleh Tanaman Pada Hari ke-			
			3	6	9	12
1	100%	%	3,1660	4,8262	5,3159	6,3995
2	75%	%	5,3924	5,7258	6,1502	6,8323
3	50%	%	6,0653	6,8185	7,2051	8,7854
4	25%	%	6,6959	7,1741	8,4473	11,1822
5	0%	%	1,5453	2,7346	4,1819	4,9943

Untuk memudahkan dalam hal pengamatan maka dari Tabel 4.6 dapat dibuat grafik efisiensi penyerapan logam merkuri oleh tanaman eceng gondok di lihat pada Gambar 4.4 di bawah ini:



**Gambar 4.4 Efisiensi (%) Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng gondok**

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi terbesar serapan logam merkuri oleh tanaman dari hari ke-3 sampai hari ke-12 adalah pada reaktor konsentrasi 25% yakni 11,1822 % sedangkan pada reaktor konsentrasi 50% yaitu 8,7854% dan 75% sebesar 6,8323% sedangkan efisiensi terkecil penyerapan tanaman adalah reaktor 100% yakni 6,3995 %. Hal ini dikarenakan pada reaktor konsentrasi 100% pada hari ke-3 dari data hasil pengamatan daun dan akar terlihat bahwa daun mulai mengalami perubahan warna dari hijau segar menjadi hijau kekuning-kuningan disini bisa kita ketahui bahwa kondisi air limbah pada konsentrasi 100% sangat jenuh sehingga mengalami toksisitas pada tanaman sehingga pada konsentrasi tersebut tidak maksimal seperti yang terjadi dikonsentrasi 25% yang mana

dilihat dari hasil pengamatan kondisi tanaman eceng gondok daun dan akar dari hari ke-0 sampai hari ke-12 nampak tetap segar sehingga dapat menyerap dengan stabil. Dan dari Gambar grafik di atas bisa kita lihat bahwa pada hari ke-12 proses penyerapan sangat tinggi di bandingkan hari-hari berikutnya, ini membuktikan bahwa makin hari setiap konsentrasi menyerap limbah dengan stabil, walaupun proses penyerapannya tidak merata. Dengan demikian jika rambut-rambut akar berkurang maka permukaan akar tanaman menyempit, sehingga penyerapan zat-zat disekitarnya menjadi agak sulit dan kemampuan tanaman dalam menyerap zat-zat tersebut menurun dan ini terjadi pada reaktor konsentrasi 100% yang mana efisiensi penyerapan tanaman sangat kecil di bandingkan dengan reaktor konsentrasi yang lain ini memungkinkan adanya proses penyesuaian tanaman terhadap limbah tersebut.

#### **4.6 Perbandingan Hasil Penyerapan Tanaman Dengan Penurunan Kadar Logam Merkuri Di Air Limbah.**

Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel yaitu secara osmosis. kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Jadi jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar tergantung pada jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tanaman eceng gondok, berarti semakin

banyak ion-ion logam tersebut yang masuk ke dalam tubuh tanaman (Supradata, 1992).

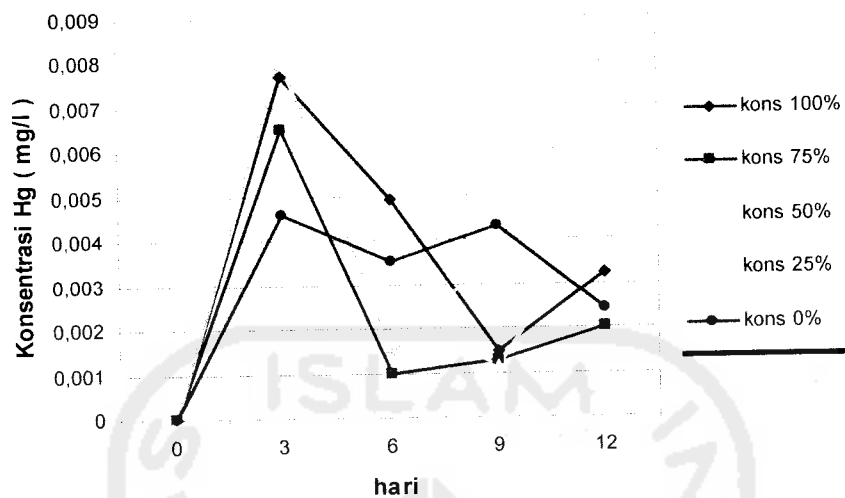
Untuk mengetahui seberapa besar hasil penyerapan eceng gondok terhadap logam merkuri, bisa di lihat dari Tabel 4.7 berikut:

**Tabel 4.9 Hasil Analisa Tingkat Penyerapan Tanaman Eceng Gondok**

TOTAL	Tingkat penyerapan (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
100%	0	0,0077	0,0049	0,0015	0,0032
75%	0	0,0065	0,0010	0,0013	0,0020
50%	0	0,0080	0,0022	0,0011	0,0047
25%	0	0,0082	0,0014	0,0038	0,0081
0%	0	0,0046	0,0035	0,0043	0,0024

Dari hasil data di atas dapat diketahui penyerapan yang paling tinggi terdapat pada hari ke-3 yaitu pada reaktor konsentrasi 25%, dan dari tabel tersebut sangat jelas bahwa semua reaktor konsentrasi pada hari ke-3 sangat tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada hari berikutnya, ini sangat wajar karena pada hari-hari pertama tanaman eceng gondok lebih banyak menyerap logam berat dibandingkan pada hari-hari berikutnya. Data dari Tabel 4.7 didukung dengan teori yang menyatakan, Eceng gondok mampu menyerap logam berat lebih besar pada hari pertama dibanding pada hari berikutnya (Ahmady, 1993).

Hasil dari Tabel 4.7 di atas dapat dibuat grafik yang mana tujuannya untuk memudahkan pengamatan tingkat penyerapan tanaman eceng gondok terhadap logam merkuri pada tiap variasi harinya dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini:



**Gambar 4.5 Hasil Analisa Penyerapan Logam Merkuri Oleh Tanaman Eceng Gondok**

Dari hasil Tabel dan Grafik di atas dapat di bandingkan dengan hasil dari penurunan konsentrasi merkuri pada air limbah, dan di bawah ini adalah hasil dari penurunan kadar merkuri terhadap tanaman eceng gondok:

**Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Tingkat Penurunan konsentrasi merkuri Terhadap Tanaman Eceng Gondok**

TOTAL	Tingkat Penurunan (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
100%	0	0,0167	0,0142	0,0154	0,0197
75%	0	0,0163	0,0163	0,0178	0,0203
50%	0	0,0183	0,0200	0,0209	0,0150
25%	0	0,0198	0,0202	0,0123	0
0%	0	0,0021	0	0	0

Dari data hasil tingkat penurunan tersebut dapat kita bandingkan dengan hasil tingkat penyerapan yang dilakukan oleh tanaman eceng

gondok terhadap logam merkuri, ternyata dari hasil data di atas dapat kita amati bahwa tingkat penyerapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok lebih kecil dari pada tingkat penurunan kadar logam merkuri, ini bisa disebabkan oleh adanya penguapan yang terjadi pada limbah tersebut dan juga dikarenakan adanya pengendapan logam berat di tanah yang mana disini tanah berfungsi sebagai media dalam penurunan kadar logam merkuri, sehingga kadar merkuri yang terserap oleh tanaman eceng gondok tidak sesuai dengan hasil penurunan konsentrasi yang telah dilakukan.

#### **4.6.1 Hubungan Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Eceng Gondok Dengan Hasil Penelitian.**

Daun eceng gondok mempunyai kloroplast yang banyak didalam sel epidermis dan berguna dalam proses fotosintesa. Permukaan sebelah atas daun banyak dijumpai stomata yang berguna untuk penguapan dan transpirasi. Zat-zat yang diserap sebagian didalam tubuh sebagai cadangan makanan, sebagian lagi zat-zat yang diserap dibuang ke udara setelah melalui proses fotosintesis, respirasi dan transpirasi oleh daun (Anonim,2002).

Fenomena yang terjadi pada proses penyerapan Hg yaitu logam berat yang diserap oleh akar dikumpulkan dalam gelembung oksida, dari gelembung-gelembung oksida tersebut akhirnya akan bersatu dengan yang lainnya untuk selanjutnya membungkus timbunan logam, timbunan logam yang terbungkus tersebut kemudian diselimuti oleh suatu membran yang

berpindah keluar dari dinding sel, membran tersebut kemudian bergabung dengan dinding sel bagian luar. Hasil dari proses ini adalah suatu kumpulan timbunan logam pada dinding sel diluar plasma lema. Timbunan serupa juga terjadi dalam jaringan batang dan daun yang diangkut dan ditimbun dengan cara yang sama. Pada tanaman eceng gondok logam berat disimpan dalam sel hypodermis, jaringan stelekolenkim, parenkim, dan sel epidermis (Anonim, 2002).

Hubungan mekanisme teoritis dengan hasil penelitian yaitu tingkat penguapan air dari daun makrofit eceng gondok yang berada diatas permukaan air dapat melakukan aktivitas transpirasi yang melebihi laju penguapan dari perairan terbuka dalam luas yang sama. Peristiwa ini dapat dinyatakan sebagai evapotranspirasi/evaporasi. Hal ini berarti bahwa proses transpirasi aktif dari tumbuhan eceng gondok menyebabkan kehilangan air sekurang-kurangnya dua kali jumlah air yang hilang melalui penguapan (evaporasi) saja. Besarnya kehilangan air dalam evaporasi menunjukkan tingkat penyerapan air beserta zat-zat terlarut didalamnya cukup besar, sesuai dengan sifatnya yang mirip spons, sehingga eceng gondok efektif dalam menyerap unsur-unsur pencemar dalam air.

Konsentrasi logam yang akan diserap oleh tanaman masuk melalui sistem perakaran, unsur merkuri masuk melalui stomata, dimana merkuri yang dihasilkan dari proses alam maupun proses industri akan bergabung dengan partikel-partikel udara dan masuk kedalam tanaman pada saat

stomata tanaman membuka, sedangkan unsur merkuri (Hg) terabsorpsi oleh akar pada saat akan mengabsorpsi air dan unsur hara.

Pada hasil penelitian ini menunjukkan kapasitas serapan kandungan logam merkuri dalam limbah laboratorium pada akar lebih besar dari pada yang ada di daun. Hal ini disebabkan karena akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam merkuri dan akar melalui bulu akar akan ditransport menuju daun melalui pembuluh kayu (xylem). Hal ini terjadi dikarenakan adanya proses Rhizofiltrasi. Rhizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendap dan mengakumulasi logam-logam pada aliran limbah. Rhizofiltrasi ini merupakan salah satu metode dalam fitoremediasi. Fitoremediasi itu sendiri adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik.

#### **4.6.2 Hubungan Analisis Hasil Penelitian Dengan hasil Penelitian Sebelumnya**

Syafi'I (2007) telah melakukan penelitian yang mana hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyerapan logam khromium dipengaruhi oleh pola tanam dan waktu kontak. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan penyerapan paling besar terdapat di akar tanaman eceng gondok pada waktu kontak 12 hari dengan konsentrasi 100%, yaitu sebesar 7,32 ppm dan penyerapan paling rendah terdapat pada daun tanaman eceng gondok



(*Eichhornia crassipes* (Mart.) dengan konsentrasi 100%, yaitu sebesar 1.13 ppm. Efek toksisitas logam khromium ditunjukkan pada waktu kontak pada waktu kontak 12 hari pada konsentrasi 75% dan 100% pada semua pola tanam dengan indikasi perubahan pada morfologi tanaman seperti rusaknya bagian daun dan akar, tanaman menjadi layu dan akar menjadi rapuh.

Pada penelitian ini juga proses penyerapan secara keseluruhan yang dilakukan oleh eceng gondok sangat kecil berbeda pada penelitian-penelitian yang sebelumnya yang telah dilakukan oleh para pakar Widyanto dan Susilo (1981) yang menyatakan bahwa dalam waktu 24 jam eceng gondok dapat menyerap logam merkuri (Hg) sebesar 1.35 mg/g bila logam tidak tercampur. Hal ini terjadi karena adanya proses penguapan (*evaporasi*) pada air limbah sehingga tingkat aktivitas penyerapannya sangat kecil dan juga dipengaruhi proses fitovolatilisasi yaitu suatu proses yang terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun sehingga konsentrasi merkuri yang terdapat ditanaman tidak terlalu besar.

## **4.7 Analisis Statistik**

### **4.7.1 Uji Anova merkuri**

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan yang signifikan antara dua faktor, yang dalam kasus ini akan diuji apakah ada interaksi antara waktu pengambilan sampel dan variasi konsentrasi air limbah terhadap penyerapan kadar merkuri

### Hipoteses

Hipoteses untuk kasus ini,

$H_0$  = tidak ada pengaruh waktu detensi / variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

$H_1$  = ada pengaruh waktu detensi / variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

### Pengambilan keputusan

Dengan dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas:

- Jika probabilitas  $> 0,05$  maka diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$  maka ditolak

#### 4.7.2 Uji statistik Parameter Merkuri Pada Akar Tanaman

**Tabel 4.11 Hasil uji anova subjects factors untuk Akar**

		Between-Subjects Factors	
		Value Label	N
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

**Tabel 4.12 Hasil uji anova Subjects Effects untuk Akar****Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Hg.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.001 <sup>a</sup>	8	.000	20.795	.000
Intercept	.009	1	.009	2130.327	.000
WAKTU	.001	4	.000	30.544	.000
LIMBAH	.000	4	.000	11.046	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.010	25			
Corrected Total	.001	24			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .868)

Terlihat dari Tabel di atas bahwa F hitung adalah 11,046 dengan probabilitas 0.000. oleh karena probabilitas  $< 0.05$ , maka  $H_0$  ditolak ini berarti variasi konsentrasi air limbah dan variasi waktu pengambilan air limbah mempunyai pengaruh terhadap perbedaan penyerapan logam merkuri oleh akar.

**4.7.3 Uji statistik Parameter Merkuri Pada Daun Tanaman****Tabel 4.13 Hasil uji anova subjects factors untuk Daun****Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

**Tabel 4.14 Hasil uji anova Subjects Effects untuk Daun****Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Hg.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.000 <sup>a</sup>	8	.000	39.199	.000
Intercept	.001	1	.001	928.882	.000
WAKTU	.000	4	.000	65.168	.000
LIMBAH	.000	4	.000	13.231	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.001	25			
Corrected Total	.000	24			

a. R Squared = .951 (Adjusted R Squared = .927)

Terlihat dari Tabel di atas bahwa F hitung adalah 13,231 dengan probabilitas 0.000. oleh karena probabilitas  $< 0.05$ , maka  $H_0$  ditolak ini berarti variasi konsentrasi air limbah dan variasi waktu pengambilan air limbah mempunyai pengaruh terhadap perbedaan penyerapan logam merkuri oleh daun.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan tanaman eceng gondok pada sistem *Constructed Wetland* yang digunakan untuk mengolah limbah laboratorium menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menyerap kandungan merkuri pada limbah laboratorium kualitas lingkungan
2. Tingkat penyerapan paling tinggi terdapat pada akar yaitu 0,0315 mg/L pada reaktor konsentrasi 25% waktu kontak hari ke-12 sedangkan pada reaktor konsentrasi 100% hanya 0.0227 mg/L. Efisiensi Penyerapan total yang paling tinggi terdapat pada tanaman yaitu pada reaktor konsentrasi 25% dengan tingkat penyerapan sebesar 11,1822% sedangkan efisiensi pada reaktor konsentrasi 100% paling kecil yakni 6,3995 %.
3. Dari hasil penelitian tersebut limbah cair laboratorium kualitas lingkungan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok yaitu semakin tinggi konsentrasi pada limbah tersebut maka semakin tinggi pula toksisitas yang terjadi pada tanaman.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Disarankan untuk melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair laboratorium lingkungan sebelum diolah dengan menggunakan sistem *Constructed Wetland*.
2. Disarankan untuk mengembangkan penelitian dari segi pengaliran limbah yaitu secara terus-menerus (*kontinue*) dan variasi tanaman serta mengembangkan penelitian dengan pengujian dampak kontaminan pada tanaman terhadap makhluk hidup.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dapat disempurnakan lagi dengan memperhatikan tanah sebagai media tumbuh dan hidup tanaman dalam sistem *Constructed Wetland*.

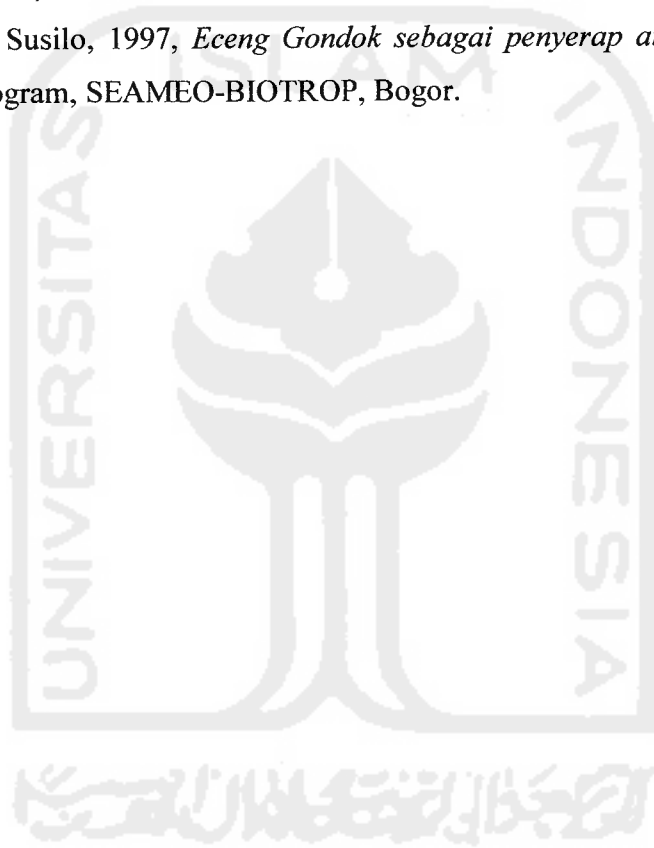
## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi.D, 2004, *Pengaruh Waktu Tinggal dan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Penurunan Kadar Hg Dalam Limbah Pencucian Emas*, Skripsi STTL, Yayasan Lingkungan, Yogyakarta.
- Ahmady.D, 1993, *Efektivitas Penyerapan Hg dan Pengaruhnya Pada Eceng Gondok*, skripsi Fakultas Biologi, UGM, Yogyakarta.
- Andriyani.U, 2005, *Studi pengolahan limbah cair industri pengalengan jamur dengan reaktor Constructed Wetland menggunakan tanaman kangkung air (Ipomoea aquatica Forsk)*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Anonim,2002, jurnal purifikasi, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854>
- Connel,W., Des,Miller., and Gregory., 1984, *Chemistry and Ecotoxicologi of pollutan*, A Willey Interscience Publication, New York.
- Darmono, 1994, *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*, UI Press, Jakarta
- Dhahiyat, 1974, *Aspek Ekologi Gulma Air Dalam analisa Dampak Lingkungan*, Kursus Dasar-dasar Analisa Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Bandung.
- Diana.B.A, 2007, *Pengolahan air limbah pabrik tahu dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (Ipomea Aquatica Forks) dalam Constructed Wetland*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Dwidjoseputro, 1992, *Fisiologi Tumbuhan*, PT.Gramedia, Jakarta.
- Faisal, 2005, *Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Eceng Gondok*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Fardiaz.S, 1985, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta
- Foth.A.H, 1991, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Gajah Mada University Press, yogyakarta

- Grambel.R.P and W.H.Patrick Jr,1978, *Chemical and Microbiological Properties of Anaerobic Soils and Sediments*, Ms Thesis in Biological system Engineering, Blacksburg
- Khalia.N, 2006, *Analisa Timbal dalam daun dan glodokan Tiang (polyalthia longifolia) Thwait pada kawasan lalulintas padat di DIY*, Skripsi MIPA UII, Yogyakarta
- Kristanto.P,2002, *Ekologi Industri*, LPPM Universitas Kristen PETRA, Surabaya
- Met Calf dan Eddy,1990, *Waste Water Engineering Treatment Disposal re Use*, New York, Mc Brow – Hill, Tenth Edition
- Najichah, 2006, *Toksisitas logam berat pada tanaman*, Skripsi MIPA UII, Yogyakarta
- Palar.H, 1994, *Pencemaran dan toksikologi logam berat*, Rineka Cipta, Jakarta
- Priyanto.B dan Prayitno.J, 2004, *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat*, jurnal purifikasi, <http://www.itl,bppt.com/sublab/ifloral.htm>
- Sastroutomo, 1991, *Ekologi Gulma*, PT.Gramedia, Jakarta.
- Siswoyo.E, 2002, *Pengolahan Air Buangan Domestik (Gray Water) Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) Dalam Constructed Wetland*, Jurusan Teknik Lingkungan, dan PPLH-UII, Yogyakarta
- Soerjani.S.W, 1975, *Eceng Gondok Sebagai Penyerap Pencemar*, SEAMEO, Biotrop, Bogor
- Suratmihardja.R.T.M, Adnan.K, dan Sanusi,1982, *Perairan Teluk Jakarta Ditinjau Dari Tingkat Pencemarannya*, Fakultas Pascasarjana, Jurusan PSL, IPB
- Syafi'i.I.A, 2007, *Penyerapan logam khrom (Cr) pada limbah penyamakan kulit dengan tanaman eceng gondok*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Tania.I, 2006, *Penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS DAN pH limbah cair industri pembuatan tahu dengan Constructed Wetland yang menggunakan tanamn paku air (Azolla Pinnata)*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta



- Tjitrosoedirjo dan Sastroutomo, 1985, *Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat*, jurnal purifikasi, [bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm](http://bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm). ( diakses pada tanggal 1 agustus 2004 )
- Moenandir.J dan hidayat.S, 1993, *Peranan eceng gondok dan kangkung air pada peningkatan mutu air limbah*, agrivita vol 16 no.2 (diakses pada tanggal 7 februari 2007)
- Widyanto, L dan Susilo, 1997, *Eceng Gondok sebagai penyerap air*, tropikal pest biologi program, SEAMEO-BIOTROP, Bogor.



# **LAMPIRAN**



The background features a large, faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is circular and contains the text 'UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA' around the perimeter. In the center, there is a stylized emblem consisting of a crescent moon and a star above a tree-like structure. At the bottom of the emblem, there is Arabic calligraphy.

# LAMPIRAN

## I

STANDAR AIR BUANGAN

**Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001 (Badan Air)**

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Badan Air Kelas I *)	Teknik Pengujian
<b>FISIKA</b>				
1	Temperatur	°C	-	Temperatur
2	Zat padat terlarut	mg/l	1000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	50	Gravimetri
<b>KIMIA ANORGANIK</b>				
4	pH	-	6 - 9	pH meter
5	BOD	mg/l	2	Titrimetri/winkler
6	COD	mg/l	10	Reflux kalium dikromat
7	DO	mg/l	6	DO meter
8	Total Fosfat	mg/l	0.2	Spektrofotometri
9	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
10	NH <sub>3</sub> -N	mg/l	0.5	Spektrometri (Nesler)
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-
12	Kobalt (Co)	mg/l	0.2	AAS
13	Barium (Ba)	mg/l	1	-
14	Boron (B)	mg/l	1	-
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	AAS
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	AAS
17	Khrom (VI)	mg/l	0.05	AAS
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0.02	AAS
19	Besi (Fe)	mg/l	0.3	AAS
20	Timbal (Pb)	mg/l	0.03	AAS

21	Mangan (Mn)	mg/l	0.1	AAS
22	Air Raksa (Hg)	mg/l	0.001	AAS
23	Seng (Zn)	mg/l	0.05	AAS
24	Khlorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	600	Titrimetri
25	Sianida (CN)	mg/l	0.02	Destilasi
26	Flourida (F)	mg/l	0.5	Spektrofotometri
27	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	0.06	Spektrofotometri (NED)
28	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	400	Spektrofotometri
29	Khlorin Bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	0.03	Titrimetri
30	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/l	0.002	Spektrofotometri
	<b>KIMIA ORGANIK</b>			
31	Minyak dan Lemak	mg/l	1000	Ekstraksi/gravimetri
32	Detergen sebagai MBAS	mg/l	200	Spektrofotometri
33	Fenol	mg/l	1	Titrimetri
	<b>MIKROBIOLOGI</b>			
34	Fecal Coliform	Jumlah per 100 ml	100	MPN
35	Total Coliform	Jumlah per 100 ml	1000	MPN

# LAMPIRAN

## II

HASIL UJI LABORATORIUM





**DINAS KESEHATAN PROPINSI DIY**  
**BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA**  
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

**SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN**

Nama Pengirim : Andi Rais  
Alamat : UII Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta  
Jenis Contoh Uji : Daun dan Akar  
Diambil/diterima Tgl : 04 Januari 2007  
Parameter uji : Merkuri (Hg)  
Tanggal Pengujian : 04 Januari 2007

Hari ke 0

No	Kode Sampel	Consentrasi mg/l	Abs
1	Daun	Ttd	
2	Akar	0,0109	0,0183

Hari ke 3


No	Kode Sampel	Consentrasi	Abs
1	100 % Daun	0,0043	0,0178
2	75% Daun	0,0062	0,0179
3	50% Daun	0,007	0,0180
4	25 % Daun	0,008	0,0181
5	0 % Daun	0,0034	0,0177
6	100 % Akar	0,016	0,0186
7	75 % Akar	0,0207	0,0189
8	50% Akar	0,0219	0,0190
9	25 % Akar	0,0228	0,0191
10	0 % Akar	0,0121	0,0183

Hari ke 6

No	Kode Sampel	Consentrasi mg/l	Abs
1	100 % Daun	0,0058	0,0179
2	75% Daun	0,0069	0,0180
3	50% Daun	0,0082	0,0181
4	25 % Daun	0,0092	0,0181
5	0 % Daun	0,0047	0,0178
6	100 % Akar	0,0194	0,0188
7	75 % Akar	0,021	0,0190
8	50% Akar	0,0229	0,0191
9	25 % Akar	0,023	0,0191
10	0 % Akar	0,0143	0,0185

Catatan : Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Yogyakarta, 26 Januari 2007  
Penanggung Jawab Pemeriksaan

  
Yanti Purwaningsih, ST



**DINAS KESEHATAN PROPINSI DIY**  
**BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA**  
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

**UJI KIMIA LINGKUNGAN**

Nama Pengirim : Andi Rais  
Alamat : UII Jl. Kaliuarang Km. 14,4 Yogyakarta  
Jenis Contoh Uji : Daun dan Akar  
Diambil/diterima Tgl : 04 Januari 2007  
Parameter uji : Merkuri (Hg)  
Tanggal Pengujian : 04 Januari 2007

Hari ke 9

No	Kode Sampel	Consentrasi mg/l	Abs
1	100 % Daun	0,0066	0,0180
2	75% Daun	0,0076	0,0180
3	50 % Daun	0,0089	0,0181
4	25 % Daun	0,0103	0,0182
5	0 % Daun	0,0059	0,0179
6	100 % Akar	0,0201	0,0189
7	75 % Akar	0,0216	0,0190
8	50% Akar	0,0234	0,0191
9	25 % Akar	0,0257	0,0193
10	0 % Akar	0,0174	0,0187

Hari ke 12

No	Kode Sampel	Consentrasi mg/l	Abs
1	100 % Daun	0,0072	0,0180
2	75 % Daun	0,0081	0,0181
3	50 % Daun	0,0102	0,0182
4	25 % Daun	0,0126	0,0184
5	0 % Daun	0,0065	0,0179
6	100 % Akar	0,0227	0,0191
7	75 % Akar	0,0231	0,0191
8	50 % Akar	0,0268	0,0194
9	25 % Akar	0,0315	0,0197
10	0 % Akar	0,0192	0,0188

Catatan : Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Yogyakarta, 26 Januari 2007  
Penanggung Jawab Pemeriksaan

  
Yanti Purwaningsih, ST



dependent variable.. ABSORBAN Method.. LINEAR

wise Deletion of Missing Data

Sample R ,94070  
 Adjusted R Square ,88491  
 Standard Error of Estimate ,82736  
 Standard Error of the Regression ,16331

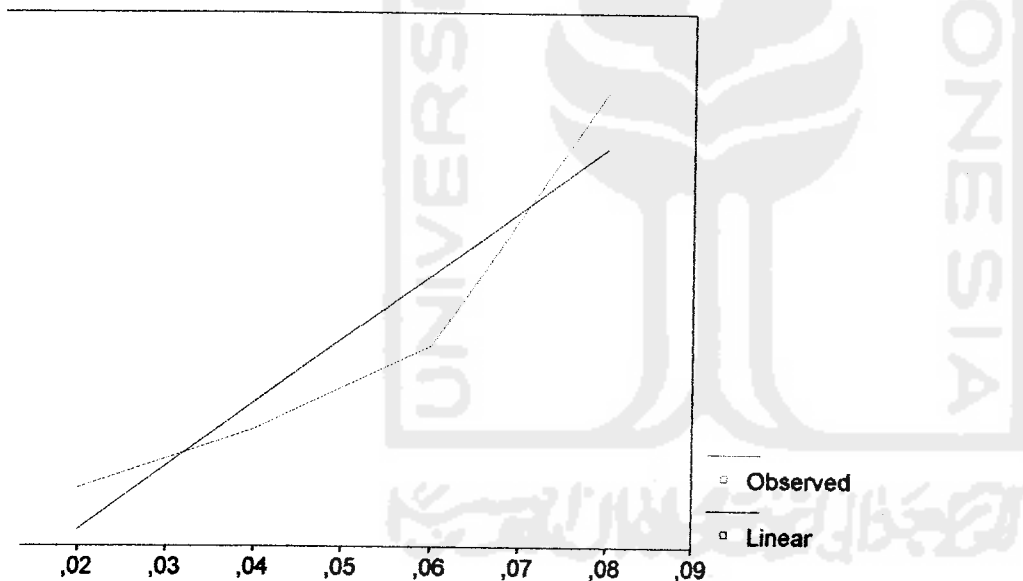
Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	1	,41012480	,41012480
Residuals	2	,05334020	,02667010
	15,37770		Signif F = ,0593

Variables in the Equation

Model	B	SE B	Beta	T	Sig T
Constant	14,320000	3,651719	,940697	3,921	,0593
	-,250500	,200013		-1,252	,3370

Absorban



Konsentrasi Hg (ppm)

Model

Variables Entered/Removed<sup>b</sup>

Variables Entered	Variables Removed	Method
Absorban <sup>a</sup>		Enter

a. Requested variables entered.

b. Dependent Variable: Konsentrasi Hg (ppm)

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,941 <sup>a</sup>	,885	,827	,010728

Predictors: (Constant), Absorban

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1,770E-03	1	1,770E-03	15,378	,059 <sup>a</sup>
Residual	2,302E-04	2	1,151E-04		
Total	2,000E-03	3			

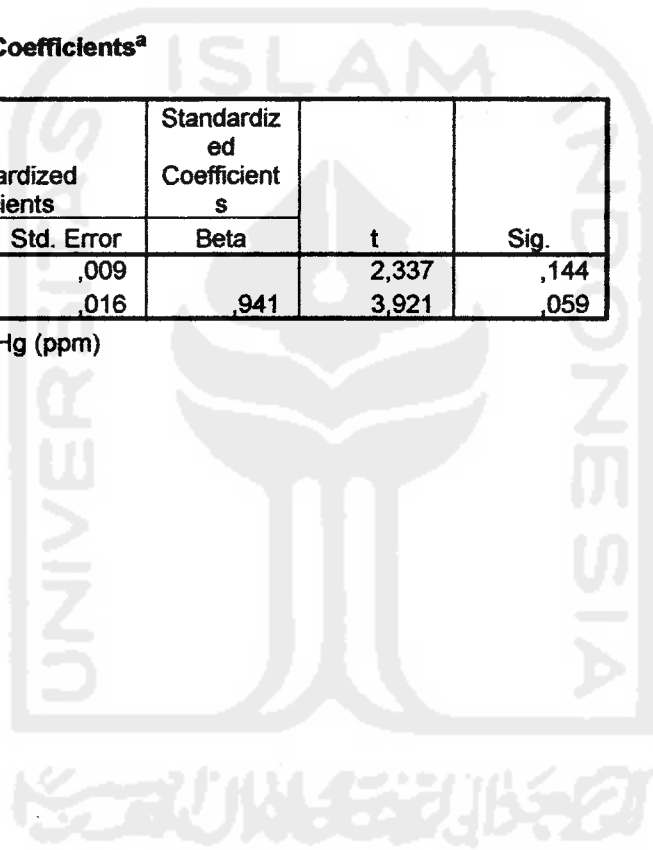
Predictors: (Constant), Absorban

Dependent Variable: Konsentrasi Hg (ppm)

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	2,123E-02	,009		2,337	,144
Absorban	6,180E-02	,016	,941	3,921	,059

Dependent Variable: Konsentrasi Hg (ppm)



# LAMPIRAN

## III

HASIL PERHITUNGAN STATISTIK



## Univariate Analysis of Variance

### Between-Subjects Factors

		Value Label	N
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hg.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.001 <sup>a</sup>	8	.000	20.795	.000
Intercept	.009	1	.009	2130.327	.000
WAKTU	.001	4	.000	30.544	.000
LIMBAH	.000	4	.000	11.046	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.010	25			
Corrected Total	.001	24			

a. R Squared = .912 (Adjusted R Squared = .868)

**Post Hoc Tests  
WAKTU**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Hg.AKAR

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 hari	3 hari	-.007800*	.0013157	.000	-.011831	-.003769
		6 hari	-.009220*	.0013157	.000	-.013251	-.005189
		9 hari	-.010740*	.0013157	.000	-.014771	-.006709
		12 hari	-.013760*	.0013157	.000	-.017791	-.009729
	3 hari	0 hari	.007800*	.0013157	.000	.003769	.011831
		6 hari	-.001420	.0013157	.814	-.005451	.002611
		9 hari	-.002940	.0013157	.217	-.006971	.001091
		12 hari	-.005960*	.0013157	.003	-.009991	-.001929
	6 hari	0 hari	.009220*	.0013157	.000	.005189	.013251
		3 hari	.001420	.0013157	.814	-.002611	.005451
		9 hari	-.001520	.0013157	.776	-.005551	.002511
		12 hari	-.004540*	.0013157	.024	-.008571	-.000509
	9 hari	0 hari	.010740*	.0013157	.000	.006709	.014771
		3 hari	.002940	.0013157	.217	-.001091	.006971
		6 hari	.001520	.0013157	.776	-.002511	.005551
		12 hari	-.003020	.0013157	.197	-.007051	.001011
	12 hari	0 hari	.013760*	.0013157	.000	.009729	.017791
		3 hari	.005960*	.0013157	.003	.001929	.009991
		6 hari	.004540*	.0013157	.024	.000509	.008571
		9 hari	.003020	.0013157	.197	-.001011	.007051
Bonferroni	0 hari	3 hari	-.007800*	.0013157	.000	-.012079	-.003521
		6 hari	-.009220*	.0013157	.000	-.013499	-.004941
		9 hari	-.010740*	.0013157	.000	-.015019	-.006461
		12 hari	-.013760*	.0013157	.000	-.018039	-.009481
	3 hari	0 hari	.007800*	.0013157	.000	.003521	.012079
		6 hari	-.001420	.0013157	1.000	-.005699	.002859
		9 hari	-.002940	.0013157	.401	-.007219	.001339
		12 hari	-.005960*	.0013157	.003	-.010239	-.001681
	6 hari	0 hari	.009220*	.0013157	.000	.004941	.013499
		3 hari	.001420	.0013157	1.000	-.002859	.005699
		9 hari	-.001520	.0013157	1.000	-.005799	.002759
		12 hari	-.004540*	.0013157	.033	-.008819	-.000261
	9 hari	0 hari	.010740*	.0013157	.000	.006461	.015019
		3 hari	.002940	.0013157	.401	-.001339	.007219
		6 hari	.001520	.0013157	1.000	-.002759	.005799
		12 hari	-.003020	.0013157	.356	-.007299	.001259
	12 hari	0 hari	.013760*	.0013157	.000	.009481	.018039
		3 hari	.005960*	.0013157	.003	.001681	.010239
		6 hari	.004540*	.0013157	.033	.000261	.008819
		9 hari	.003020	.0013157	.356	-.001259	.007299

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## Homogeneous Subsets

Hg.AKAR

WAKTU	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 0 hari	5	.010900		
3 hari	5		.018700	
6 hari	5		.020120	
9 hari	5		.021640	.021640
12 hari	5			.024660
Sig.		1.000	.217	.197

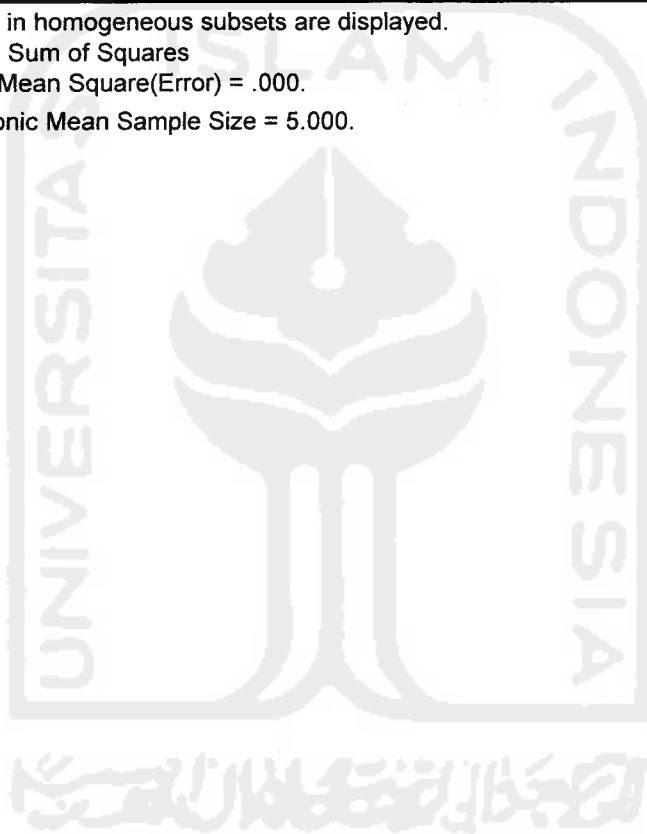
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



# LIMBAH

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: Hg.AKAR

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.008000*	.0013157	.000	-.012031	-.003969
		50%	-.006400*	.0013157	.001	-.010431	-.002369
		75%	-.004680*	.0013157	.019	-.008711	-.000649
		100%	-.003040	.0013157	.192	-.007071	.000991
	25%	0%	.008000*	.0013157	.000	.003969	.012031
		50%	.001600	.0013157	.743	-.002431	.005631
		75%	.003320	.0013157	.134	-.000711	.007351
		100%	.004960*	.0013157	.012	.000929	.008991
	50%	0%	.006400*	.0013157	.001	.002369	.010431
		25%	-.001600	.0013157	.743	-.005631	.002431
		75%	.001720	.0013157	.691	-.002311	.005751
		100%	.003360	.0013157	.127	-.000671	.007391
	75%	0%	.004680*	.0013157	.019	.000649	.008711
		25%	-.003320	.0013157	.134	-.007351	.000711
		50%	-.001720	.0013157	.691	-.005751	.002311
		100%	.001640	.0013157	.726	-.002391	.005671
	100%	0%	.003040	.0013157	.192	-.000991	.007071
		25%	-.004960*	.0013157	.012	-.008991	-.000929
		50%	-.003360	.0013157	.127	-.007391	.000671
		75%	-.001640	.0013157	.726	-.005671	.002391
Bonferroni	0%	25%	-.008000*	.0013157	.000	-.012279	-.003721
		50%	-.006400*	.0013157	.002	-.010679	-.002121
		75%	-.004680*	.0013157	.026	-.008959	-.000401
		100%	-.003040	.0013157	.345	-.007319	.001239
	25%	0%	.008000*	.0013157	.000	.003721	.012279
		50%	.001600	.0013157	1.000	-.002679	.005879
		75%	.003320	.0013157	.226	-.000959	.007599
		100%	.004960*	.0013157	.017	.000681	.009239
	50%	0%	.006400*	.0013157	.002	.002121	.010679
		25%	-.001600	.0013157	1.000	-.005879	.002679
		75%	.001720	.0013157	1.000	-.002559	.005999
		100%	.003360	.0013157	.212	-.000919	.007639
	75%	0%	.004680*	.0013157	.026	.000401	.008959
		25%	-.003320	.0013157	.226	-.007599	.000959
		50%	-.001720	.0013157	1.000	-.005999	.002559
		100%	.001640	.0013157	1.000	-.002639	.005919
	100%	0%	.003040	.0013157	.345	-.001239	.007319
		25%	-.004960*	.0013157	.017	-.009239	-.000681
		50%	-.003360	.0013157	.212	-.007639	.000919
		75%	-.001640	.0013157	1.000	-.005919	.002639

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## Homogeneous Subsets

Hg.AKAR

	LIMBAH	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	0%	5	.014780		
	100%	5	.017820	.017820	
	75%	5		.019460	.019460
	50%	5		.021180	.021180
	25%	5			.022780
	Sig.		.192	.127	.134

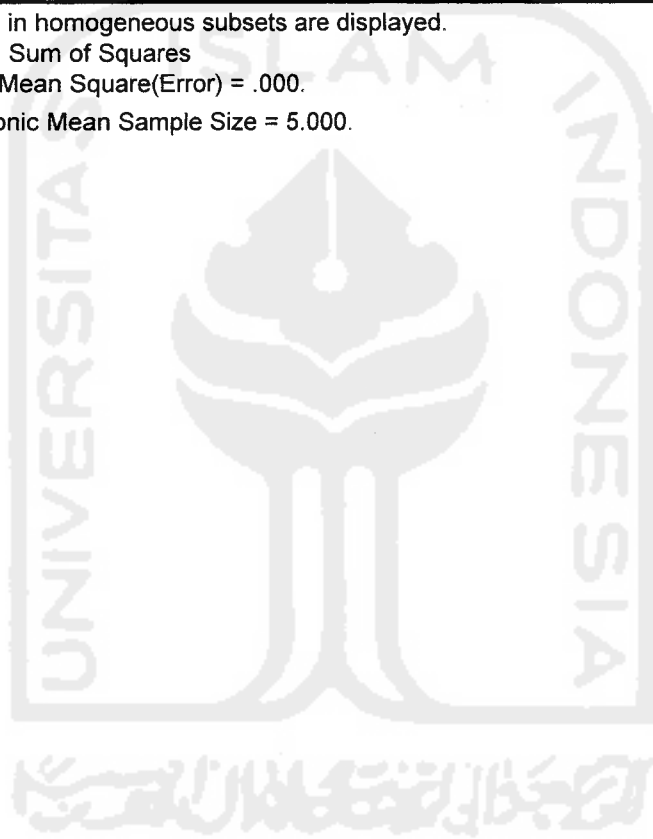
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.





## Univariate Analysis of Variance

### Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
WAKTU	.00	0 hari	5
	1.00	3 hari	5
	2.00	6 hari	5
	3.00	9 hari	5
	4.00	12 hari	5
LIMBAH	.00	0%	5
	1.00	25%	5
	2.00	50%	5
	3.00	75%	5
	4.00	100%	5

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hg.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.000 <sup>a</sup>	8	.000	39.199	.000
Intercept	.001	1	.001	928.882	.000
WAKTU	.000	4	.000	65.168	.000
LIMBAH	.000	4	.000	13.231	.000
Error	.000	16	.000		
Total	.001	25			
Corrected Total	.000	24			

a. R Squared = .951 (Adjusted R Squared = .927)

**Post Hoc Tests  
WAKTU**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Hg.DAUN

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 hari	3 hari	-.005780*	.0006126	.000	-.007657	-.003903
		6 hari	-.006960*	.0006126	.000	-.008837	-.005083
		9 hari	-.007860*	.0006126	.000	-.009737	-.005983
		12 hari	-.008920*	.0006126	.000	-.010797	-.007043
	3 hari	0 hari	.005780*	.0006126	.000	.003903	.007657
		6 hari	-.001180	.0006126	.344	-.003057	.000697
		9 hari	-.002080*	.0006126	.026	-.003957	-.000203
		12 hari	-.003140*	.0006126	.001	-.005017	-.001263
	6 hari	0 hari	.006960*	.0006126	.000	.005083	.008837
		3 hari	.001180	.0006126	.344	-.000697	.003057
		9 hari	-.000900	.0006126	.595	-.002777	.000977
		12 hari	-.001960*	.0006126	.039	-.003837	-.000083
	9 hari	0 hari	.007860*	.0006126	.000	.005983	.009737
		3 hari	.002080*	.0006126	.026	.000203	.003957
		6 hari	.000900	.0006126	.595	-.000977	.002777
		12 hari	-.001060	.0006126	.444	-.002937	.000817
	12 hari	0 hari	.008920*	.0006126	.000	.007043	.010797
		3 hari	.003140*	.0006126	.001	.001263	.005017
		6 hari	.001960*	.0006126	.039	.000083	.003837
		9 hari	.001060	.0006126	.444	-.000817	.002937
Bonferroni	0 hari	3 hari	-.005780*	.0006126	.000	-.007772	-.003788
		6 hari	-.006960*	.0006126	.000	-.008952	-.004968
		9 hari	-.007860*	.0006126	.000	-.009852	-.005868
		12 hari	-.008920*	.0006126	.000	-.010912	-.006928
	3 hari	0 hari	-.005780*	.0006126	.000	.003788	.007772
		6 hari	-.001180	.0006126	.720	-.003172	.000812
		9 hari	-.002080*	.0006126	.037	-.004072	-.000088
		12 hari	-.003140*	.0006126	.001	-.005132	-.001148
	6 hari	0 hari	.006960*	.0006126	.000	.004968	.008952
		3 hari	.001180	.0006126	.720	-.000812	.003172
		9 hari	-.000900	.0006126	1.000	-.002892	.001092
		12 hari	-.001960	.0006126	.056	-.003952	.000032
	9 hari	0 hari	.007860*	.0006126	.000	.005868	.009852
		3 hari	.002080*	.0006126	.037	.000088	.004072
		6 hari	.000900	.0006126	1.000	-.001092	.002892
		12 hari	-.001060	.0006126	1.000	-.003052	.000932
	12 hari	0 hari	.008920*	.0006126	.000	.006928	.010912
		3 hari	.003140*	.0006126	.001	.001148	.005132
		6 hari	.001960	.0006126	.056	-.000032	.003952
		9 hari	.001060	.0006126	1.000	-.000932	.003052

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## Homogeneous Subsets

Hg.DAUN

WAKTU	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 0 hari	5	.000000			
3 hari	5		.005780		
6 hari	5		.006960	.006960	
9 hari	5			.007860	.007860
12 hari	5				.008920
Sig.		1.000	.344	.595	.444

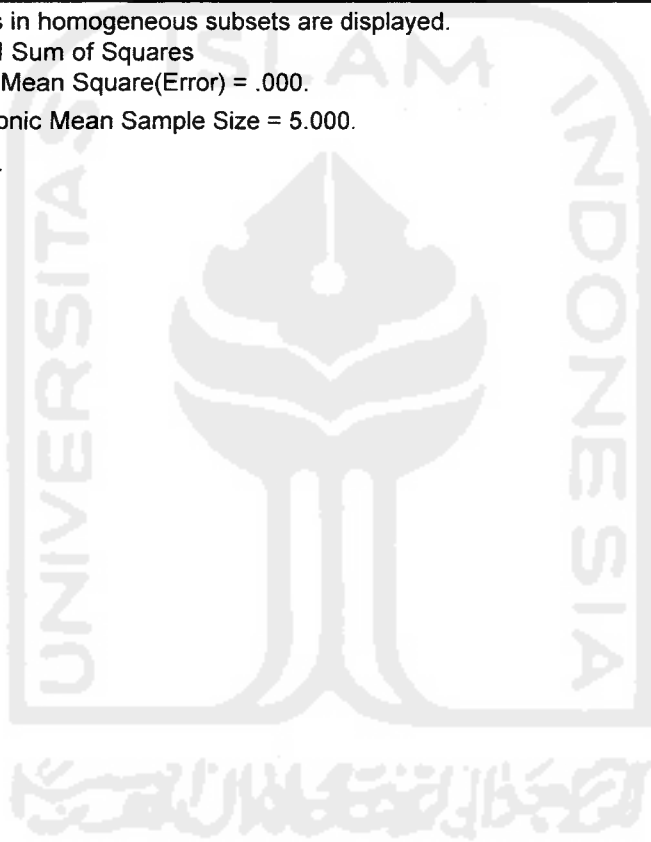
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



# LIMBAH

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: Hg.DAUN

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.003920*	.0006126	.000	-.005797	-.002043
		50%	-.002760*	.0006126	.003	-.004637	-.000883
		75%	-.001660	.0006126	.097	-.003537	.000217
		100%	-.000680	.0006126	.799	-.002557	.001197
	25%	0%	.003920*	.0006126	.000	.002043	.005797
		50%	.001160	.0006126	.359	-.000717	.003037
		75%	.002260*	.0006126	.015	.000383	.004137
		100%	.003240*	.0006126	.001	.001363	.005117
	50%	0%	.002760*	.0006126	.003	.000883	.004637
		25%	-.001160	.0006126	.359	-.003037	.000717
		75%	.001100	.0006126	.409	-.000777	.002977
		100%	.002080*	.0006126	.026	.000203	.003957
	75%	0%	.001660	.0006126	.097	-.000217	.003537
		25%	-.002260*	.0006126	.015	-.004137	-.000383
		50%	-.001100	.0006126	.409	-.002977	.000777
		100%	.000980	.0006126	.518	-.000897	.002857
	100%	0%	.000680	.0006126	.799	-.001197	.002557
		25%	-.003240*	.0006126	.001	-.005117	-.001363
		50%	-.002080*	.0006126	.026	-.003957	-.000203
		75%	-.000980	.0006126	.518	-.002857	.000897
Bonferroni	0%	25%	-.003920*	.0006126	.000	-.005912	-.001928
		50%	-.002760*	.0006126	.004	-.004752	-.000768
		75%	-.001660	.0006126	.155	-.003652	.000332
		100%	-.000680	.0006126	1.000	-.002672	.001312
	25%	0%	.003920*	.0006126	.000	.001928	.005912
		50%	.001160	.0006126	.765	-.000832	.003152
		75%	.002260*	.0006126	.020	.000268	.004252
		100%	.003240*	.0006126	.001	.001248	.005232
	50%	0%	.002760*	.0006126	.004	.000768	.004752
		25%	-.001160	.0006126	.765	-.003152	.000832
		75%	.001100	.0006126	.915	-.000892	.003092
		100%	.002080*	.0006126	.037	.000088	.004072
	75%	0%	.001660	.0006126	.155	-.000332	.003652
		25%	-.002260*	.0006126	.020	-.004252	-.000268
		50%	-.001100	.0006126	.915	-.003092	.000892
		100%	.000980	.0006126	1.000	-.001012	.002972
	100%	0%	.000680	.0006126	1.000	-.001312	.002672
		25%	-.003240*	.0006126	.001	-.005232	-.001248
		50%	-.002080*	.0006126	.037	-.004072	-.000088
		75%	-.000980	.0006126	1.000	-.002972	.001012

Based on observed means.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## Homogeneous Subsets

Hg.DAUN

LIMBAH	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 0%	5	.004100		
100%	5	.004780		
75%	5	.005760	.005760	
50%	5		.006860	.006860
25%	5			.008020
Sig.		.097	.409	.359

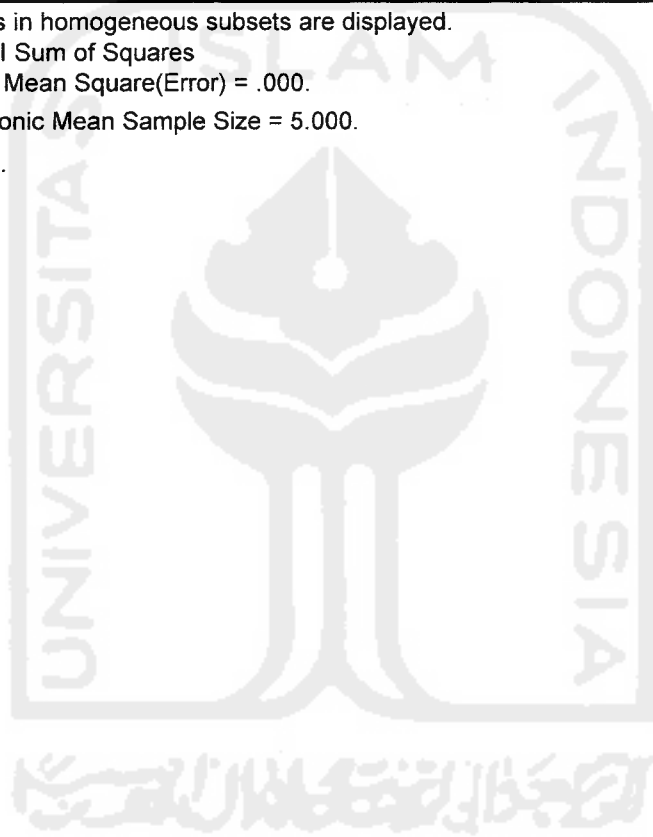
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



# LAMPIRAN

## IV

HASIL PENGAMATAN VISUAL



### Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok

Hari pada limbah 100%	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
Hari ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12.5 cm	0	13	7.5
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x10 cm	0	13	7.5
Hari ke-5	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x10cm	0	13	8
Hari ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
Hari ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x8cm	0	13	8
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	8
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8

Hari ke-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Kecoklatan, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8
Hari ke-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	0	13	8
Hari ke-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Layu, kering, berwarna coklat, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7cm	1	12	8





Hari pada limbah 75%	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
Hari ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12.5 cm	0	13	7
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x11 cm	0	13	7.5
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x11cm	0	13	8
Hari ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x10cm	0	13	8
Hari ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x9cm	0	13	8
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5

Hari ke-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5
Hari ke-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, setengah kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5
Hari ke-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 40 cm	Coklat, kering, ada tumbuh tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x7.5cm	0	13	7.5



Hari pada limbah 50%	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
Hari ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	6.5
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x12 cm	0	13	7
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 14x11.5cm	0	13	7.5
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 41 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 14x11.5cm	0	13	7.5
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 41 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 13x11.5cm	0	13	7.5
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7

Hari ke-10	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7
Hari ke-11	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7
Hari ke-12	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 42 cm	Layu, kuning, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x11cm	0	13	7



Hari pada limbah 25%	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
Hari ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13 cm	0	13	7
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x13.5 cm	0	13	7
Hari ke-8	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13.5 cm	0	13	7
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x14cm	0	13	7

Hari ke-10	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7
Hari ke-11	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7
Hari ke-12	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar - akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru, ukuran daun 14x14cm	0	13	7



Hari pada limbah 0%	Kondisi dan jumlah komponen dari Eceng Gondok					
	akar	Batang	Daun	Mati	Hidup	pH
Hari ke-0	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x13 cm	0	13	6.5
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.3 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 40.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 16.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14 cm	0	13	6.5
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 41.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x14.5 cm	0	13	6.5
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14x15 cm	0	13	6.5
Hari ke-8	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x15 cm	0	13	6.5

Hari ke-9	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
Hari ke-10	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 17.5 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 42.5 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
Hari ke-11	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 18 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 43 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16 cm	0	13	6.5
Hari ke-12	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, Adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 18 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 43 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 14.5x16.5 cm	0	13	6.5



**TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 0 %**

Hari pada Reaktor	Kondisi Air Limbah				pH
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air		
Control					
0 %					
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-1	Normal	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-2	Normal	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-3	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-4	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-5	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening		6,5
Hari ke-6	Normal, agak berbusa	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-7	Normal	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-8	Normal	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-9	Normal	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-10	Normal	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-11	Normal	Tidak berbau	Bening		7
Hari ke-12	Normal	Tidak berbau	Bening		7

Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak hilang	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih	7

**TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 25 %**

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah				pH
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air		
25 %					
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat kekuningan		7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat kekuningan		7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda kekuningan		7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning		7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning		7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning muda		7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik, lemak pada air mulai berkurang	Berbau	Jernih kekuningan		7

	agak berkurang			
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, lemak pada air hanya sedikit, pada air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik semakin banyak	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8

**TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 50 %**

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah				pH
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air		
50 %					
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat		7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat		7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat		7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan		7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan		7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air agak berlemak	Berbau	Kuning agak bening		7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik sedikit, air agak berlemak	Berbau	Kuning bening		8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak pada air	Berbau	Kuning bening		8

	berlemak banyak			
	Terjadi pembusukan, lemak pada air berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8



**TABEL KONDISI AIR LIMBAH RAKTOR KONTROL 75 %**

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
75 %	Normal	Tidak berbau	Coklat muda	7
Hari ke-0	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan, Air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, Air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7,5
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, Mulai tumbuh jentik	Berbau	Kuning muda	7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, Tumbuh jentik	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, Jentik semakin banyak	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan Air	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-8				

	berlemak banyak, jentik semakin banyak			
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air agak berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, lemak pada air semakin berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8



**TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 100 %**

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah				pH
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air		
100%					
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat tua		7,5
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua		7,5
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua		7,5
Hari ke-3	Terjadi pembusukan Air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan		7,5
Hari ke-4	Terjadi pembusukan Air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan		7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, mulai tumbuh jentik	Berbau	Coklat tua kekuningan		7,5
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, air berlemak, tumbuh jentik	Berbau	Kuning kecoklatan		8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, air	Berbau	Kuning kecoklatan		8

# LAMPIRAN

V

DOKUMENTASI



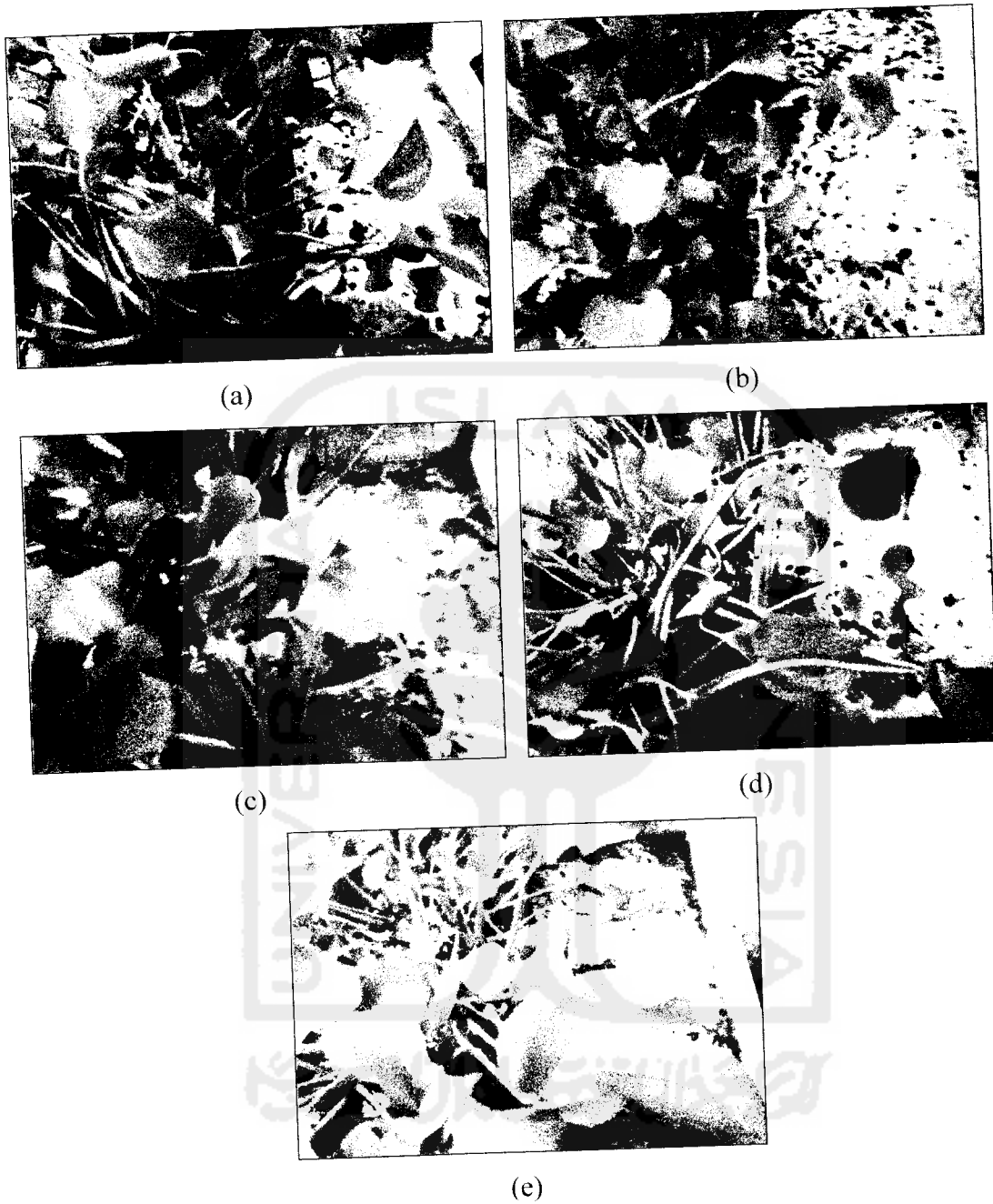


(a)



(b)

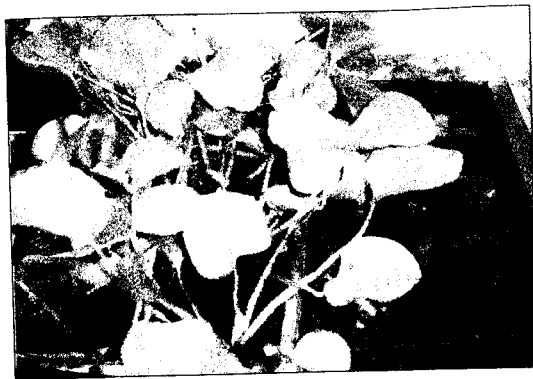
**Gambar.1 (a) Eceng Gondok Sebelum Perlakuan dan (b) Limbah Sebelum Perlakuan**



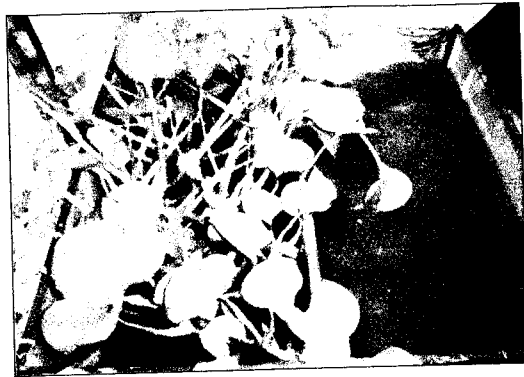
**Gambar.2 Reaktor Pengolahan Constructed Wetland Hari ke-0 dengan Konsentrasi Limbah : (a) 0%, (b) 25%, (c) 50%, (d) 75%, (e) 100%**



**Gambar.3 Reaktor Pengolahan Constructed Wetland Hari ke-3 dengan Konsentrasi Limbah : (a) 0%, (b) 25%, (c) 50%, (d) 75%, (e) 100%**



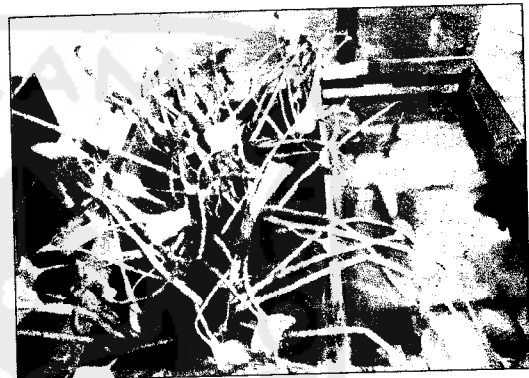
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar.4 Reaktor Pengolahan Constructed Wetland Hari ke-6 dengan Konsentrasi Limbah : (a) 0%, (b) 25%, (c) 50%, (d) 75%, (e) 100%**



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar.5** Reaktor Pengolahan Constructed Wetland Hari ke-9 dengan Konsentrasi Limbah : (a) 0%, (b) 25%, (c) 50%, (d) 75%, (e) 100%

The background features a large, light gray watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is a shield-shaped emblem with a stylized green and white flower or leaf design in the center. The text 'UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA' is written vertically on the left and right sides of the shield, and 'ISLAM' is written horizontally at the top. Below the shield, there is a line of Arabic calligraphy.

# LAMPIRAN

## VI

HASIL PERHITUNGAN KONVERSI



## DATA HASIL ANALISA PERHITUNGAN

### 1. Hasil Perhitungan Konversi Merkuri pada Akar Eceng Gondok

Merkuri yang terdapat pada akar eceng gondok dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$C_2 = C_1 * \left( \frac{V_{air}}{W_{tmn}} \right)$$

Dimana :  $C_1$  = Konsentrasi pada larutan sampel tanaman (mg/L)

$C_2$  = Konsentrasi pada tanaman (mg/gr)

$V_{air}$  = Volume sampel air (L)

$W_{tmn}$  = Berat sampel tanaman (gram)

Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

Konsentrasi limbah 100 %, pada hari ke-0

Diketahui : Berat akar eceng gondok = 36,5 gram

Volume air yang digunakan = 250 mL = 0,25 L

Hasil dari laboratorium = 0,0109 mg/L

Maka, konsentrasi Merkuri pada akar eceng gondok adalah :

$$C_2 = C_1 * \left( \frac{V_{air}}{W_{tmn}} \right) = 0,0109 \text{ mg/L} * \left( \frac{0,25 \text{ L}}{36,5 \text{ gr}} \right)$$
$$= 0.0000747 \text{ mg/gr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

### Penyerapan akar

Konsentrasi	Hari ke-0 mg/L	Hari ke-3 mg/L	Hari ke-6 mg/L	Hari ke-9 mg/L	Hari ke-12 mg/L
100%	0,0109	0,016	0,0194	0,0201	0,0227
75%	0,0109	0,0207	0,021	0,0216	0,0231
50%	0,0109	0,0219	0,0229	0,0234	0,0268
25%	0,0109	0,0228	0,023	0,0257	0,0315
0%	0,0109	0,0121	0,0143	0,0174	0,0192

### Penyerapan akar

Konsentrasi	Hari ke-0 mg/gr	Hari ke-3 mg/gr	Hari ke-6 mg/gr	Hari ke-9 mg/gr	Hari ke-12 mg/gr
100%	0,0000747	0,000110	0,000133	0,000138	0,000155
75%	0,0000747	0,000142	0,000144	0,000148	0,000158
50%	0,0000747	0,000150	0,000157	0,000160	0,000184
25%	0,0000747	0,000156	0,000158	0,000176	0,000216
0%	0,0000747	0,000083	0,000098	0,000119	0,000132

## 2. Hasil Perhitungan Konversi Merkuri pada Daun Eceng Gondok

Merkuri yang terdapat pada daun eceng gondok dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$C_2 = C_1 * \left( \frac{V_{air}}{W_{tmn}} \right)$$

Dimana :  $C_1$  = Konsentrasi pada larutan sampel tanaman (mg/L)

$C_2$  = Konsentrasi pada tanaman (mg/gr)

$V_{air}$  = Volume sampel air (L)

$W_{tmn}$  = Berat sampel tanaman (gram)

Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

Konsentrasi limbah 100 %, pada hari ke-3

Diketahui : Berat daun eceng gondok = 27,5 gram

Volume air yang digunakan = 250 mL = 0,25 L

Hasil dari laboratorium = 0,0043 mg/L

Maka, konsentrasi Merkuri pada akar eceng gondok adalah :

$$C_2 = C_1 * \left( \frac{V_{air}}{W_{tmn}} \right) = 0,0043 \text{ mg/L} * \left( \frac{0,25 \text{ L}}{27,5 \text{ gr}} \right)$$
$$= 0,0000391 \text{ mg/gr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Penyerapan daun

Konsentrasi	Hari ke-0 (mg/L)	Hari ke-3 (mg/L)	Hari ke-6 (mg/L)	Hari ke-9 (mg/L)	Hari ke-12 (mg/L)
100%	0	0,0043	0,0058	0,0066	0,0072
75%	0	0,0062	0,0069	0,0076	0,0081
50%	0	0,0070	0,0082	0,0089	0,0102
25%	0	0,0080	0,0092	0,0103	0,0126
0%	0	0,0034	0,0047	0,0059	0,0065

Penyerapan daun

Konsentrasi	Hari ke-0 mg/gr	Hari ke-3 mg/gr	Hari ke-6 mg/gr	Hari ke-9 mg/gr	Hari ke-12 mg/gr
100%	0	0,0000391	0,0000530	0,0000598	0,0000655
75%	0	0,0000565	0,0000627	0,0000687	0,0000735
50%	0	0,0000637	0,0000749	0,0000808	0,0000926
25%	0	0,0000725	0,0000836	0,0000935	0,0001145
0%	0	0,0000308	0,0000429	0,0000538	0,0000593


Berita Acara  
Seminar Proposal / Hasil Tugas Akhir

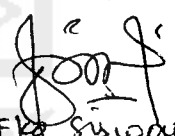
Periode : April 2007  
Hari, Tanggal : Senin, 16 April 2007  
Nama/NIM Mhs : Andy Rais - Mirna Oktawiana  
Judul Proposal : Constructed Wetland on Hg Removal


Berdasarkan penilaian Dosen Pembimbing dan Pengarah, maka Proposal/ Hasil Tugas Akhir Mahasiswa tersebut diatas: ditolak/diterima/diterima\* dengan syarat dan revisi:

1. Redaksional penulisan meth byk kesalahan, abstrak dipabulis, daftar pustaka dibersihapi & dipabulis, blm seara tegas fenomena yg terjadi
2. hubungkan mekanisme teoritis dgn hasil penelitian, analisis hasil dihubungkan dgn hasil penelitian selama
3. ....
4. ....

Dosen Pengarah dan Pembimbing:

Dosen I  
  
(Ir. Kasam, MT)

Dosen II  
  
25/07 18.00  
a  
(Eka Subwoyo, ST)

Dosen III  
  
(Andy Y, ST, MSc)

\*Coret yang tidak perlu

## KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Andy Rais	02513067	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : ~~Pemerataan~~ <sup>Pertyerapan</sup> Konsentrasi ~~HC~~ <sup>HC</sup> Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Ull dengan Constructed Wetland Menggunakan Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

PERIODE : IV  
TAHUN : 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Kasam, MT  
DOSEN PEMBIMBING II : Eko Siswoyo, ST  
DOSEN PEMBIMBING III :

Yogyakarta, 14 Oktober 2006  
Koordinator TA


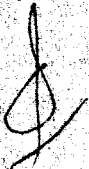






(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar : .....  
Sidang : .....  
Pendadaran : .....

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1	21/03/07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- referensi, diajarkan yang spesifik, relevansi dengan topik, penelitian</li> <li>- perbaikan redaksional</li> <li>- hasil dari data awal dan data digabung.</li> </ul>		
2	4/4/07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaikan penulisan pd grafik</li> <li>- lengkapi Abstrak</li> <li>- Uraian di sesuaikan dgn tujuan penelitian</li> </ul>		
3	8/4/07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ket Gambar 2</li> <li>- di lengkapi nomor</li> <li>- siap kirim</li> </ul>		
4	9/4/07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- idem</li> <li>- siap jilid</li> </ul>	