

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL TERIMA :	14 Mei 2007
NO. JUDUL :	00436
NO. INV. :	520002436001
NO. INDUK :	

TA/TL/2007/0159

TUGAS AKHIR

**FITOREMEDIASI LOGAM KHROM (Cr) PADA LIMBAH
PENYAMAKAN KULIT DENGAN TANAMAN ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)**

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



Oleh :

Nama : Imam Abdullah Syafi'i

No. MHS : 01 513 101

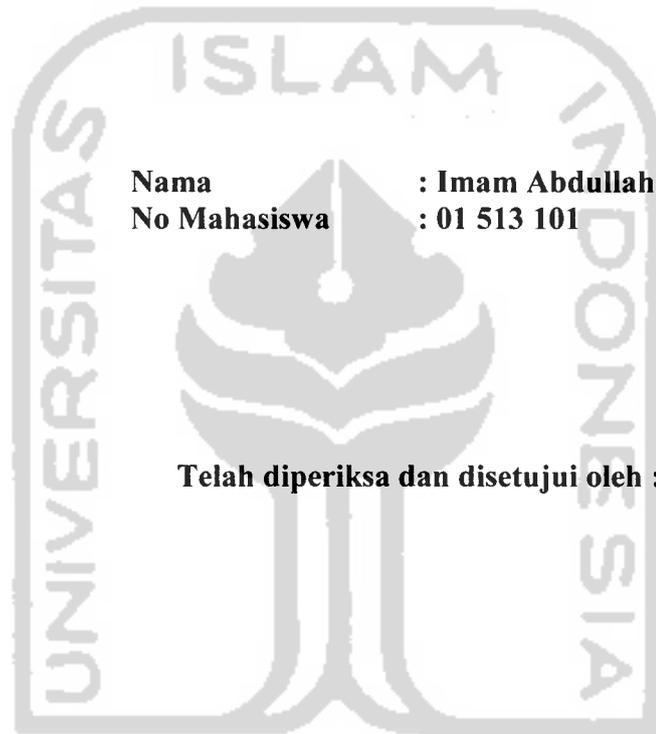
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2007

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

FITOREMEDIASI LOGAM KHROM (Cr) PADA LIMBAH PENYAMAKAN KULIT DENGAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)



Nama : Imam Abdullah Syafi'i
No Mahasiswa : 01 513 101

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Lugman Hakim, ST, Msi
Dosen Pembimbing I

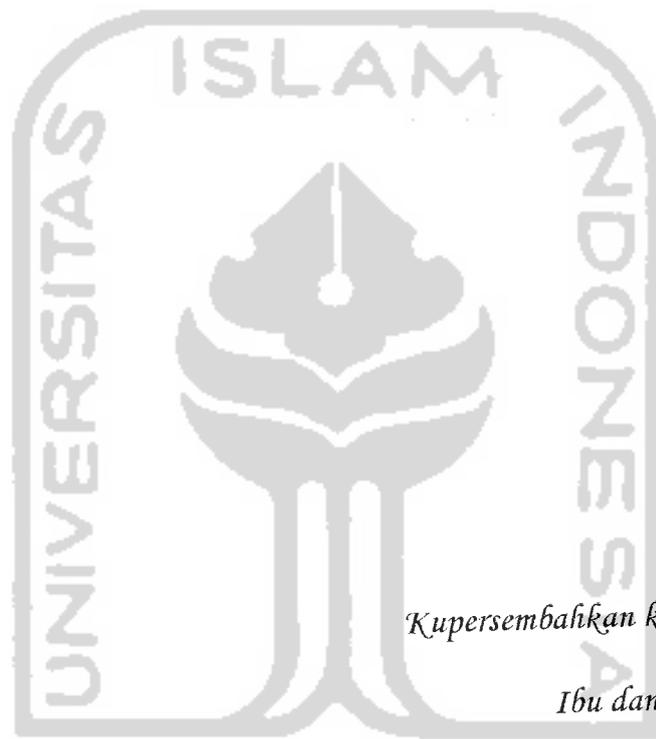
Tanggal :

Eko Siswoyo, ST
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 8-3-2007

HALAMAN PERSEMBAHAN



Kupersembahkan karya ini kepada :

Ibu dan Ayahku tercinta

yang telah mencurahkan biaya, do'a dan kasih sayangnya

Ketiga kakakku tercinta sebagai motivator

Wanita tersayang yang telah setia menemani dalam suka dan duka

Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal kebajikan

Amin.

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Rhyzofiltrasi Logam Berat Cr Pada Limbah Penyamakan Kulit Dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crssipes* (Mart.) Solms)**.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT.
2. Rasulullah Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya
3. Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEc selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. H. Ruzardi, MS selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Lugman Hakim ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
6. Bapak Ir.Kasam , ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan yang selalu memberikan nasehat dan dukungan.
7. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
8. Bapak Hudori, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
9. Bapak Andik Yulianto, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
10. Bapak Agus Adi Prananto, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
11. Bapak Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
12. Ayah dan Ibu tercinta, yang telah memberi do'a, dukungan moril dan materil yang tak terhingga, serta ketiga saudaraku yang telah memberikan do'a dan dorongan semangat sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

13. Teman-teman angkatan 2001, dari 01513001 sampai 01513107, dari yang peduli sampai yang 'nggak peduli, dari yang dianggap sampai 'nggak menganggap, dari Sragen sampai Lampung, dari Lombok sampai Jambi atau dari Pekan Baru yang sampai mana aja, terimakasih buat semuanya.
14. Teman-teman Teknik Lingkungan dari 1999 sampai 2006
15. Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, 4 Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTI SARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	10

2.2	Penyamakan Kulit.....	11
2.2.1	Bahan Penyamakan Kulit.....	11
2.2.2	Sumber Limbah Cair.....	13
2.2.3	Baku Mutu Limbah Cair.....	14
2.3.	Fitoremediasi.....	16
2.4	Taksonomi dan Morfologi Tanaman Eceng Gondok.....	17
2.5	Syarat Hidup Eceng Gondok.....	21
2.6	Penyerapan Logam Berat oleh Eceng Gondok.....	22
2.7	Logam Berat.....	24
2.7.1	Logam Khromium.....	25
2.7.1.1	Khromium Dalam Lingkungan.....	28
2.8	Fitotoksisitas Dalam Tanaman.....	29
2.9	Hipotesis.....	31
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	32
3.1	Jenis Penelitian.....	32
3.2	Waktu dan Tempat.....	32
3.3	Parameter Penelitian.....	32
3.4	Variabel Penelitian.....	32
3.5	Operasional Penelitian.....	33
3.6.	Bahan dan Alat.....	33
3.6.1	Bahan.....	33
3.6.2	Alat.....	34
3.7	Cara Kerja.....	34

	3.7.1 Pelaksanaan Penelitian.....	34
	3.8 Preparasi Sampel.....	38
	3.8.1 Sampel Akar.....	38
	3.8.2 Sampel Air.....	38
	3.9 Analisis Sampel.....	39
	3.10 Sistematika Kerja.....	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
	4.1 Konsentrasi Khrom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Dan Tanaman Eceng Gondok	41
	4.1.1 Hasil Pemeriksaan Kandungan Khrom Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan.....	43
	4.1.2 Kandungan Khrom Pada Daun Dan Akar Tanaman Eceng Gondok.....	44
	4.2 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	56
	4.3 Efisiensi Serapan Logam Cr Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	58
	4.4 Fiktotoksisitas.....	60
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
	5.1 Kesimpulan.....	68
	5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	72



DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit.....	15
Tabel 2.2	Sifat-sifat Khromium.....	28
Tabel 3.1	Parameter pengamatan pertumbuhan tanaman.....	37
Tabel 4.1	Konsentrasi Cr Yang Terdapat Pada Tanaman Sebelum Perlakuan.....	42
Tabel 4.2	Konsentrasi Khrom Awal Sesudah Dilakukan Proses Pengeceran.....	43
Tabel 4.3	Konsentrasi Cr Dalam Daun Tanaman Eceng Gondok Setelah Perlakuan.....	44
Tabel 4.4	Konsentrasi Cr Dalam Akar Tanaman Eceng Gondok Setelah Perlakuan.....	48
Tabel 4.5	Hasil Analisis Penyerapan Logam Cr Pada Akar Dan Daun Tanaman Eceng Gondok Pada Hari ke-12.....	54
Tabel 4.6	Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	56
Tabel 4.7	Hasil Penelitian Perubahan Kondisi Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	57
Tabel 4.8	Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Kandungan Khrom Pada Duan Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok.....	45
Gambar 4.2 Kandungan Khrom Pada Akar Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok.....	49
Gambar 4.3 Kandungan Khrom Pada Daun Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok.....	53
Gambar 4.3 Kandungan Khrom Pada Akar Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok.....	53
Gambar 4.4 Efisiensi (%) Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Eceng gondok.....	59
Gambar 4.5 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 25%.....	62
Gambar 4.6 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 50%.....	63
Gambar 4.7 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 75%.....	65
Gambar 4.8 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 100%.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I Standar pengujian sampel
 Hasil uji laboratorium
- Lampiran II Hasil perhitungan statistik
- Lampiran III Dokumentasi



Inti Sari

Khromium (Cr) merupakan salah satu jenis logam berat yang termasuk katagori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun(B3) karena dapat membahayakan makhluk hidup dan mencemari lingkungan. Untuk mengurangi atau menghilangkan efek toksiknya diperlukan pengolahan dan yang umum dilakukan adalah pengolahan secara biologis dengan menggunakan tumbuhan air. Dalam penelitian ini digunakan limbah penyamakan kulit dan tanaman uji yang digunakan adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.)). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.)) dalam mengakumulasi unsur logam berat khromium (Cr) dan mengetahui organ (akar, dan daun) yang paling banyak mengakumulasi unsur logam berat dan juga mengetahui peran tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.)) dalam mengurangi kandungan logam berat khromium (Cr) yang ada di limbah penyamakan kulit.

Pengaruh penyerapan logam khromium oleh tanaman eceng gondok dilihat dengan variabel pola tanam (isolasi) dan waktu kontak (3, 6, 9 dan 12 hari), juga dipelajari efek toksisitas logam khromium melalui pengamatan morfologi tanaman. Preparasi sampel akar dan daun tanaman menggunakan metode distruksi basah dengan menggunakan larutan HNO₃ dan analisis konsentrasi logam menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom .Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik Uji ANOVA

Hasil penelitian 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. Efektifitas penyerapan logam Cr dalam limbah penyamakan kulit pada waktu kontak 12 hari dengan konsentrasi 100% sebesar 76,29. Waktu kontak sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam Cr oleh tanaman eceng gondok. Fenomena yang terjadi dalam penelitian ini adalah rhyzofiltrasi.

Kata kunci : Fitoremediasi, eceng gondok, khromium (Cr), waktu kontak, limbah penyamakan kulit,

Abstract

Chromium (Cr) is one of heavy metal which is classify as hazardous waste because of its capability to endanger living organism and environmental pollution. Generally, biological treatment using aquatic plant. The research used the waste of leather processing and water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) is used as the test plant. First, to observe the water hyacinth capability to occumulate heavy metal elements. Second, to understand deeper observation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) organs : root and leaves, according to accumulate heavy metal element and to observe the role of water hyacinth due to reduce heavy metal element (Cr) which may pollute in waste of leather processing.

The effect of absorption on chromium metal by water hyacinth was studied with variables of cultivation pattern (isolation) and contacting time (3, 6, 9 and 12 days). The toxicity effect of chromium metal was studied with description on the plant morphology. Wet destruction by using HNO₃ methods was used to prepare root sample and chromium metal was measured by Atomic Absorption Spectrophotometry. The main data observation is analysis satistically by using ANOVA Test.

Result of the research showed that adsorption of chromium metal were influenced by cultivation pattern and contacting time. Based on result of analysis showed that optimum absorption in roots of water hyacinth on contacting time 12 days with concentration 100%, that is 7,32 ppm and the low obserption in leaves of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) with concentration 100%, that is 1,13 ppm. Effectively of Cr metal absorption in leather tanning waste on contacting time 12 days with concentration 100 % that is 76,29 %. The contacting time is very influence to metal absorption by water hyacinth. The phenomenon is happening in this research is rhyzofiltration.

Keywords : water hyacinth, absorption, chromium (Cr), Contacting time, waste of leather processing,

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi. Tidak akan ada kehidupan seandainya di bumi tidak ada air. Air yang bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, keperluan industri, sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Wardhana,2001).

Pertumbuhan dan perkembangan industri yang begitu pesat tidak dapat dihindari. Sebab industri-industri itu ada untuk memproduksi barang-barang kebutuhan manusia yang semakin lama semakin beragam. Namun dibalik itu semua ternyata industri menghasilkan berbagai jenis buangan yang berasal dari berbagai aktivitas yang dapat menyebabkan pencemaran air, tanah dan udara. Salah satu buangan yang dapat menyebabkan pencemaran adalah logam berat yang sasaran utamanya adalah sistem perairan, seperti : sungai, danau, dan lain-lain.

Dewasa ini air menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian yang seksama dan cermat. Untuk mendapatkan air yang baik, sesuai standar tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal, karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah dari kegiatan industri, dan kegiatan-kegiatan lainnya (Wardhana,2001).

Pencemaran air adalah limbah (baik padatan maupun cairan) yang masuk ke air lingkungan dan menyebabkan terjadinya penyimpangan dari keadaan normal air (Wardhana,2001). Berdasarkan Keputusan Menteri Kependudukan Dan Lingkungan Hidup No.2/MENKLH/1998, yang dimaksud dengan *pencemaran* adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam air atau udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sesuai dan peruntukannya.

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 tahun 1996, pantai Timur Surabaya dikabarkan telah tercemar oleh logam berat disebabkan oleh pembuangan limbah dari industri yang menggunakan logam berat dalam proses produksi. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa air susu ibu (ASI) dari ibu yang menyusui telah mengandung Kadmium (Cd) sebanyak 36,1 ppm, sehingga dikhawatirkan akan membahayakan kesehatan anak-anak karena dapat

menyebabkan penurunan kecerdasan anak dan kerusakan jaringan tubuh. Di dalam sampel darah penduduk sekitar pantai tersebut juga mengandung tembaga (Cu) sebesar 2511,07 ppm dan merkuri (Hg) sebanyak 2,48 ppm. Kandungan tembaga (Cu) dalam darah warga telah melampaui nilai ambang batas yang telah ditetapkan WHO yaitu sebesar 800-1200 ppb. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat tersebut telah mengkonsumsi hewan laut di sekitar pantai Timur Surabaya yang telah terkontaminasi logam berat (Rini, 2001).

Jika logam berat sampai terakumulasi kedalam tubuh manusia dalam jangka panjang dan dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti penyakit minamata, bibir sumbing, kerusakan susunan saraf dan cacat pada bayi.

Secara garis besar sebenarnya ada dua cara yang bisa dilakukan untuk mencegah dan mengatasi pencemaran perairan oleh logam berat yaitu cara kimia dan biologi. Cara kimia antara lain dengan reaksi chelating, yaitu memberikan senyawa asam yang biasa mengikat logam berat sehingga terbentuk garam dan senyawa mengendap. Namun cara ini mahal dan logam berat masih tetap berada di perairan meski dalam keadaan terikat.

Salah satu pengolahan lokasi yang telah tercemar logam berat adalah dengan metode pemulihan (remediasi). Metode ini merupakan tindakan pemulihan yang perlu dilakukan agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali. Disamping metode remediasi yang biasa digunakan berbasis pada rekayasa fisika dan kimia. Pada satu atau dua dasawarsa terakhir ini perhatian

peneliti tertuju pada penggunaan tanaman air sebagai agen pembersih lingkungan tercemar yang terus meningkat yang dikenal dengan *fitoremediasi*. Metode ini mengandalkan peran tanaman yang dapat menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik (Priyanto dan Prayitno, 2004).

Penggunaan fitoremediasi ini disebabkan sejumlah tanaman memiliki sifat menghilangkan logam berat. Logam tersebut diserap oleh akar, translokasi didalam tubuh tumbuhan dan lokalisasi logam pada jaringan. Model translokasi didalam tubuh tumbuhan berupa logam dibawa masuk ke sel akar kemudian jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar.

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 stratiotes 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 Karl von Martius 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).

Rangkaian penelitian seputar kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat yang telah dilakukan oleh para pakar. Widyanto dan Susilo (1981) melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam cadmium (Cd), merkuri (Hg), masing-masing sebesar 1.35 mg/g dan 1.77 mg/g bila logam tidak tercampur. Eceng 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 (Alboulroos dkk,2002).

Waktu kontak juga mempengaruhi biosorpsi logam Cd dan Cr dimana penyerapan terjadi secara cepat dan efisien juga pada konsentrasi rendah (Upatham dkk,2002). Dalam penelitian (soud dkk, 2004), dilakukan analisis cemaran logam Cd, Co, Ni dan Pb, pada tanaman eceng gondok dan *Cerotopylium demersum*. Konsentrasi logam yang ditambahkan 0,1-5 mg/L dengan menggantikan tanaman setiap dua harinya ternyata mampu menyerap seluruh logam setelah 24 dan 36 hari. Yanti (2004) menyimpulkan bahwa logam Cu dengan konsentrasi lebih dari 15 ppm ternyata menghambat pertumbuhan eceng gondok. Semakin besar konsentrasi logam yang terserap oleh tumbuhan maka akan mengganggu metabolisme dan pertumbuhan tanaman itu sendiri. Menurut penelitian Mashita (2005), menunjukkan bahwa perbedaan waktu kontak cukup berpengaruh terhadap serapan Logam Cr. Pada pola tanam *sequential harvesting* kadar logam pada akar eceng gondok dari hari ke-7, 14 dan 21 semakin meningkat secara signifikan. Kadar logam Cr sebesar 82,8 ug/g berat kering untuk kontak 7 hari, 191,68 ug/g berat kering untuk waktu kontak 14 hari dan 249.76 ug/g berat kering untuk waktu kontak 21 hari.

Pada penelitian Kumar dkk (1995) menyebutkan sebagian kecil tanaman liar dapat mengakumulasi logam berat melalui proses *fitoekstraksi*. *Fitoekstraksi* logam berat Pb, Cr⁶⁺, Cd, Ni, Zn dan Cu dalam tumbuhan *Brassica Juncea (L.) Czern*. Penyerapan terbesar untuk logam Pb pada tanaman *Brassica juncea (L.) Czern* yaitu 108,3 mg Pb/g DW dalam akar dan

34,5 mg Pb/g DW dalam batang. Deret *Fitoekstrasi* dari penelitian Nanda Kumar pada tanaman *B. Juncea* $Cr^{6+} > Cd > Ni > Zn > Cu > Pb$

1.3 I

1. U

er

2. U

da

3. M

tar

Dalam penelitian ini akan dikaji kemampuan tanaman eceng gondok dalam mengabsorpsi logam Khromium (Cr). Parameter yang mempengaruhi kemampuan absorpsi tanaman eceng gondok yaitu konsentrasi logam, pH dan pola tanam terhadap tanaman eceng gondok yang akan diteliti. Dengan mengacu pada penelitian terdahulu maka penelitian ini akan menentukan koefisien remediasi tanaman eceng gondok terhadap logam Khromium (Cr). Koefisien remediasi adalah rasio konsentrasi logam yang terdapat pada tanaman dengan konsentrasi logam yang tersisa didalam air dibandingkan terhadap konsentrasi logam mula-mula. Setiap logam memiliki nilai koefisien remediasi yang berbeda-beda. Harga koefisien remediasi menunjukkan seberapa besar logam dapat terserap oleh tanaman eceng gondok.

1.4 M

1. Me

dis

2. Me

tan

log

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah konsentrasi logam Cr berpengaruh terhadap efektifitas penyerapan logam oleh tanaman eceng gondok ?
2. Dimanakah kapasitas serapan logam Cr terbesar pada morfologi tanaman eceng gondok (daun atau akar) ?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan logam Cr oleh eceng gondok ?

1.5 Bat

adanya

1. Log

2. Lim

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Perindustrian telah mengalami kemajuan yang sangat pesat sejak terjadinya revolusi industri. Sejak itu seluruh dunia seperti terbangun dari tidur yang sangat panjang. Seluruh negara maju di dunia berpacu untuk mendirikan pabrik-pabrik, tentu saja dengan konsep untuk kemudahan bagi manusia.

Perkembangan yang sangat pesat tersebut kemudian ternyata memberikan efek yang buruk bagi manusia. Kontrol yang hampir tidak pernah dilakukan terhadap buangan atau limbah industri telah mengakibatkan terjadinya pencemaran yang sangat luas di seluruh dunia. Salah satu kasus pencemaran yang berasal dari limbah industri adalah pencemaran yang terjadi di perairan Indonesia. Pabrik-pabrik yang berada di sepanjang aliran sungai telah membuang limbah produksinya yang mengandung logam berat dalam proses kerjanya, yang membuang limbahnya ke sungai. Pencemaran yang terjadi akibat logam berat tersebut telah memusnakan semua biota perairan.

Pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh limbah ada bermacam-macam bentuk. Ada pencemaran berupa bau, warna, suara dan bahkan pemutusan mata rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan tatanan ekosistemnya. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, biasanya berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi. Limbah-limbah yang sangat beracun pada

umunya merupakan limbah kimia, apakah itu berupa persenyawaan-persenyawaan kimia atau hanya dalam bentuk unsur atau ionasi. Biasanya senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup dan manusia adalah senyawa-senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi atau menumpuk dalam tubuh, akibatnya timbul problema keracunan kronis. Toksikan yang sangat berbahaya umumnya berasal dari buangan industri, terutama sekali industri kimia dan industri yang melibatkan logam berat (Hg, Cd, Pb, Cu, dan Cr) dalam proses produksinya.

2.2 Industri Penyamakan Kulit

2.2.1 Bahan Penyamakan Kulit

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak aluminium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom khrom itu sendiri. Ada dua valensi atom khrom yang dikenal dalam penyamakan kulit yaitu khrom bervalensi 6^+ (Cr^{6+}) dan atom yang bervalensi 3^+ (Cr^{3+}). Khrom dengan valensi 6^+ tidak mempunyai kemampuan untuk beraksi atau penyamakan kulit sebelum direduksi menjadi khrom bervalensi 3^+ .

amoi perdagangan telah merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan
 men; nama antara lain : irganton, tanigan, dll yang mana jenis ini banyak
 cema digunakan untuk penyamakan kulit reptil yang membutuhkan warna asli
 dari kulit tersebut.

3. Bahan penyamak minyak

Adalah bahan yang biasanya berasal dari minyak ikan hiu atau lainnya,
 yang dalam perdagangannya disebut minyak ikan kasar.

2.2.3

4. Bahan penyamak khrom

Adalah bahan penyamak khrom dengan dua valensi atom khrom, yaitu
 valensi +3 dan +6, bahan ini digunakan untuk menyamak jaket, kulit box,
 dsb. Bahan penyamak khrom dalam perdagangan dikenal dengan
chromium powder, chrom alunin, dsb.

2.2.2 Sumber Limbah Cair

Limbah cair pabrik penyamakan berasal dari larutan yang digunakan unit
 pemrosesan itu sendiri yaitu perendaman air, penghilangan bulu, pemberian
 bubuk kapur, perendaman amonia, pengasaman, penyamaan, pemucatan,
 pemberian warna coklat, dan pewarnaan dan dari bekas cuci, tetesan serta
 tumpahan. Penghilangan bulu dengan kapur dan sulfida biasanya merupakan
 penyumbang utama beban pencemaran dalam pabrik penyamaan. Limbah dengan
 BOD dan PTT tinggi berasal dari cairan bekas perendaman, cairan kapur bekas
 dan cairan penyamaan nabati. Cairan samak khrom mengandung khrom-trivalen
 kadar tinggi. Perendaman ammonia meninggalkan banyak campuran nitrogen-

Tabel 2.1. Baku Mutu Limbah KepMenKes No. 907/MENKES/SK/VII/2002

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik Pengujian
FISIKA				
1.	Bau	-	tidak berbau	Organoleptik
2.	Rasa	-	normal	Organoleptik
3.	Warna	TCU	maks.15	Spektrofotometri
4.	Total Padatan Terlarut (TDS)	mg/l	maks. 1000	Gravimetri
5.	Kekeruhan	NTU	maks. 5	Spektrofotometri
6.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	Termometer
KIMIA				
7.	Besi (Fe)	mg/l	maks 0.3	AAS
8.	Kesadahan sebagai CaCO_3	mg/l	maks. 500	Titrimetri
9.	Klorida (Cl)	mg/l	maks 250	Argentometri
10.	Mangan (Mn)	mg/l	maks 0.1	AAS
11.	pH	-	6.5 - 8.5	pH meter
12.	Seng (Zn)	mg/l	maks. 8	AAS
13.	Sulfat (SO_4)	mg/l	maks 250	Spektrofotometri
14.	Tembaga (Cu)	mg/l	maks. 1	AAS
15.	Klorin (Cl_2)	mg/l	maks. 5	Titrimetri
16.	Amonium (NH_4)	mg/l	maks 0.15	Spektrofotometri (Nesler)
KIMIA ANORGANIK				
17.	Arsen (As)	mg/l	maks. 0.01	AAS
18.	Fluorida (F)	mg/l	maks 1.5	Spektrofotometri
19.	Krom heksavalen (Cr^{6+})	mg/l	maks 0.05	AAS
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	maks. 0.003	AAS
21.	Nitrat (NO_3)	mg/l	maks 50	Spektrofotometri (Brusin)
22.	Nitrit (NO_2)	mg/l	maks 3	Spektrofotometri (NED)
23.	Sianida (CN)	mg/l	maks 0.07	Destilasi
24.	Timbal (Pb)	mg/l	maks. 0.01	AAS
25.	Raksa (Hg)	mg/l	maks 0.001	AAS
MIKROBIOLOGI				
24.	E. Coli	APM/100ml	negatif	MPN
25.	Total Bakteri Koliform	APM/100ml	negatif	MPN

2.3 Fitoremediasi

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari bahasa Inggris *Phytoremediation*, kata ini tersusun atas dua bagian kata, yaitu *phyto* yang berasal dari kata latin *remedium* (“menyembuhkan”) dalam hal berarti juga “menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kekurangan atau kesalahan”. (Anonim, 1999).

Dengan demikian *fitoremediasi* dapat didefinisikan sebagai : penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memisahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi.

1. Fitoekstraksi

Ini mencakup penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang.

2. Fitodegradasi dan atau Fitotransformasi

Ini merupakan metabolisme kontaminan di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase.

3. Rizofiltrasi

Ini merupakan pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.

4. Fitostabilisasi

Ini merupakan suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizofe.

5. Fitovolatilisasi.

Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun, dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat udara. Pemanfaatan tumbuhan untuk mereduksi polutan dari udara.

2.4 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Eceng Gondok

Kedudukan eceng gondok dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut (Soerjan, 1975):

Divisio	: Spermatophyta
Sub division	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Farinosae
Familia	: Pontederiaceae
Gennus	: Eichhornia
Spesies	: Eichhornia crassipes (Mart) Solms

Ditinjau dari anatominya (ekoanatomi) eceng gondok khususnya atau tumbuhan akuatik (*hydrophyt*) pada umumnya mempunyai struktur anatomi yang spesifik baik akar, batang, ataupun daunnya.

Akar :

Akar eceng gondok mempunyai rambut berjumlah banyak sesuai dengan fungsinya, yakni untuk menyerap zat-zat hara yang terlarut dalam air.

Batang :

Batangnya sangat pendek dan tidak mempunyai percabangan dengan jaringan palisade yang berupa jaringan bunga karang, berfungsi sebagai rongga udara.

Daun :

Permukaan daunnya dilapisi oleh zat lilin sebagai pelindung terhadap kemelimpahan air di tempat hidupnya. Pada daun dan tangkai daun terdapat aerenkim yang berfungsi sebagai alat pengampung tubuh. Pada daun dan tangkai daun dapat melaksanakan fotosintesis karena adanya klorofil, demikian juga respirasi.

Ciri khasnya adalah batang dan tangkai daun dalam perkembangannya mempunyai bilik udara yaitu rongga dengan dinding penyekat selaput CIPIS (Rusmiyanto.1998). Tanaman ini bereproduksi dan melakukan pertumbuhan secara cepat ke arah lateral hingga menutupi permukaan air, baru melakukan penumbuhan vertikal. Eceng gondok ini merupakan salah satu tumbuhan berfotosintesis paling produktif di dunia. Dari 10 tanaman ini dapat berlipat jumlahnya selama reproduksi vegetatif menjadi 600.000 tanaman dalam waktu 8 bulan, menutupi area perairan.

Secara fisiologis penyerapan zat-zat dapat melalui akar, stomata, lentisel dan sebagainya. Pada tanaman eceng gondok terutama yang ditumbuhkan dalam air limbah, penyerapan zat-zat yang paling banyak melalui akarnya, yaitu melalui 2 cara:

1. Masuk ke sistem apoplast yang terdiri dari bagian tak hidup dari tanaman (kutikula, dinding sel, ruang interseluler dan saluran xylem)
2. Masuk ke sistem simplast, yang terdiri dari bagian hidup dari tanaman (epidermis, mesofil, floem, rambut akar, korteks, dan lain-lain).

Perkembangan penelitian dalam mengolah air limbah secara biologis sampai pada penggunaan kolam air limbah dengan tanaman air. Ini dilakukan adanya keuntungan konkrit dari penggunaan tanaman baik secara ekologis maupun efisiensinya yang lebih baik (Yuliawati, 1995).

Distribusi tumbuhan ini meliputi daerah yang sangat luas, karena didukung oleh sifatnya yang dapat dengan mudah memisahkan diri dari kelompoknya (Daubeermine, 19974; Weaver, 1980).

Beberapa kajian ilmiah bahwa Eceng gondok dapat menetralsir kandungan logam berat yang ada di dalam air, tempat bernaungnya ikan, tempat bertelurnya ikan dan lain-lain. Dari segi teknologi bahwa Eceng gondok memiliki kadar serat yang tinggi. Serat tersebut dapat dimanfaatkan secara komersil baik secara tradisional sampai industri yang mutakhir. Eceng gondok sebagai bahan baku untuk kerajinan rakyat dan sangat diminati oleh para turis asing. Dari kajian secara industri bahwa Eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan baku campuran industri papan partikel, papan serat, pulp dan kertas.

Eceng gondok merupakan herba yang mengapung, kadang-kadang berarak dalam tanah, menghasilkan tunas merayap yang keluar dari ketiak daun yang dapat tumbuh lagi menjadi tumbuhan baru dengan tinggi 0,4-0,8m tumbuhan ini memiliki bentuk fisik berupa daun-daun yang tersusun dalam bentuk radikal

(roset). Setiap tangkai pada helaian daun yang dewasa memiliki ukuran pendek dan berkerut. Helaian daun (lamina) berbentuk bulat telur lebar dengan tulang daun yang melengkung rapat panjang 7-25 cm, gundul dan warna daun hijau licin mengkilat .

Lebih lanjut Masan (1981) menerangkan, bahwa kerangka bunga berbentuk bulir, bertangkai panjang, berbunga 10-35, tangkai dengan dua daun pelindung yang duduknya sangat dekat, yang terbawa dengan helaian kecil dan pelepah yang berbentuk tabung dan bagian atas juga berbentuk tabung. Poros bulir sangat bersegi, tabung tenda bunga 1,5-2 cm panjangnya dengan pangkal hijau dan ujung pucat. Taju sebanyak 6 masing-masing tidak sama ukurannya, lila panjang 2-3 cm, taju belakang yang terbesar dengan noda ditengah-tengah berwarna kuning cerah. Benang sari 6, bengkok, tiga dari benang sari tersebut lebih besar dari yang lain. Bakal buah beruang tiga dan berisi banyak. Tangkai daun pada Eceng gondok bersifat mendangkalkan dan membangun spon yang membuat tumbuhan ini mengambang. Eceng gondok berkembang biak dengan stolon (vegetatif) dan juga secara generatif. Perkembangbiakan secara vegetatif mempunyai peranan penting dalam pembentukan koloni. Perkembangbiakan tergantung dari kadar O₂ yang terlarut dalam air.

Moenandir (1990) menyebutkan, bahwa pada konsentrasi 3,5-4,8 ppm perkembangbiakan Eceng gondok dapat berjalan dengan cepat. Dijelaskan oleh Neis (1993) bahwa Eceng gondok memiliki akar yang bercabang-cabang halus, permukaan akarnya digunakan oleh mikroorganisme sebagai tempat pertumbuhan.

Muramoto dan Oki dalam Sudibyo (1989) menjelaskan, bahwa Eceng gondok dapat digunakan untuk menghilangkan polutan, karena fungsinya sebagai sistem filtrasi biologis, menghilangkan nutrisi mineral, untuk menghilangkan logam berat seperti cuprum, aurum, cobalt, strontium, merkuri, timah, kadmium dan nikel.

2.5 Syarat Hidup Eceng Gondok

Eceng gondok tumbuh baik pada intensitas cahaya dan temperatur yang tinggi. Temperatur optimum untuk pertumbuhan eceng gondok adalah 27°C-30°C. Eceng gondok tumbuh paling cepat pada temperatur 28°C-30°C. Eceng gondok berhenti tumbuh pada temperatur di bawah 10°C dan di atas 40°C.

Eceng gondok hanya dapat tumbuh pada air tawar dan tidak toleran terhadap salinitas. Pertumbuhannya semakin baik pada air yang tercemar oleh sampah, karena eceng gondok dapat menggunakan nitrogen, fosfor dan nutrisi lain yang terdapat di dalamnya.

pH untuk pertumbuhan optimum eceng gondok berkisar antara 4,0-8,0 sedangkan kisaran pH untuk pertumbuhan terletak di antara 4,0 dan 10,0. Eceng gondok yang tumbuh pada air yang lebih asam atau lebih basa cenderung mengubah pH sehingga terletak di dalam kisaran pH optimum (Asiyatun, 1993).

2.6 Penyerapan Logam Berat oleh Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*(Mart) Solms)

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

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

Kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Widyanto dan Susilo (1981) melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam, eceng gondok mampu menyerap logam cadmium (Cd), merkuri (Hg) dan nikel (Ni), masing-masing sebesar 1,35 mg/g, 1,77 mg/g, dan 1,16 mg/g bila logam itu telah bercampur. Eceng gondok juga menyerap Cd 1,23 mg/g, Hg 1,88 mg/g dan Ni 0,35 mg/g berat kering apabila logam-logam itu berada dalam keadaan tercampur dengan logam lain. Lubis dan Sofyan menyimpulkan logam krom (Cr) dapat diserap oleh eceng

gondok secara maksimal pada pH 7. Dalam penelitiannya, logam Cr semula berkadar 15 ppm turun hingga 51,85% (Hasim, 2000).

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi terjadi 3 proses yang berkesinambungan yaitu:

A. Penyerapan logam oleh akar.

Telah diketahui, bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya

1. Perubahan pH

Pada *Thlaspi caerulescens*, mobilisasi seng dipacu dengan terjadinya penurunan pH pada daerah perakaran sebesar 0,2 - 0,4 unit.

2. Ekskresi zat khelat.

Mekanisme penyerapan besi lewat pembentukan suatu zat khelat disebut fitosiderofor. Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkhelat) besi dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif selain aktif terhadap besi, fitosiderofor dapat mengikat logam lain seperti seng (Zn), tembaga (Cu) dan mangan (Mn).

3. Pembentukan reduktase spesifik logam.

Di dalam meningkatkan penyerapan besi, tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi

mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.

B. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yang terikat pada Ni.

C. Lokalisasi logam pada jaringan.

Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar, trikhoma, dan lateks (Priyanto dan Prayitno, 2004).

2.7 Logam Berat

Logam berat adalah logam atau setengah logam yang mempunyai berat atom besar. Dapat pula dikatakan bahwa logam berat adalah unsur-unsur dengan nomor atom 22 sampai 92 dan terletak pada periode 3 sampai 7 di dalam susunan berkala atau sistem periodik (Mailman, (1980) dalam Dwi Retno,(2004))

Logam merupakan bahan pertama yang dikenal oleh manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam sejarah peradaban manusia. Logam mula-mula diambil dari pertambangan di bawah tanah (kerak bumi), yang kemudian dicairkan dan dimurnikan dalam pabrik menjadi logam-

logam murni. Logam lain dibentuk dan dapat dipergunakan untuk peralatan pertanian (besi), perhiasan (emas, perak) dan bahkan logam jenis tertentu dalam ukuran yang sangat kecil dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi minyak (Uranium). Proses pemurnian logam tersebut yaitu dari pencairan sampai menjadi logam, sebagian darinya terbuang ke dalam lingkungan. Secara alami siklus perputaran logam bermula dari kerak bumi kemudian ke lapisan tanah, kemudian ke mahluk hidup (tanaman, hewan dan manusia), ke dalam air, mengendap dan akhirnya kembali ke kerak bumi.

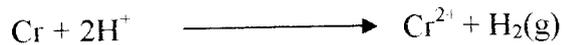
Toksisitas logam pada manusia menyebabkan timbulnya penyakit seperti kerusakan jaringan, terutama jaringan hati dan ginjal menyebabkan kanker dan mempunyai sifat teratogenik (abnormalitas pertumbuhan embrio). Timbulnya toksisitas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar logam yang termakan lamanya mengkonsumsi jenis kelamin, kebiasaan memakan makanan tertentu, umur, spesies, kondisi fisik dan kemampuan jaringan tubuh (Darmono, 1995).

2.7.1 Logam Khromium

Khromium adalah logam kristalin yang putih, tak begitu liat dan tak dapat ditempa. Kromat logam biasanya adalah zat-zat padat berwarna, yang menghasilkan larutan kuning bila dapat larut dalam air. Asam mineral encer, yaitu ion-ion hidrogen, kromat berubah menjadi dikromat; yang terakhir ini menghasilkan larutan yang merah jingga. Logam khromium murni tidak pernah ditemukan di alam, namun ada bentuk persenyawaan padat/mineral dengan unsur-unsur lain. Khromium melebur pada suhu 1765 °C, logam ini larut dalam asam

klorida encer atau pekat. Jika tak terkena udara, akan terbentuk ion-ion kromium

(II):



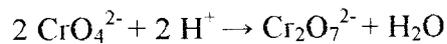
Dengan adanya oksigen dari atmosfer, kromium sebagian atau separuhnya menjadi teroksidasi keadaan trivalent :



Asam nitrat, baik yang encer maupun yang pekat, membuat khromium menjadi pasif, begitu pula asam sulfat pekat dingin dan air raja (Vogel, 1990).

Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, dan bahkan pada proses pemanasan cairan logam khromium teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit sekali. Akan tetapi dalam udara yang mengandung CO_2 dalam konsentrasi tinggi, logam khromium dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr_2O_3 . Khromium merupakan logam yang mudah bereaksi, secara langsung dapat bereaksi dengan Nitrogen, Karbon, Silica, dan Boron. (Palar, 1994).

Konfigurasi yang dimiliki menyebabkan logam Cr bersifat resisten terhadap reaksi kimia seperti korosi pada suhu yang sangat tinggi. Oleh karena itu logam Cr banyak digunakan sebagai pelapis logam lain (Cotton dkk, 1989). Dalam bentuk kromat, CrO_4^{2-} atau dikromat, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, anion khromium adalah heksavalen, dengan keadaan oksidasi +6. Ion-ion kromat berwarna kuning, sedangkan dikromat berwarna jingga. Kromat mudah diubah menjadi dikromat dengan penambahan asam.



Reaksi ini reversible. Dalam larutan netral (atau basa) ion kromat stabil. Sedangkan jika diasamkan, akan terdapat terutama ion-ion kromat dan dikromat merupakan zat pengoksid yang kuat (Vogel, 1990). Logam khrom dan garamnya banyak dipergunakan dalam industri penyamakan kulit, industri katalis, industri cat, pembasmi serangga, industri keramik dan gelas dalam fotografi, pelapisan khrom, sebagai control kerusakan dan sebagai lapisan pelindung atau lapisan alloy.

Logam Cr yang umum masuk kestrata lingkungan yang umum diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan pengindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilisasi bahan-bahan bakar. Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah disebabkan oleh beberapa factor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan di bawa turun oleh air hujan. Masuknya Cr yang terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber Cr yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994).

Tabel 2.2. Sifat-sifat Khromium

No	Sifat fisik Cr	Keterangan
1	Lambang	Cr
2	Nomor atom	24
3	Massa atom relatif (Ar)	51,996
4	Konfigurasi electron	$3d^5 4s^1$
5	Jari-jari atom (nm)	0,117
6	Jari-jari ion M^{3+} (nm)	0,069
7	Keelektronegatifan	1,6
8	Energi Ionisasi (I) kJ/mol	659
9	Kerapatan (gcm^{-3})	7,19
10	Titik leleh ($^{\circ}\text{C}$)	1890
11	Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	2475
12	Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	1903
13	Bilangan oksidasi	2+, 3+, dan 6+

2.7.1.1. Khromium Dalam Lingkungan

Logam khromium dapat masuk dalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah, ataupun udara (lapisan atmosfer). Khromium yang masuk ke dalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Dalam sistem perairan (air alam atau air limbah industri) khromium berada dalam

terutama dalam bentuk ion kromat (CrO_4^{-2}) dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) tergantung pada pH sistem perairan. Logam khrom sebagai logam transisi juga diperlukan keberadaan di dalam kehidupan terutama khrom dengan valensi III. O_2 yang terlarut di dalam perairan dapat menyebabkan khrom (III) teroksidasi menjadi khrom (IV) tetapi apabila berada dalam temperatur kamar kecepatan oksidasinya sangat lambat. Khrom (IV) memiliki efek racun yang sangat berbahaya (Vogel, 1990).

Sifat khrom (IV) mudah terserap tubuh terutama dalam hati, liver, dalam sel darah merah dan sel darah putih. Penyerapan ini akan menyebabkan reduksi enzimatik di dalam tubuh yang berpotensi menimbulkan kanker dan perubahan gen karena sifat logam yang tidak terdegradasi dalam tubuh (Cotton dkk, (1989) dalam Suryani Arma, (2005)). Dalam badan perairan khromium dapat masuk melalui 2 cara yaitu secara alamiah dan non-alamiah. Masuknya secara alamiah disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel khrom yang diudara akan dibawa turun oleh air hujan. Masuknya secara non-alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia (Palar, 1994).

2.8 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.

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.

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)

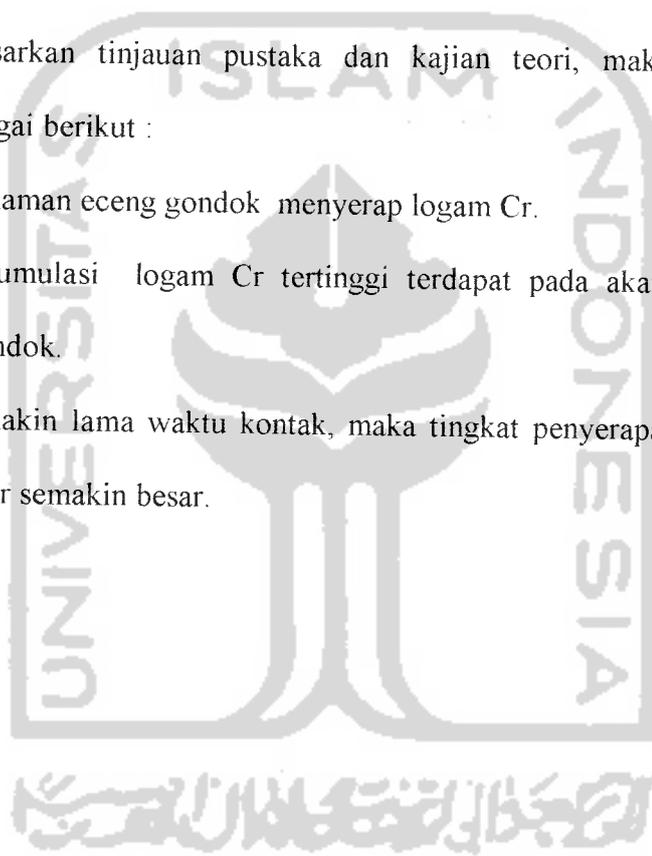
Menurut Giordano dan Martveld (1975) khromium merupakan logam berat yang bersifat racun bagi tumbuhan. Kromium mempengaruhi penyerapan

beberapa elemen penting seperti kalsium, potasium, 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.

2.9 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan kajian teori, maka dapat disusun hipotesis sebagai berikut :

1. Tanaman eceng gondok menyerap logam Cr.
2. Akumulasi logam Cr tertinggi terdapat pada akar tanaman eceng gondok.
3. Semakin lama waktu kontak, maka tingkat penyerapan eceng gondok akar semakin besar.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah berada pada skala laboratorium dengan tahapan-tahapan.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini direncanakan selama enam bulan. Pembuatan dan pengujian sampel dilakukan di Griya Perwita Wisata, jalan Kaliurang Km.13,5, sedang untuk analisis parameter kualitas air limbah dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan FTSP.

3.3 Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi awal logam.
2. Pengaruh konsentrasi logam dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam oleh tanaman.
3. Distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman.
4. Kapasitas serapan terbesar logam pada bagian tanaman.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas (berpengaruh) dalam penelitian ini adalah jenis tanaman yang digunakan, yaitu tanaman Eceng Gondok yang mempunyai panjang akar, jumlah daun dan lebar daun yang sama.

2. Variabel terikat

Variabel terikat (berpengaruh) dalam penelitian ini adalah kandungan logam khrom

3.5. Operasional Penelitian

1. Sampel yang digunakan sesuai dengan uji ketahanan hidup tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms*) pada limbah cair penyamakan kulit.
2. Tanaman yang digunakan diupayakan sama dalam hal panjang akar, panjang daun dan lebar daun.
3. Variasi yang digunakan adalah variasi konsentrasi limbah yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, 100% tanpa tanaman sebagai kontrol dan 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dengan tanaman sebagai perlakuan.
4. Variasi pengambilan sampel yaitu pada hari ke 3, 6, 9 dan 12.

3.6 Bahan dan Alat

3.6.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Eceng Gondok (*Echhornia crassiper (Mart)*)

2. HNO_3
3. HCl
4. Larutan standar khrom

3.6.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Erlenmeyer
2. Kertas saring
3. pH meter
4. Corong
5. Pipet
6. Timbangan
7. Labu ukur
8. Cawan Petri
9. Spektroskopi Serapan atom
10. Ember Plastik
11. Kalkulator



3.7 Cara Kerja

3.7.1 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Tahap penyediaan lahan

Mempersiapkan lahan guna menempatkan ember-ember percobaan. Ember tersebut ditempatkan di tempat yang intensitas sinar matahari sedang atau ternaungi tumbuhan lain agar tanaman tetap dapat melakukan proses metabolisme secara normal.

2. Tahap persiapan tanaman

Tanaman dipilih berdasarkan keseragaman, dipindahkan dari habitat alami ke dalam ember agar diperoleh daya adaptasi yang baik sebelum diperlakukan. Dipilih tanaman yang relative sama, baik panjang akar, panjang daun dan lebar daun.

3. Tahap uji pendahuluan

Dimana uji pendahuluan ini dilakukan pada konsentrasi kandungan khrom.

Pada tahap pendahuluan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tanaman eceng gondok dipilih berdasarkan keseragaman panjang daun, lebar daun, dan panjang akar.
- b. Akar tanaman eceng gondok dibersihkan dari tanah yang melekat dengan air bersih yang mengalir.
- c. Tanaman eceng gondok kemudian dimasukkan ke dalam ember yang berisi limbah sesuai dengan konsentrasinya sebanyak 5 liter dan aklimatisasikan selama 12 hari.
- d. Dari uji ketahanan diatas maka dipilih kandungan khrom yang paling baik tumbuhnya tanaman eceng gondok.

4. Media tanaman

- a. Media tanam berupa ember dengan volume 10 liter sebanyak 25 ember, 5 ember sebagai kontrol dan 16 ember untuk perlakuan dengan variasi konsentrasi limbah.
- b. Limbah penyamakan kulit sesuai konsentrasinya dipindahkan ke dalam ember.

5. Tahap pelaksanaan

- a. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 21 ember masing-masing bervolume 10 liter yang dibagi sebanyak 6 kelompok dan diberi label dengan tahap berikut :
 - 5 ember sebagai kontrol tanpa tanaman dengan konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.
 - 4 ember ditanami dengan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 0%.
 - 4 ember ditanami dengan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 25%.
 - 4 ember ditanami dengan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 50%.
 - 4 ember ditanami dengan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 75%.

- 4 ember ditanami dengan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 100%.
- b. Pengaliran limbah pada ember dilakukan selama 12 hari kemudian dilakukan analisis laboratorium pada variasi waktu 3, 6, 9, 12 hari.
- c. Parameter tanaman yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari :

Tabel 3.1 Parameter pengamatan pertumbuhan tanaman

No	Parameter	Frekuensi Pengamatan
1	Panjang Akar	0, 3, 6, 9, 12
2	Panjang daun	0, 3, 6, 9, 12
3	Lebar daun	0, 3, 6, 9, 12
4	Kandungan khrom dalam akar dan daun	3, 6, 9, 12

6. Tahap Pemeriksaan

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

- a. Analisa awal, dilakukan pada saat pengambilan limbah penyamakan kulit sebagai data awal konsentrasi limbah.
- b. Analisa terhadap variasi waktu, dilakukan sebanyak 4 kali pengambilan sampel yaitu pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 hari, sedang

untuk pengambilan sampel pada tanaman dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12. Setiap sampel dilakukan pengujian di laboratorium (*triple*).

3.8 Preparasi Sampel

3.8.1 Sampel Tanaman

Masing-masing sampel akar tanaman eceng gondok dipotong kecil-kecil dan ditimbang 10 gram sampel berat basah ditempatkan didalam gelas beker 100 mL ditambahkan 25 mL HNO₃ 63 % kemudian ditutup dengan gelas arloji dan kemudian didiamkan selama 48 jam. Setelah itu suspensi dipanaskan sambil diaduk dengan magnetic stirrer pada suhu 200 °C dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam. Lalu suspensi didinginkan. Kemudian ditambahkan 25 mL aquades, dipanaskan dan diaduk kembali selama 5 menit. Kadungan suspensi disaring dengan kertas whatman 41. Larutan yang telah jernih dimasukkan ke dalam gelas beker dan dipanaskan diatas kompor listrik hingga volume larutan tersisa 10 mL. Larutan yang tersisa ditambahkan 50 mL aquades dan disimpan didalam botol kaca dan ditutup rapat pada suhu 4 °C untuk dianalisis (Sastre dkk, 2002).

3.8.2 Sampel Air

1000 mL air sisa penanaman disaring dengan menggunakan kertas saring whatman 41. air dipanaskan hingga volume akhir 25 mL, kemudian didinginkan dan ditambahkan 5 mL HNO₃ 65 %. Disimpan dalam botol dan ditutup rapat untuk dianalisis.

3.9 Analisis Sampel

Analisis sampel dilakukan dengan tahapan-tahapan :

1. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva standart logam Cr dengan beberapa variasi konsentrasi. Sesuai dengan linearitas logam pencemar. Tiap konsentrasi diukur absorbansinya sehingga dari hubungan variasi konsentrasi standart dan absorbansi dapat dibuat kurva standart. Persamaan garis yang didapat dari kurva kalibrasi dengan $R^2 \geq 0,999$:

$$Y = bx + a$$

Keterangan : Y = Absorbansi dari sampel

a = intersept dari kurva kalibrasi standart

b = slope dari kurva kalibrasi standart

x = konsentrasi logam-logam pencemar pada sample akar/ air

2. Mengukur indeks serapan logam Cr pada sample akar dan sampel air dengan AAS.

3. Menghitung kadar konsentrasi logam Cr pada sample akar dan sampel air.

Kadar konsentrasi logam Cr dapat dicari melalui persamaan kalibrasi standart yang telah didapat :

$$Y = bx + a$$

Keterangan : Y = Absorbansi dari sampel

a = intersept dari kurva kalibrasi standart

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan air limbah sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah air limbah yang akan dibuang ke badan air tersebut telah memenuhi standar kualitas air buangan atau belum. Oleh karena itu dalam penelitian ini mencoba untuk mengolah dan memeriksa air limbah penyamakan kulit yang berasal dari industri penyamakan kulit PT.ASA, Bantul, Yogyakarta. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan air hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air buangan.

4.1 Konsentrasi Khrom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Dan Tanaman Eceng Gondok

Hasil pengujian awal terhadap seluruh parameter yang akan diamati yaitu khrom pada limbah penyamakan kulit yang berasal dari seluruh proses pembuatan penyamakan kulit yang menghasilkan limbah cair dari industri penyamakan kulit PT.ASA, Bantul, Yogyakarta . Konsentrasi khrom awal sebelum dilakukan proses pengenceran sebesar 24,69 ppm.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan Penyamakan Kulit PT.ASA , Bantul Yogyakarta untuk parameter khrom belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh berada diatas 0,6 mg/L (ambang batas) dari Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002.

4.1.1 Hasil Pemeriksaan kandungan Khrom Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan

Pada pelaksanaannya percobaan dilakukan sebanyak tiga kali, ini dilakukan karena percobaan pertama dan kedua mengalami kegagalan jadi tanaman tidak dapat hidup lebih dari tiga hari ini disebabkan oleh kandungan khrom terhadap limbah penyamakan kulit terlalu tinggi, hanya percobaan yang ketiga yang bisa diteruskan penelitiannya karena limbah penyamakan telah diencerkan. Dari hasil awal pemeriksaan kandungan awal khrom terhadap limbah penyamakan kulit sebesar 24,69 ppm diencerkan menjadi 11,076 ppm. Pengenceran dilakukan 1:3 maksudnya 25 liter limbah dicampurkan 90 liter air jernih. Pemeriksaan kandungan khrom yang dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia terhadap limbah penyamakan kulit dengan konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% .Dapat dilihat di Tabel 4.2 setelah dilakukan pengenceran 1:3 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Konsentrasi Khrom Awal Sesudah Dilakukan Proses Pengenceran

NO	Variasi Konsentrasi Air Limbah	Parameter	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1	25%	Cr	0,642	0,712	0,783	Atomic Absorption Spect
2	50%	Cr	4,351	4,457	4,492	Atomic Absorption Spect
3	75%	Cr	8,547	8,653	8,512	Atomic Absorption Spect
4	100%	Cr	10,959	11,100	11,171	Atomic Absorption Spect

Sumber : Data primer 2006

4.1.2 Kandungan Khrom Pada Daun Dan Akar Tanaman Eceng Gondok

Dari pemeriksaan kandungan khrom terhadap limbah yang telah diencerkan bahwa penurunan kandungan khrom sekitar 65 %. Pada Tabel 4.3 dibawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan kandungan khrom pada daun tanaman Eceng gondok pada ember dengan variasi konsentrasi limbah 0 %,25 %, 50%, 75%, 100%. Dan variasi waktu kontak 3, 6, 9 dan 12 hari .

Tabel 4.3 Konsentrasi Cr Dalam Daun Tanaman Eceng Gondok Setelah Perlakuan

NO	Variasi Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
			0	3	6	9	12
1	25%	Ppm	0.02	0.01	0.03	0.13	0.14
2	50%	Ppm	0.02	0.27	0.93	1.02	1.21
3	75%	Ppm	0.02	0.63	1.11	1.45	1.86
4	100%	Ppm	0.02	0.67	0.96	1.02	1.13

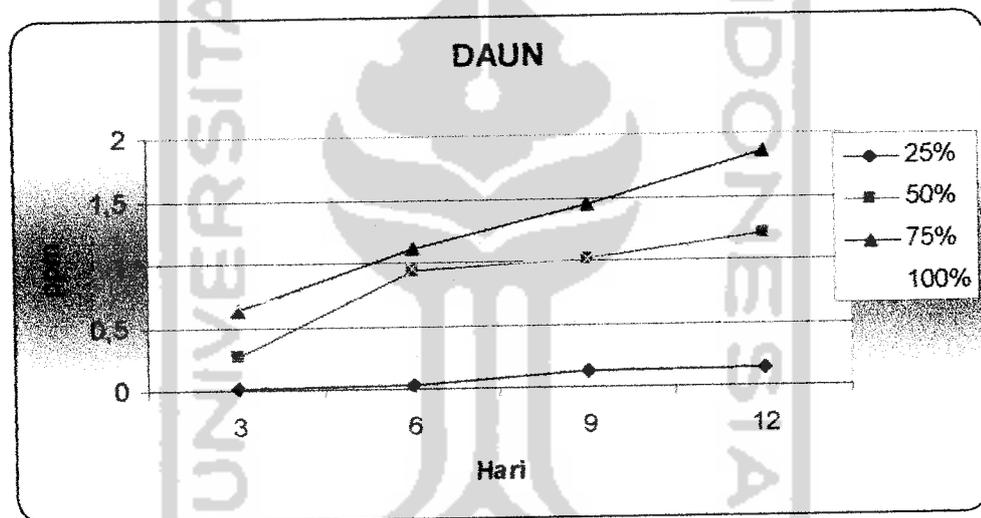
Sumber : Data primcr 2006

Dapat lihat bahwa kandungan Khrom dalam daun tanaman eceng gondong mengalami kenaikan dari hari ke-3 sampai hari ke-12. Jadi adanya logam Cr yang diserap oleh daun eceng gondok.

Proses penurunan kadar khrom terhadap limbah penyamakan kulit disebabkan adanya penyerapan oleh daun tanaman eceng gondok . Pada konsentrasi 25% hari ke-0 dengan kandungan khrom pada daun sebesar 0,02 ppm dan hari ke-3 sebesar 0,01 ppm. Seharusnya kandungan khrom dalam daun eceng gondok meningkat tetapi kenyataan mengalami penurunan. Pada hari ke-0 tanaman

eceng gondok tidak mengalami perlakuan jadi khrom yang terdapat di dalam daun berasal dari peternakan eceng gondok. Dari peternakan eceng gondok diambil satu dari beberapa eceng gondok untuk uji awal tanaman eceng gondok. Bahwasanya kemampuan penyerapan eceng gondok tidak semua sama, walaupun panjang dan lebar eceng gondok tersebut relatif sama.

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat dibuat gambar hubungan antara kenaikan setelah proses pengolahan. Dari Gambar 4.1 dapat kelihatan perbedaan penyerapan pada duan eceng gondok dari hari ke-3 sampai hari ke-12 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Kandungan Khrom Pada Duan Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok

Hasil analisis pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa adanya penyerapan oleh daun tanaman eceng gondok. Pada proses penyerapan khrom pada limbah penyamakan kulit dengan menggunakan eceng gondok dengan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100% dan variasi waktu kontak 3, 6, 9, 12 hari berturut-turut dapat lihat Tabel 4.3. Untuk penyerapan awal hari ke-3 oleh daun eceng



gondok yang paling besar terdapat pada konsentrasi 100%. Konsentrasi 100% penyerapan tanaman eceng gondok pada hari berikutnya atau setelah tiga hari mengalami penurunan daya serap berbeda dengan konsentrasi 25%, 50% dan 75% mengalami kenaikan dalam penyerapan khrom terhadap limbah penyamakan kulit. Kemampuan penyerapan tanaman eceng gondok menurun pada konsentrasi 100% ini disebabkan oleh tanaman eceng gondok menjadi lemah akibat pengaruh limbah penyamakan kulit yang konsentrasinya sangat tinggi. Data ini didukung dengan teori yang mengatakan bahwa di dalam tanaman eceng gondok terdapat gugus amino yang mudah terpolarisasi berfungsi sebagai ligan khelat, sehingga membentuk kompleks yang sangat stabil (Mawardi,1997). Menurut teori Bowen (1966), dalam Dwi R , (2002) 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 ..

Pada konsentrasi 25 % pada waktu kontak hari ke-3 sampai hari ke-12 mengalami perubahan terhadap serapan oleh daun eceng gondok setiap tiga harinya. Semakin lama eceng gondok ditanam semakin banyak logam yang diserap oleh eceng gondok. Hal ini akan ditegaskan dengan teori yang mengatakan pertama, konsentrasi logam berat dalam media tanam semakin berkurang disebabkan serapan oleh tanaman. Semakin lama eceng gondok ditanam, semakin banyak

logam yang diserap sehingga yang tersisa dalam media tanam semakin kecil. 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 semakin tinggi menyebabkan toksisitas pada tanaman. Eceng gondok mampu menyerap logam berat lebih besar pada hari pertama dibanding pada hari berikutnya (Ahmady, 1993).

Pada pengujian anova pada daun eceng gondok tiap variasi limbah diperoleh bahwa dengan menggunakan tingkat signifikan $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasarkan hasil uji statistik perbedaan antara konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100%. bahwa nilai probabilitas F (sig) = 0.03 karena nilai probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak. Dengan demikian, perbedaan rata-rata kenaikan kadar Cr pada daun eceng gondok adalah signifikan. Jadi dengan tingkat kepercayaan 95 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata kenaikan kadar Cr pada daun eceng gondok terdapat perbedaan penyerapan.

Pada pengujian anova pada daun eceng gondok tiap variasi waktu kontak diperoleh bahwa berdasarkan hasil uji statistik dengan memakai uji F , maka didapat bahwa F hitung 1,029 dengan probabilitas 0,354. Karena nilai probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima atau rata-rata kenaikan kadar khrom pada daun tanaman eceng gondok dengan variasi waktu kontak adalah sama. Jadi dengan tingkat kepercayaan 95% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata

kenaikan kadar Cr pada daun tanaman eceng gondok dengan variasi waktu kontak terdapat tidak signifikan.

Dari Gambar 4.1 maka dapat bedakan perbedaan setiap tiga hari. Selain daun yang di periksa, akar juga diperiksa kandungan khrom yang terdapat di akar tanaman eceng gondok. Dibawah ini adalah kandungan khrom yang telah diserap oleh akar tanaman eceng gondok yaitu :

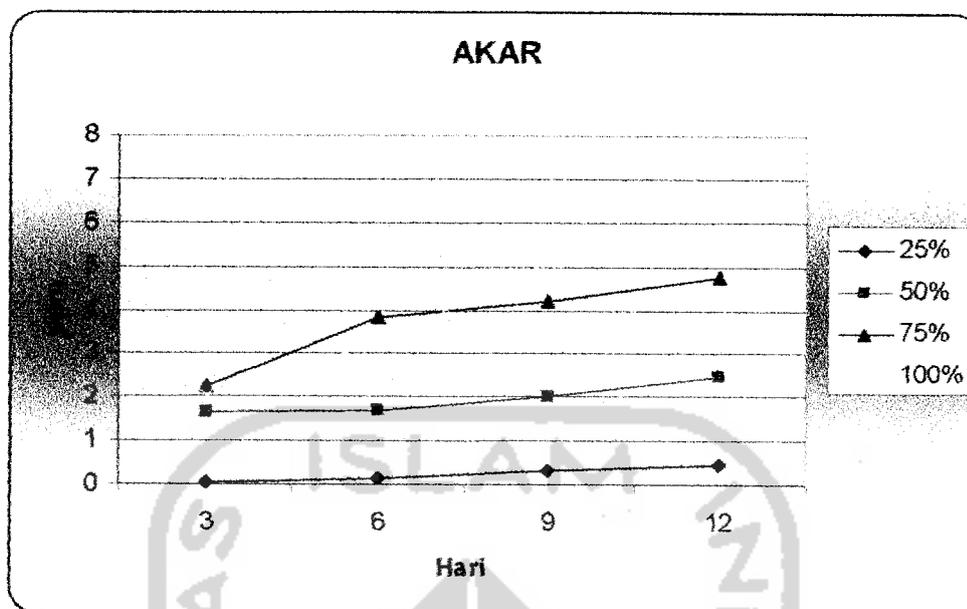
Tabel 4.4 Konsentrasi Cr Dalam Akar Tanaman Eceng Gondok Setelah Perlakuan

NO	Variasi Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
			0	3	6	9	12
1	25%	Ppm	0.035	0.06	0.16	0.34	0.48
2	50%	Ppm	0.035	1.65	1.69	2.01	2.46
3	75%	Ppm	0.035	2.25	3.85	4.22	4.75
4	100%	Ppm	0.035	2.01	3.26	5.13	7.32

Sumber : Data primer 2006

Tabel 4.4 diatas menunjukkan besarnya kandungan khrom dalam akar eceng gondok setelah ditanaman dalam limbah penyamakan kulit dengan variasi konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% sebanyak 5 liter. Penyerapan pada akar eceng gondok pada konsentrasi 25% hari ke-0 dengan kandungan khrom sebesar 0,035 dan pada hari ke-3 kandungan sebesar 0,06 ppm telah terjadi peningkatan kandungan khrom pada akar eceng gondok dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap khrom pada limbah penyamakan kulit.

Dari Gambar 4.2 dapat kelihatan perbedaan penyerapan pada akar eceng gondok dari hari ke-3 sampai hari ke-12 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Kandungan Khrom Pada Akar Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 kandungan logam Cr dalam akar dari hari ke-3 sampai hari ke-12 mengalami kenaikan setiap konsentrasinya. Kandungan khrom terbesar dengan konsentrasi 100% pada waktu kontak hari ke-12 dan kandungan khrom terkecil pada konsentrasi 25%. Untuk konsentrasi 100% mengalami kenaikan yang stabil dan kandungan khrom yang paling besar dari konsentrasi lainnya. Ini disebabkan semakin besar kandungan logam Cr semakin besar pula logam Cr yang diserap oleh akar. Dari hasil penelitian Dian A mengatakan bahwa pengurangan konsentrasi logam Cr pada periode waktu tertentu menunjukkan bahwa pengurangan konsentrasi Cr oleh eceng gondok terbesar terjadi pada hari ke-12 sampai ke-18 pada tiap konsentrasi Cr. Hal ini disebabkan karena pada waktu tersebut eceng gondok telah mampu menyesuaikan diri dengan kondisi pada media tanamnya dengan baik sehingga eceng gondok dapat menyerap Cr secara maksimal. Hal ini

akan ditegaskan pada teori yang mengatakan peningkatan konsentrasi logam berat yang semakin tinggi menyebabkan toksisitas pada tanaman. Eceng gondok mampu menyerap logam berat lebih besar pada hari pertama dibanding pada hari berikutnya (Ahmady, 1993). Banyak atau sedikitnya logam berat atau zat kimia yang diserap tanaman eceng gondok dapat dipengaruhi juga oleh ukuran daun atau panjang akar tanaman tersebut (ZHENK Ping, 2005)

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).

Dilihat dari kondisi tanaman eceng gondok pada konsentrasi 75% dan 100% dapat bertahan hidup sampai hari ke-30 tapi dengan konsentrasi 25 % dan 50% tanaman eceng gondok dapat bertahan hidup lebih kurang 50 hari sampai 80 hari. Menurut hasil penelitian dari Dian A mengatakan pada akhir pengamatan yaitu pada hari ke-24 dan hari ke-30 masih ada tanda-tanda kehidupan terhadap tanaman eceng gondok. Peningkatan kadar khrom karena proses penyerapan dan transpirasi dipengaruhi oleh luas permukaan daun jumlah akar yang dimiliki tanaman eceng gondok. Proses transpirasi karena adanya proses penguapan air dari permukaan sel mesofil yang basah dan uapnya akan dikeluarkan melalui stomata

yang terdapat dua belah permukaan daun. Proses transpirasi yang tinggi akan diikuti proses penyerapan yang tinggi pula oleh akar-akar tanaman eceng gondok.

Dilihat pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa adanya kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh kondisi eceng gondok cukup baik yang ditunjukkan dengan daun dan akar yang masih tampak segar, sehingga eceng gondok dapat menyerap Cr dengan baik pula.

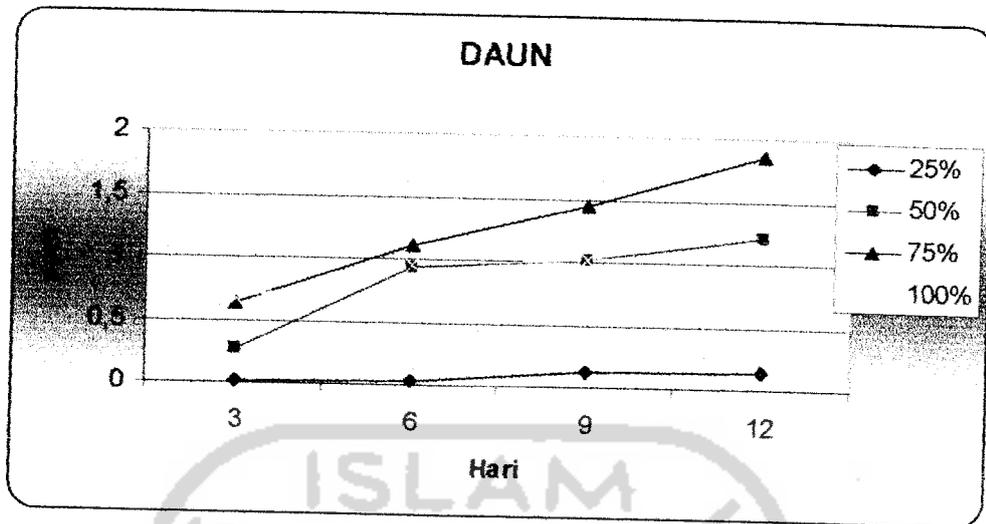
Pada pengujian anova pada daun eceng gondok tiap variasi limbah diperoleh bahwa dengan menggunakan tingkat signifikan $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasarkan hasil uji statistik perbedaan antara konsentrasi 25% dan 50% bahwa nilai probabilitas $F(\text{sig}) = 0.298$ karena nilai probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima atau rata kenaikan kadar Cr pada akar eceng gondok adalah homogen. Jadi dengan tingkat kepercayaan 95 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata kenaikan kadar Cr pada akar eceng gondok terdapat tidak signifikan. Tapi untuk uji statistik perbedaan antara konsentrasi 25%, 75% dan 100% bahwa nilai probabilitas $F(\text{sig}) = 0.003$, karena nilai probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak atau rata-rata kenaikan kandungan Cr pada akar eceng gondok adalah signifikan.

Pada pengujian anova pada daun eceng gondok tiap variasi waktu kontak diperoleh bahwa Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata kenaikan kadar Cr pada akar eceng gondok dengan variasi waktu kontak, yaitu 3, 6, 9 dan 12. Berdasarkan hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung 11,160 dengan probabilitas 0,484. Karena nilai

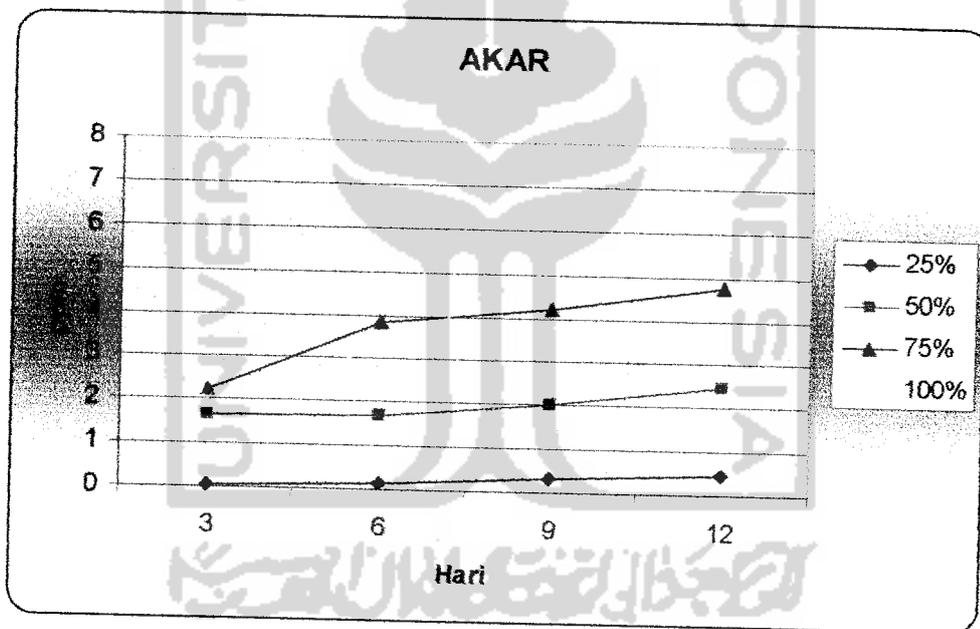
probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima atau rata-rata kenaikan kadar khrom pada akar tanaman eceng gondok dengan variasi waktu kontak adalah sama. Jadi dengan tingkat kepercayaan 95% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata kenaikan kadar Cr pada akar tanaman eceng gondok dengan variasi waktu kontak adalah tidak signifikan

Untuk melihat lebih jelas perbedaan penyerapan antara daun dan akar tanaman eceng gondok setiap variasinya dapat dilihat Gambar 4.3 sebagai berikut.





Gambar 4.3 Kandungan Khrom Pada Daun Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok



Gambar 4.4 Kandungan Khrom Pada Akar Setelah Perlakuan Dengan Eceng Gondok

Pada Gambar 4.3 dan gambar 4.4 hasil menunjukan bila semakin lama waktu kontak antara limbah Cr dengan tanaman eceng gondok maka penyerapan semakin

tinggi, dengan hasil tersebut hipotesis terbukti . Hal ini akan dijelaskan pada pembahasan Tabel 4.5. Di tabel tersebut akan dijelaskan mengenai hasil analisis penyerapan logam Cr oleh tanaman eceng gondok pada hari terakhir yaitu hari ke-12.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Penyerapan Logam Cr Pada Akar Dan Daun Tanaman Eceng Gondok Pada Hari ke-12

Konsentrasi Limbah (%)	Serapan Logam Cr (ppm)	
	Daun	Akar
25	0,14	0,48
50	1,21	2,46
75	1,86	4,75
100	1,13	7,32

Sumber : Data primer 2006

Berdasarkan hasil uji pada tabel 4.5 menunjukkan bahwasanya penyerapan Cr pada akar lebih tinggi dibandingkan pada daun. Penelitian serupa yang disimpulkan oleh Center et al.,(2003) menyatakan penyerapan logam Cr pada akar lebih tinggi dibandingkan daun dan sangat kuat dalam penyaringan atau menyerap material-material dan logam-logam berat maka yang terjadi adalah 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. Menurut penelitian Negri and Hinchman (1996) menunjukkan

bahwa penyerapan dengan akar sebagai peran kunci dan akar sebagai konsekuensi besar di area permukaan pada umumnya.

Pada penelitian Kumar dkk (1995) menyebutkan sebagian kecil tanaman liar dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah besar dalam akar dan batang mereka melalui rizofiltrasi. Sangat efektif dalam menurunkan logam berat seperti Cr, Pb dan Zn. 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). Kemudian untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan melakukan detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Collins, 1999). Akumulasi ion toksis pada akar jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk. Bahkan akan mempunyai toleransi ineren yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk (Loveless, 1987).

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar, tumbuhan membentuk suatu zat khelat. Mekanisme penyerapan logam lewat pembentukan suatu zat khelat disebut fitosiderofor. Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkhelat) logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif Fitosiderofor. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan berupa logam

dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Lokalisasi logam pada jaringan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, maka tumbuhan akan melakukan mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayimo, 2004).

4.2 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok

Hasil penelitian pada asil penelitian pada fisik tanaman eceng gondok ini meliputi panjang akar, jumlah daun, warna daun dan warna akar. Hasil tersebut dapat dilihat pada Table 4.6 dan Tabel 4.7

Tabel 4.6 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

FISIK	KONSENTRASI LIMBAH (%)	Variasi Morfolagi Tanaman				
		0	3	6	9	12
Panjang Akar (cm)	0	21	21	21	21	21
	25	21	21	21	21	21
	50	21	21	21	21	21
	75	21	21	21	21	21
	100	21	21	21	21	21
Panajang Daun (cm)	0	9	9	9	9	9
	25	9	9	9	9	9
	50	9	9	9	8	8
	75	9	9	9	6	5
	100	9	9	6	5	3
Lebar Daun (cm)	0	11	11	11	11	11
	25	11	11	11	11	11
	50	11	11	11	11	11
	75	11	11	11	10	8
	100	11	11	8	7	5

Tabel 4.7 Hasil Penelitian Perubahan Kondisi Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

Fisik	KONSENTRASI LIMBAH (%)	Sebelum Penelitian	Sesudah Penelitian
Warna daun	0	Hijau	Hijau
	25	Hijau	Hijau
	50	Hijau	Hijau, Dipnggir daun berwarna kuning kehijau-hijauan
	75	Hijau	Hijau pinggir daun sudah layu
	100	Hijau	Hijau pinggir daun sudah layu
Warna akar	0	Putih & hitam	Putih & hitam
	25	Putih & hitam	Putih & hitam
	50	Putih & hitam	Putih & hitam kehijauan terdapat partikel khrom
	75	Putih & hitam	Putih & hitam kehijauan terdapat partikel khrom
	100	Putih & hitam	Putih & hitam kehijauan terdapat partikel khrom

Dari hasil pengamatan pada Tabel 4.7 terlihat bahwa pertumbuhan tanaman eceng gondok pada 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 berat khrom.

Gejala khas toksisitas logam adalah "strunting" akar yang sering kali diikuti dengan terjadinya warna kecoklatan dan kematian meristem (Fitter and Hay, 1991). Sedangkan berkurangnya daun dapat terjadi karena fisiologi tanaman terganggu seperti laju fotosintesis, pembentukan ATP serta laju difusi gas antara daun dengan udara sekitar (Thompson, 1984). 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).

4.3 Efisiensi Serapan Logam Cr Oleh Tanaman Eceng Gondok

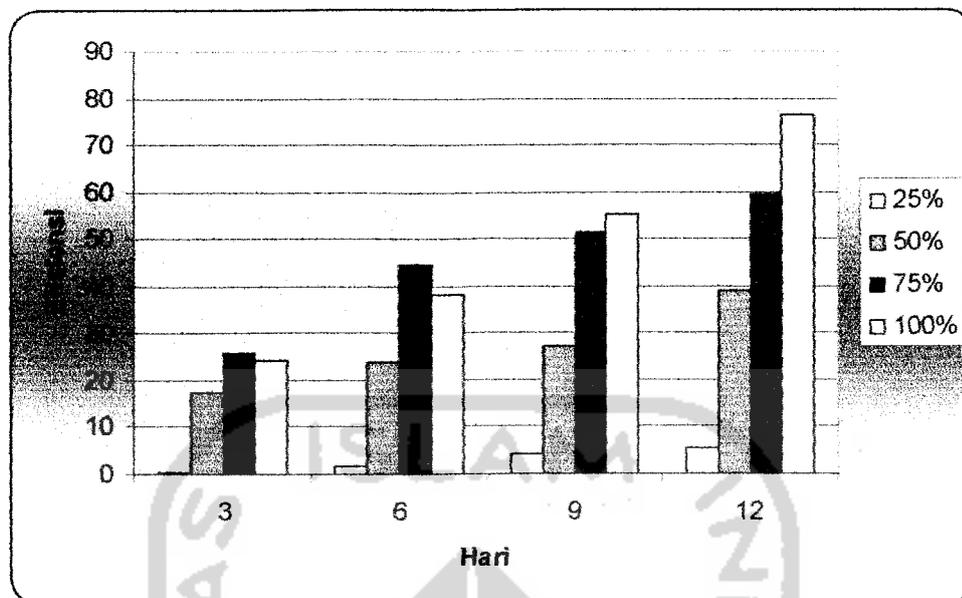
Dari hasil penelitian besarnya serapan logam Cr oleh tanaman maka dapat dicari efisiensinya dengan cara yang dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Eceng gondok

NO	Variasi Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Tingkat Penyerapan Cr Oleh Tanaman Pada Hari Ke-			
			3	6	9	12
1	25%	%	0,59	1,71	4,24	5,59
2	50%	%	17,33	23,65	27,35	39,01
3	75%	%	26,01	44,78	51,19	59,58
4	100%	%	24,19	38,1	55,25	76,29

Sumber : Data primer 2006

Dari Tabel 4.9 maka dapat dibuat grafik efisiensi penyerapan logam khrom oleh tanaman eceng gondok yang didapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4.5 Efisiensi (%) Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Eceng gondok

Dari Gambar 4.5 di atas dapat dilihat bahwa efisiensi terbesar serapan logam khrom oleh tanaman pada konsentrasi 100% dan efisiensi terkecil penyerapan tanaman adalah 25%. Efisiensi penyerapan logam berat oleh tanaman eceng gondok pada waktu kontak 12 hari terhadap limbah cair penyamakan kulit sebesar 76,29 %. Hasil tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Maine et al.(1999) dalam Nevena et al (2005) menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan logam berat oleh tanaman eceng gondok terhadap limbah cair sebesar 72 % . Tanaman eceng gondok dapat meningkatkan daya serap kalau tanaman eceng gondok dapat hidup dan berkembangbiak dalam air limbah tersebut.. Hal ini akan ditegaskan dengan teori yang mengatakan pertama, konsentrasi logam berat dalam media tanam semakin berkurang disebabkan serapan oleh tanaman. Semakin lama eceng gondok

ditanam, semakin banyak logam yang diserap sehingga yang tersisa dalam media tanam semakin kecil (Ahmady, 1993). 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..

4.4 Fiktotoksisitas

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara:

1. Mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami cekaman air (layu).
2. Meningkatkan permeabilitas membran plasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurang kemampuannya.
3. Menghambat fotosintesis dan respirasi.
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolik (Carlson et al, 1975).

Kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap logam berat terbatas karena semakin banyak ion logam menumpuk dalam jaringan tumbuhan semakin tinggi pula daya toksisitasnya sehingga mengganggu proses metabolisme yang dilakukan oleh tumbuhan tersebut.

Indikator yang menunjukkan toksisitas pada morfologi tanaman adalah :

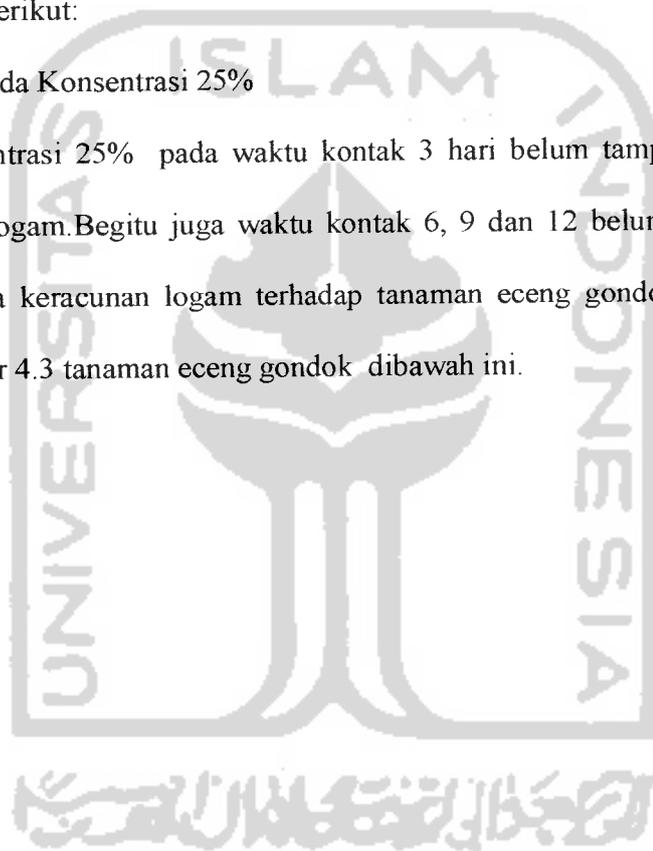
1. Pada bagian akar tanaman, rambut akar terlihat jarang dan berwarna putih kehijau-hijauan sebagian sebagian bulu rontok.

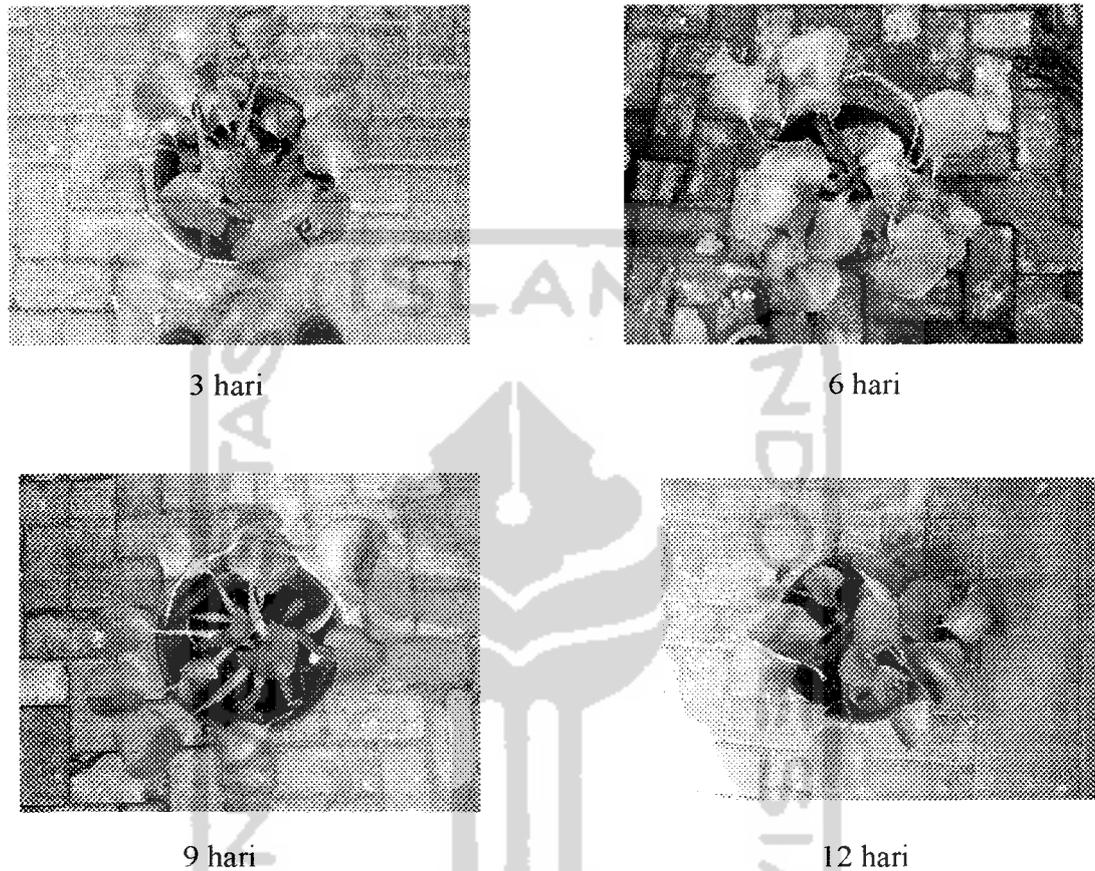
2. Pengaruh toksisitas dapat juga terlihat pada daun dari warna daun hijau kekuningan, daun yang berwarna hijau terlihat ujung-ujungnya pucat, layu. Kuncup daun tidak dapat berkembang dengan baik.

Fiktosisitas ini dialami oleh tanaman pada tiap konsentrasi dengan gejala-gejala sebagai berikut:

1. Tanaman Pada Konsentrasi 25%

Pada konsentrasi 25% pada waktu kontak 3 hari belum tampak gejala-gejala keracunan logam. Begitu juga waktu kontak 6, 9 dan 12 belum ada perubahan gejala-gejala keracunan logam terhadap tanaman eceng gondok. Dapat dilihat pada gambar 4.3 tanaman eceng gondok dibawah ini.

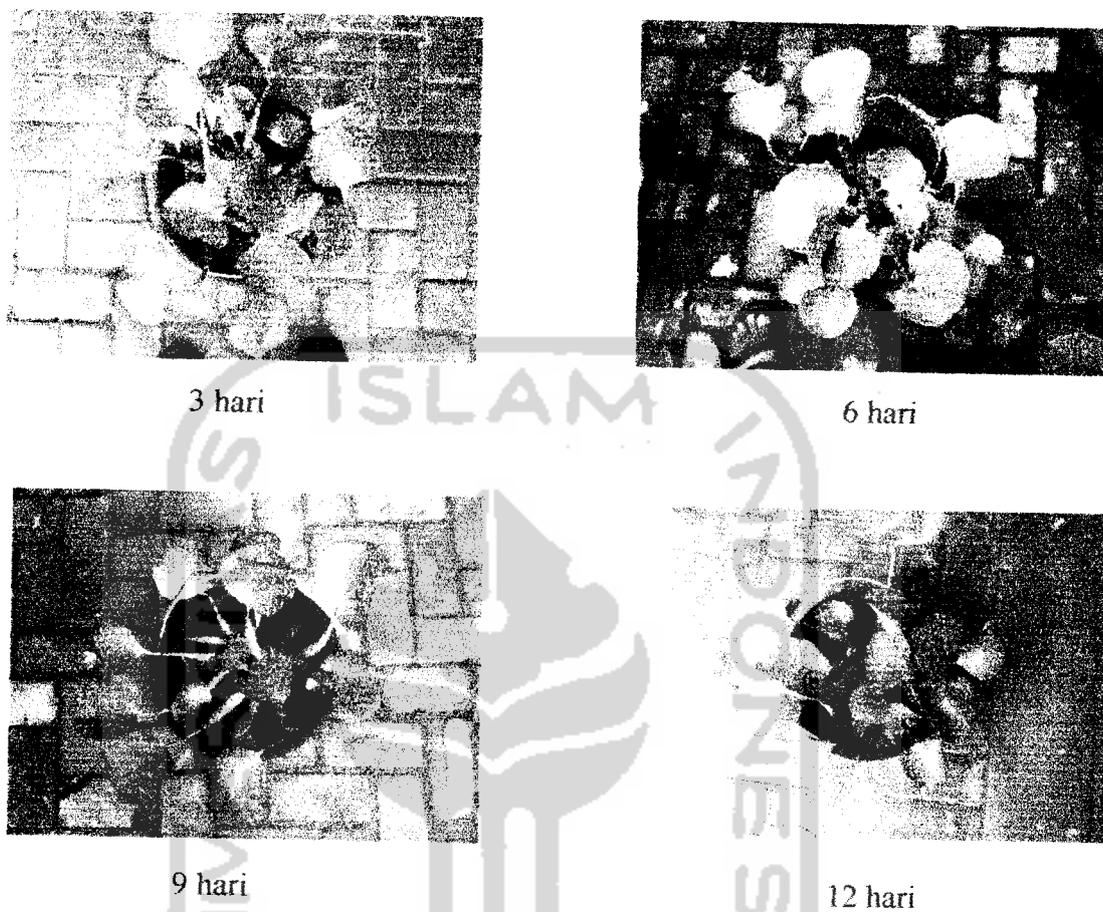




Gambar 4.6 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 25%

2. Tanaman Pada Konsentrasi 50%

Pada konsentrasi 50 % pada waktu kontak hari ke-3 dan hari ke-6 belum ada tanda-tanda kerusakan pada daun dan akar. Keadaan daun kelihatan segar, daunnya banyak ,hijau dan berukuran besar. Demikian juga dengan akar, rambut-rambut akar panjang dan berkembang dengan baik. Hampir tidak ada perubahan antara hari ke-3 dan hari ke-6. Pada hari ke-9 pada tanaman eceng

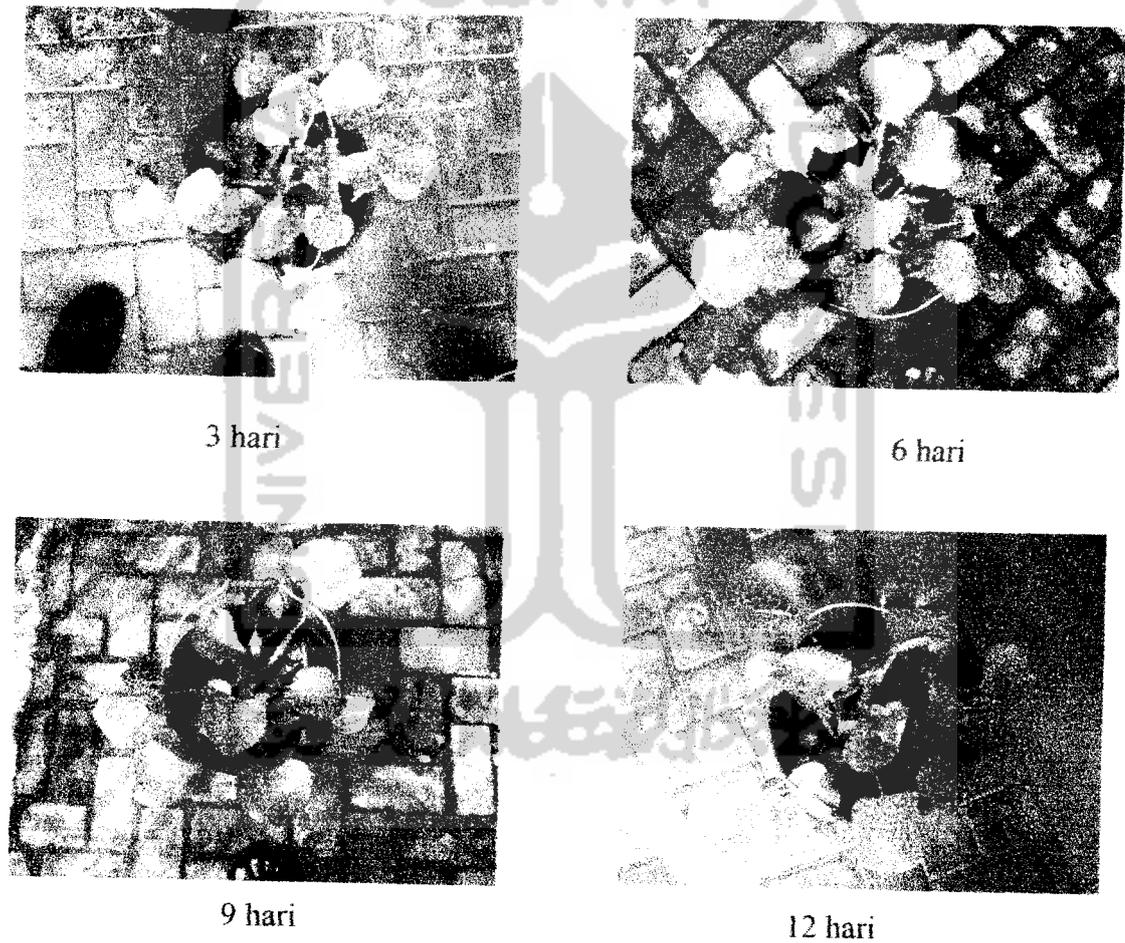


Gambar 4.6 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 25%

2. Tanaman Pada Konsentrasi 50%

Pada konsentrasi 50 % pada waktu kontak hari ke-3 dan hari ke-6 belum ada tanda-tanda kerusakan pada daun dan akar. Keadaan daun kelihatan segar, daunnya banyak ,hijau dan berukuran besar. Demikian juga dengan akar, rambut-rambut akar panjang dan berkembang dengan baik. Hampir tidak ada perubahan antara hari ke-3 dan hari ke-6. Pada hari ke-9 pada tanaman eceng

gondok mengalami perubahan pada daun eceng gondok, daun kelihatan mulai ada tanda-tanda keracunan. Pada pinggir daun kelihatan berwarna kuning kehijau-hijauan. Pada hari ke-12 perubahan morfologi tanaman kelihatan lebih jelas, walaupun tidak banyak perubahan dari hari sebelumnya. Perubahan morfologi pada waktu kontak hari ke-3 sampai hari ke-12 dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.

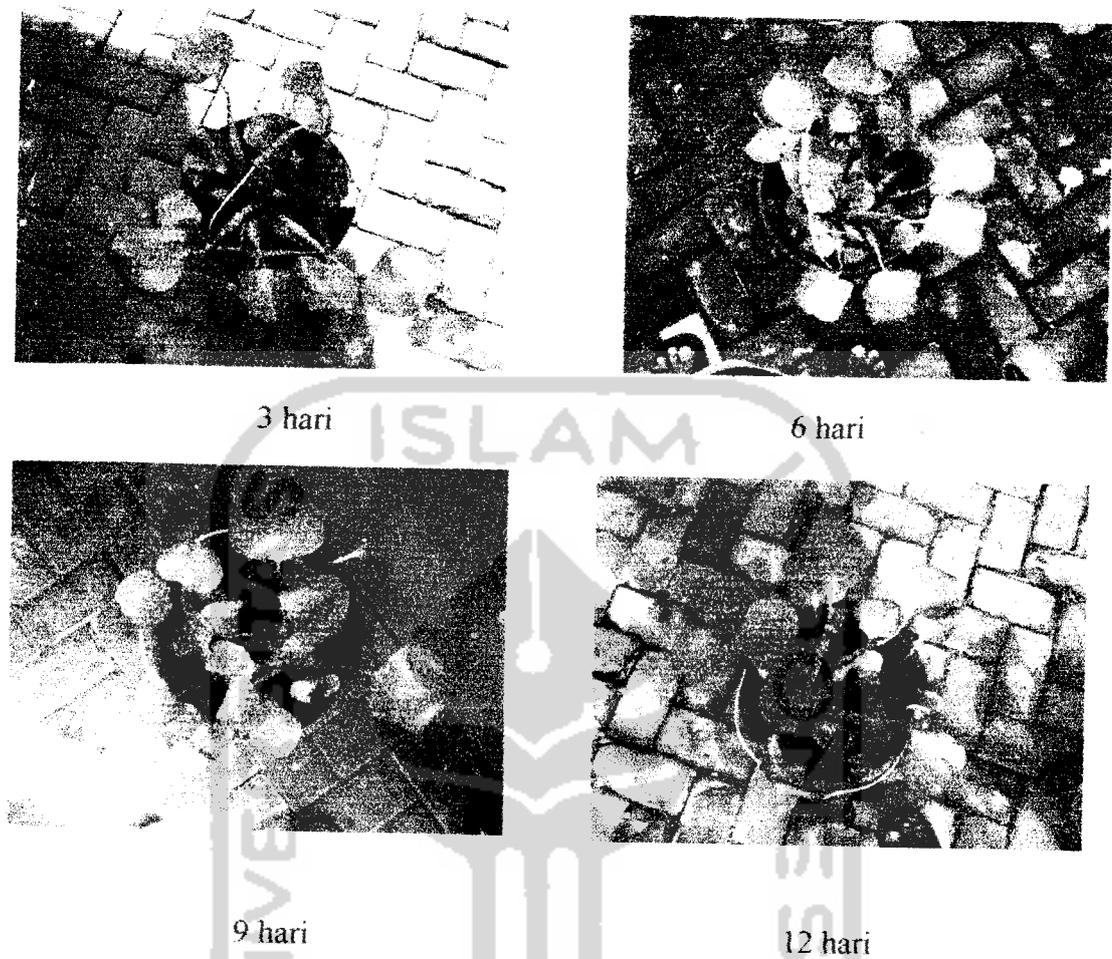


Gambar 4.7 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 50%

3. Tanaman Pada Konsentrasi 75%

Konsentrasi 75 % pada waktu kontak hari ke-3 dan hari ke-6 terlihat layu, daun sudah berwarna kuning kehijau-hijauan, jadi tanaman sudah mengalami tanda-tanda keracunan. Untuk waktu kontak hari ke-9 dan hari ke-12 tanaman eceng gondok sudah tampak layu. Tanaman eceng gondok semakin lama ditanam pada konsentrasi 75% limbah maka pertumbuhan eceng gondok terhambat. Pada tumbuhan logam-logam berat seperti Hg, Pb, As, Cd Cr dan Ni dalam konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan keracunan. Hal ini disebabkan terkumpulnya logam-logam tersebut di dalam jaringan vegetatif tumbuhan (Giordano et al, 1975). Pengumpulan logam berat di dalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan penurunan biomasa pada akar dan pucuk (Kelly dan Mc. Kee, 1979).

Kondisi tanaman eceng gondok dengan konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.

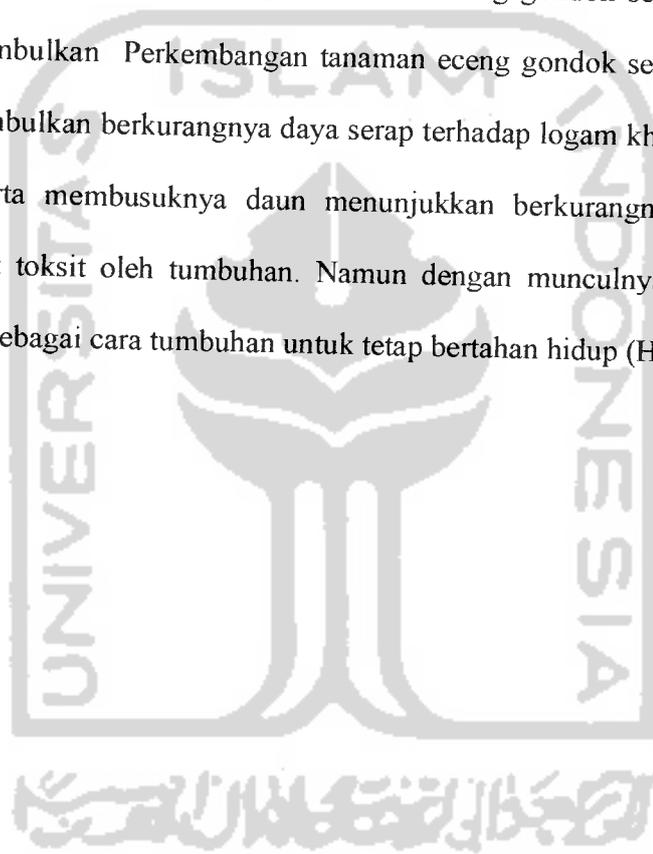


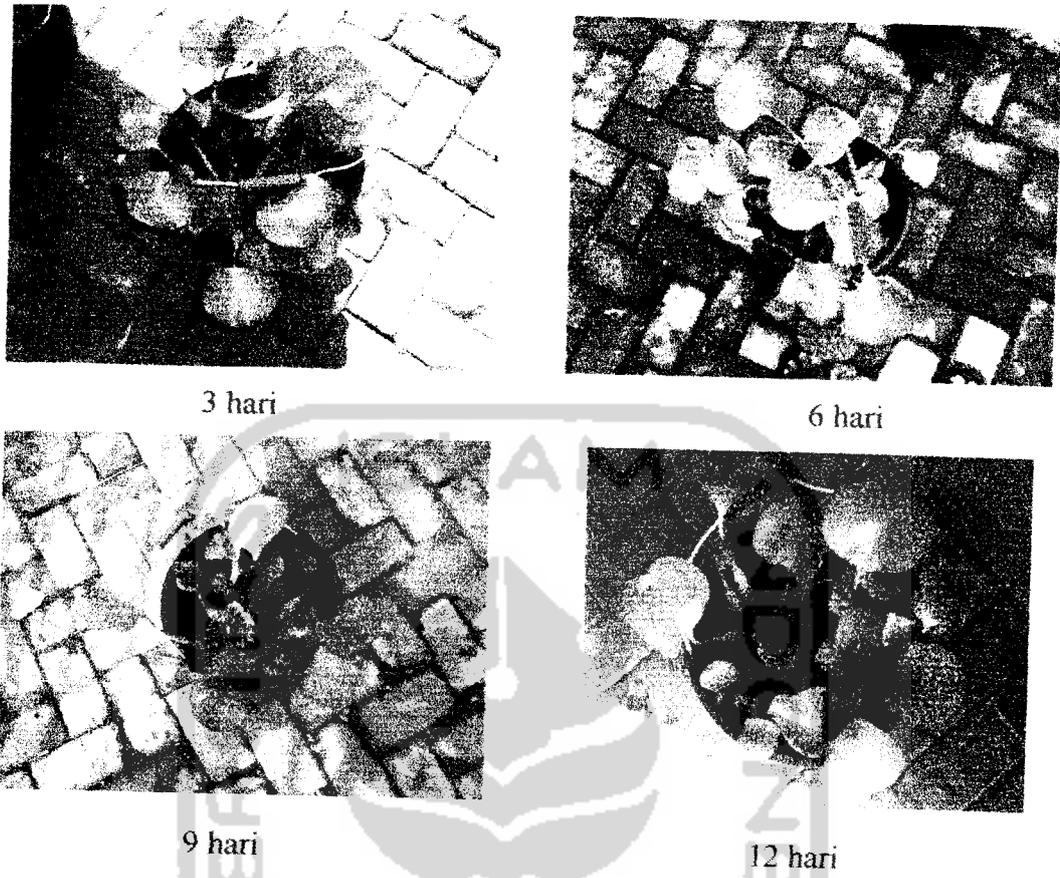
Gambar 4.8 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 75%

4. Tanaman Pada Konsentrasi 100%

Pada konsentrasi 100% ini pada waktu kontak hari ke-3 sudah tampak gejala-gejala keracunan logam, akar yang berwarna putih dan hitam kehijau-hijauan dan pada daun terlihat layu ataupun ada beberapa daun yang akan mengalami kematian. Pada waktu kontak hari ke-6 sangat jelas beberapa daun mulai mati dan dipinggir daun kelihatan berwarna kuning kehijau-hijauan. Tanaman eceng gondok mulai terhambat

perkembangannya. Pada hari ke-9 keadaannya sama seperti pada hari ke-6 tapi di hari ke-9 ini daun sangat banyak yang layu dikarenakan konsentrasi limbah penyamakan kulit sangat tinggi. Pada hari terakhir yaitu hari ke-12 tanaman eceng gondok sangat terlihat lemah. Daun eceng gondok semakin banyak yang layu dari pada hari sebelumnya. Perkembangan tanaman eceng gondok semakin berkurang, ini akan menimbulkan perkembangan tanaman eceng gondok semakin berkurang, ini akan menimbulkan berkurangnya daya serap terhadap logam khrom. 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).





Gambar 4.9 Tanaman Eceng Gondok Pada Konsentrasi 100%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Efektifitas penyerapan logam Cr dalam limbah penyamakan kulit pada waktu kontak 12 hari dengan konsentrasi limbah Cr 25 % sebesar 5,59 %, 50 % sebesar 39,01, 75 % sebesar 59,58 % dan 100 % sebesar 76,29.
2. Serapan logam Cr pada akar lebih tinggi dari pada daun. Pada konsentrasi 100% dan waktu kontak hari ke-12 serapan logam khrom pada akar 7 kali lipat dari penyerapan pada daun.
3. Waktu kontak sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam Cr oleh tanaman eceng gondok. Semakin lama ditanam maka semakin banyak logam yang diserap oleh tanaman eceng gondok.
4. Besarnya kemampuan penyerapan tanaman eceng gondok dapat dijadikan suatu parameter bahwa tanaman eceng gondok dapat digunakan untuk menjadi salah satu fitoremediator pencemaran di sistem periran tawar.

5.2 Saran

1. Diperlukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan tanaman eceng gondok dalam penyerapan logam-logam lainnya maupun untuk menyerap zat-zat organik, sehingga dapat digunakan sebagai pengolah limbah yang cukup aman dan efisien.
2. Perlu diteliti lebih lanjut untuk kandungan logam Cr pada bagian batang yang terdapat pada media tanaman eceng gondok.

DAFTAR PUSTAKA

- Gi
- H:
- Hi Anonim, 2002 [http://www.kompas.com /kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854](http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854).
- Hi Ahmady. D.,1993, Efektivitas Penyerapan Hg dan Pengaruhnya Pada Eceng Gondok, Skripsi Fakultas Biologi, UGM, Jogjakarta
- K: Bowen H, J, M., 1966., Trace Element In Bio Chemistry, Academic Press, London And New York, P.90
- Ku Carlson, R.W.,F.A., Bazzaz and G.I., Reafle,1975, The Effect Of Heavy Metal On Plant : II.Net Phytosynthesis and Transpiration Of Whole Corn and Sunflower Plant Treated With Pb, Cd, Ni, and Ti, Environ.
- Lo Center, T.D., Hill, M.P., Cordo, H., Julien, M.H., 2002: Waterhyacinth. In: Van Driesche, R., et al: Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. USDA Forest Service Publication FHTET-2002-04, 41-64.
- M: Catton,F.A., Wilkinson.G.,Carlos A.m., and Bochman, M.,1989, Advanced Inorganik Chemistry, Sixth Edition, Jhon Wiley and Sons, New York.
- M: Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI Pres, Jakarta.
Djuarsih, W., Benito, Dan H.Salim, 1982, *Aspek Teksikologi Lingkungan*, Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Bandung.
- Mi Devi N.K, 2004, *Pengelolaan Limbah Cair Pada Industri Penyamakan Kulit dan Industri Pulp Dan Kertas Industri Kelapa Sawit*, Universitas Sumatera Utara..
- N: de Casabianca, M.-L., Laugier, T., 1995 : *Eichhornia crassipes production on petroliferous wastewaters: effects of salinity*. Bioresource Technology 54, 39-43.
- Ne: Dian A dan Alia D., *Study Of Effectiveness Reducing Chromium (Cr) In Waste Water Using Water Hyacinth (Eichhorniae Crassipes)*.Engineering Invironmental, ITS.
- Pal
- Pri: Dwidjoseputro, D.,1996. Pengantar Fisiologi Tumbuhan , PT.Gramedia , Jakarta.
Dwi R, 2003., Fitoremediasi Logam Berat Cr Oleh Tanaman Air Kayu Apuh. Fakultas MIPA .Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Rir Foth, H.D., 1991, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Gajdah Mada University Press, Jogjakarta.
- So Fitter,A.H, and Hay.R.K.M.,1981, Fisiologi Lingkungan Tanaman, Gajdah Mada University Press, Jokjakarta.

- Giardano, P.M., J.J. Mortvedt and D.A. Mays, 1975, Effect Of Manicpal Wasts On Crop Yields and Uptake Of Heavy Metal. *J. Enviromental Quality*, 4:2:345
- Hasim, DEA., 2004, *Eceng Gondok Pembersih Polutan Logam Berat*. URL; <http://www.kompas.com>.
- Hidayati, L., 2002, Pengaruh Peningkatan Kualitas Air Limbah Batik Dengan Perlakuan Kayu Apuh (*Pistia Stratiotes*) Terhadap Densitas Plankton, UGM.
- Kelly, J.M., G.R. Parker and W.M. Mc Kee, 1997, Heavy Metal Accumulation and Growth Of Secdling Of Five Forest Species as Influenced by Soil Cadmium Level, *J. Inviromental Quality* ;8:3:361
- Kumar, P.B.A.N; Dushenkov, V.; Motto, H. and Raskin, I. The use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science and Technology*, 1995
- Loveless, A.R, 1987, Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan Untuk Daerah Tropis, Gramedia, Jakarta, Hal 333-359.
- Mawardi, 1997, Biasorpsi Timbal dan Boimassa *Saccharomyces Cerevisiae*, Thesis, Jurusan Kimia, FMIPA, UGM.
- Maine, M.A., Sune, N.L., Panigatti, M.C., Pizarro, M.J., 1999: *Relationships between water chemistry and macrophyte chemistry in lotic and lentic environment*. *Arch. Hydrobiol.*
- Mialman, R.B., 1980, Heavy Metal Dalam F.E. Guthrie and J.J. Perry (Eds) *Introduction to Enviromental Toxicology*, Elsevier North Holland, Inc, New York.
- Narsito, 1992, *Dasar-dasar Spektrofotometri Serapan Atom*, UGM, Jogjakarta.
- Negri C, Hinchman R (1996) Plants that remove contaminants from the environment. *Lab Med* 27:36-40
- Nevena Nestic, Jovanovic L., Potential Use of Water Hyacinth (*E. CRASSIPENS*) for Wastewater Treatment in Serbia
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Teknologi logam Berat*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Priyanto B dan Prayitno J., 2004, *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*, <http://www.itl, bppt.com/sublab/ifloral.htm>.
- Rini, D.S., 2001, *Mangrove Jenis api-api Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir*, <http://www.pikiranrakyat.com>.
- Soerjani, S.W., 1975, *Eceng Gondok Sebagai Penyerap Pencemar*, SEAMEO, Biotrop, Bogor.

- Supradata, 1992, *Peningkatan Kualitas Air Limbah Pabrik Baja PT Kratau Steel Cilegon, Jawa Barat Menggunakan Eceng Gondok dan Kayu Apuh*, Skripsi Fakultas Biologi UGM. Jogja.
- Suryani,A., 2005, Pengaruh Pola Tanam Terhadap Fitoremediasi Logam Khromium Oleh Tanaman Kayu Apuh.
- Thompson, J.Muller P.W., Fluekiger W and A.J Rutter,1984, The Effect Of Duston Photosintesis and Its Significance For Road Side Plants,J Inviromental Pollution , (Series A) 34:171-180)
- Vogel, 1990, *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, jilid 1*, PT. Kalman Media Pustaka ,Jakarta.
- Weaver,J.E and F.E Cleament, 1980, *Plant Ecology, Mc Graw-hill Inc.*, New Delhi.
- Wardhana, W.A., 2001, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Jogjakarta.
- Yuliawati,E.,1995, *Pengaruh limbah Pabrik cat sebelum dan Setelah Perlakuan dengan Eceng Gondok*, Skripsi Fakultas Biologi, UGM, Jogjarta.
- Mahmood Q, Zheng P, Sidiqi M. R, Islam, Azim M, Hayat Y.,2005, *Anatomical studies on water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) under the influence of textile wastewater*



LAMPIRAN I

- STANDAR PENGUJIAN SAMPEL
- HASIL UJI LABORATORIUM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
UNIVERSITY OF ISLAMIC STUDIES



SITAS GADJAH MADA

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

LABORATORIUM KIMIA
FISIKA, MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Sekip Utara PO Box BL5 21,
Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 902740, 545188 pes. 116
Faks. 0274-545188

HASIL ANALISIS

No. : 1410/HA-KA/11/06
Pengirim : Hamka D./Imam AS., Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta.
Jumlah sampel : 4
Penentuan : Kadar Cr dalam sampel larutan.
Tgl. Analisis : 21 November 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	25%	Cr	0,642	0,712	0,783	Atomic Absorption Spect.
2.	50%	"	4,351	4,457	4,492	"
3.	75%	"	8,547	8,653	8,512	"
4.	100%	"	10,959	11,100	11,171	"



UNIVERSITAS GADJAH MADA

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

LABORATORIUM KIMIA

LABORATORIUM MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Sekip Utara PO Box BLS 2

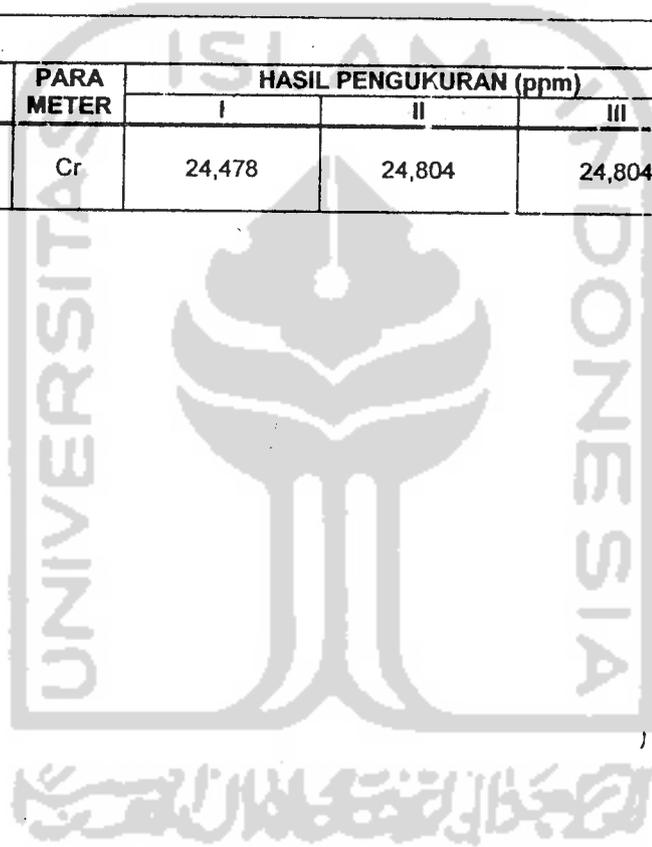
Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 902740, 545188 pes. 11

Faks. 0274-54518

HASIL ANALISIS

No. : 1398/HA-KA/11/06
Pengirim : Imam Abdullah Syafi'i, Jl. Kaliurang km 13,5 Yogyakarta.
Jumlah sampel : 1
Penentuan : Kadar Cr dalam sampel limbah cair penyamakan kulit.
Tgl. Analisis : 14 November 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Limbah	Cr	24,478	24,804	24,804	Atomic Absorption Spect.





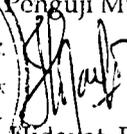
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA KROM

Pengirim : Hamka
Tanggal Penerima :
Sample : Air

No	Sample	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	3 25%	0.0134	0.61
2	3 50%	0.0217	2.2
3	3 75%	0.0334	4.75
4	3 100%	0.0486	7.89
5	6 25%	0.0123	0.39
6	6 50%	0.0177	1.5
7	6 75%	0.0217	2.32
8	6 100%	0.0408	6.28
9	9 25%	0.0113	0.17
10	9 50%	0.0152	0.99
11	9 75%	0.0191	1.78
12	9 100%	0.0298	4.01
13	12 25%	0.0108	0.08
14	12 50%	0.0110	0.12
15	12 75%	0.0144	0.81
16	12 100%	0.0177	1.51

Keterangan :
tt = tidak terdeteksi

Periksa oleh:
Penyelia Penguji Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



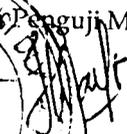
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
Jl. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA KROM

Pengirim : Imam Abdullah Syafi'i
Tanggal Penerima :
Sample : Air

No	Sample	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	Hari 3 daun 25%	0.0105	0.01
2	Hari 3 daun 50%	0.0118	0.27
3	Hari 3 daun 75%	0.0135	0.63
4	Hari 3 daun 100%	0.0137	0.67
5	Hari 3 akar 25%	0.0107	0.06
6	Hari 3 akar 50%	0.0184	1.65
7	Hari 3 akar 75%	0.0213	2.25
8	Hari 3 akar 100%	0.0202	2.01
9	Hari 6 daun 25%	0.0106	0.03
10	Hari 6 daun 50%	0.0149	0.93
11	Hari 6 daun 75%	0.0158	1.11
12	Hari 6 daun 100%	0.0151	0.96
13	Hari 6 akar 25%	0.0112	0.16
14	Hari 6 akar 50%	0.0186	1.69
15	Hari 6 akar 75%	0.0291	3.85
16	Hari 6 akar 100%	0.0262	3.26

Keterangan :
tt = tidak terdeteksi

Diperiksa oleh:
Penyelia Penguji Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897




PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA KROM

Pengirim : Imam Abdullah Syafi'i

Tanggal Penerima :

Sample : Air

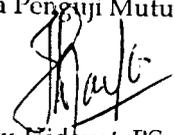
No	Sample	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	Hari 9 daun 25%	0.0111	0.13
2	Hari 9 daun 50%	0.0154	1.02
3	Hari 9 daun 75%	0.0175	1.45
4	Hari 9 daun 100%	0.0154	1.02
5	Hari 9 akar 25%	0.0121	0.34
6	Hari 9 akar 50%	0.0202	2.01
7	Hari 9 akar 75%	0.0308	4.22
8	Hari 9 akar 100%	0.0352	5.13
9	Hari 12 daun 25%	0.0111	0.14
10	Hari 12 daun 50%	0.0163	1.21
11	Hari 12 daun 75%	0.0194	1.86
12	Hari 12 daun 100%	0.0159	1.13
13	Hari 12 akar 25%	0.0128	0.48
14	Hari 12 akar 50%	0.0223	2.46
15	Hari 12 akar 75%	0.0334	4.75
16	Hari 12 akar 100%	0.0458	7.32

Keterangan :

tt = tidak terdeteksi



Diperiksa oleh:
Penyelia Penguji Mutu Air


Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



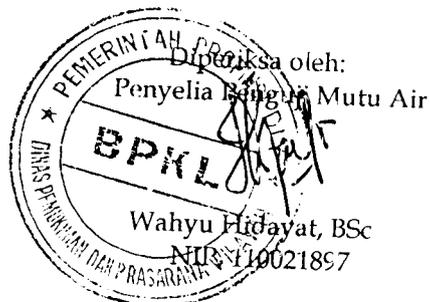
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA. Telp. (0274) 489622

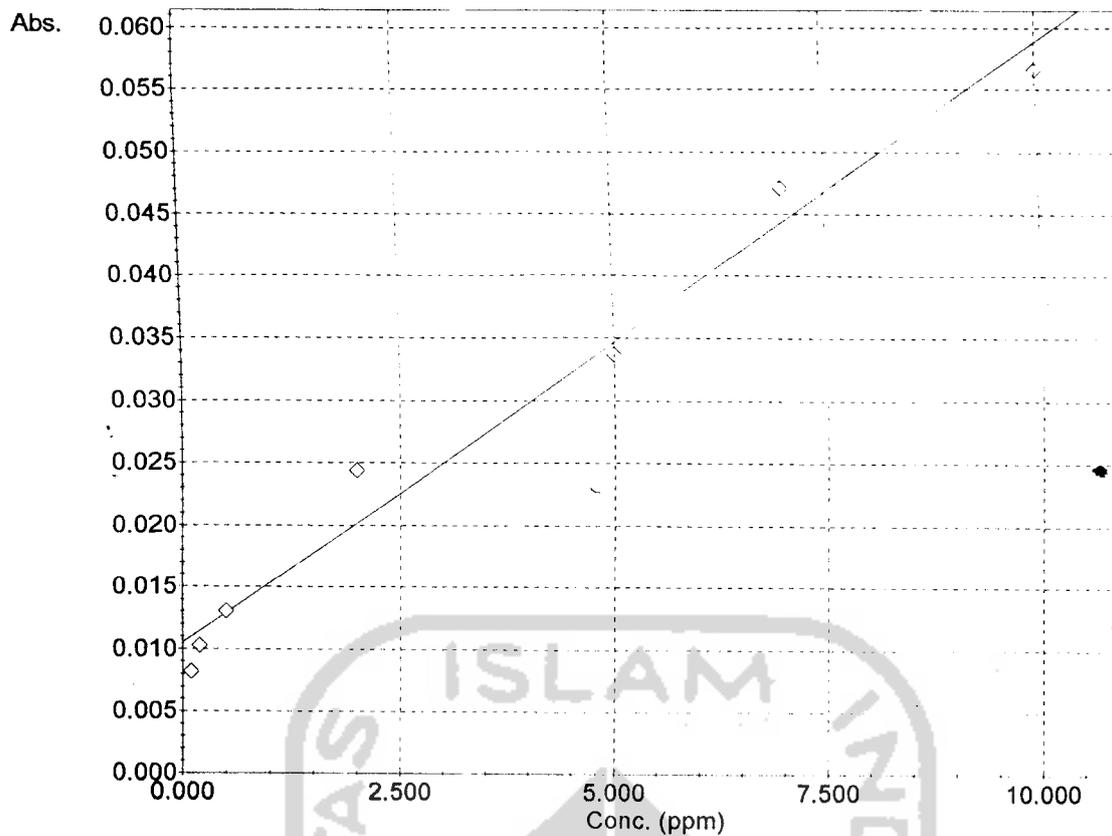
HASIL ANALISA KROM

Pengirim : Imam Abdullah Syafi'i
Tanggal Penerima :
Sample : Air

No	Sampel	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	Akar	0.0106	0.035
2	Daun	0.0105	0.020

Keterangan :
tt = tidak terdeteksi





$$\text{Abs.} = 0.00483306 \text{Conc} + 0.0105021$$

$$r = 0.9906$$

Conc.	Abs.
0.1000	0.0082
0.2000	0.0103
0.5000	0.0131
2.0000	0.0244
5.0000	0.0337
7.0000	0.0471
10.0000	0.0566



LAMPIRAN II

- HASIL PERHITUNGAN STATISTIK

Oneway Daun Terhadap Konsentrasi

Descriptives

hari

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
25%	4	,0775	,06702	,03351	-,0291	,1841	,01	,14
50%	4	,8575	,40869	,20434	,2072	1,5078	,27	1,21
75%	4	1,2625	,52137	,26068	,4329	2,0921	,63	1,86
100%	4	,9450	,19638	,09819	,6325	1,2575	,67	1,13
Total	16	,7856	,54671	,13668	,4943	1,0769	,01	1,86

Test of Homogeneity of Variances

hari

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,767	3	12	,088

ANOVA

hari

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,038	3	1,013	8,405	,003
Within Groups	1,446	12	,120		
Total	4,483	15			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: hari
Tukey HSD

(I) kons.limbah	(J) kons.limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
25%	50%	-,78000*	,24544	,035	-1,5087	-,0513
	75%	-1,18500*	,24544	,002	-1,9137	-,4563
	100%	-,86750*	,24544	,019	-1,5962	-,1388
50%	25%	,78000*	,24544	,035	,0513	1,5087
	75%	-,40500	,24544	,389	-1,1337	,3237
	100%	-,08750	,24544	,984	-,8162	,6412
75%	25%	1,18500*	,24544	,002	,4563	1,9137
	50%	,40500	,24544	,389	-,3237	1,1337
	100%	,31750	,24544	,584	-,4112	1,0462
100%	25%	,86750*	,24544	,019	,1388	1,5962
	50%	,08750	,24544	,984	-,6412	,8162
	75%	-,31750	,24544	,584	-1,0462	,4112

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

Homogeneous Subsets

hari

Tukey HSD^a

kons.limbah	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
25%	4	,0775	
50%	4		,8575
100%	4		,9450
75%	4		1,2625
Sig.		1,000	,389

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Oneway Akar Terhadap Konsentrasi

Descriptives

Hari	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
25%	4	,2600	,18690	,09345	-,0374	,5574	,06	,48
50%	4	1,9525	,37473	,18737	1,3562	2,5488	1,65	2,46
75%	4	3,7675	1,07698	,53849	2,0538	5,4812	2,25	4,75
100%	4	4,4300	2,31426	1,15713	,7475	8,1125	2,01	7,32
Total	16	2,6025	2,04125	,51031	1,5148	3,6902	,06	7,32

Test of Homogeneity of Variances

Hari			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5,976	3	12	,010

ANOVA

Hari					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42,427	3	14,142	8,455	,003
Within Groups	20,073	12	1,673		
Total	62,500	15			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Hari
Tukey HSD

(I) Konsen.limbah	(J) Konsen.limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
25%	50%	-1,69250	,91454	,298	-4,4077	1,0227
	75%	-3,50750*	,91454	,011	-6,2227	-,7923
	100%	-4,17000*	,91454	,003	-6,8852	-1,4548
50%	25%	1,69250	,91454	,298	-1,0227	4,4077
	75%	-1,81500	,91454	,247	-4,5302	,9002
	100%	-2,47750	,91454	,078	-5,1927	,2377
75%	25%	3,50750*	,91454	,011	,7923	6,2227
	50%	1,81500	,91454	,247	-,9002	4,5302
	100%	-,66250	,91454	,885	-3,3777	2,0527
100%	25%	4,17000*	,91454	,003	1,4548	6,8852
	50%	2,47750	,91454	,078	-,2377	5,1927
	75%	,66250	,91454	,885	-2,0527	3,3777

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

Homogeneous Subsets

Hari

Tukey HSD^a

Konsen.limbah	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
25%	4	,2600	
50%	4	1,9525	1,9525
75%	4		3,7675
100%	4		4,4300
Sig.		,298	,078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Oneway Akar Terhadap Waktu Kontak

Descriptives

kons.limbah

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					3 hari	4		
6 hari	4	2,2400	1,65946	,82973	-,4006	4,8806	,16	3,85
9 hari	4	2,9250	2,16476	1,08238	-,5196	6,3696	,34	5,13
12 hari	4	3,7525	2,94968	1,47484	-,9411	8,4461	,48	7,32
Total	16	2,6025	2,04125	,51031	1,5148	3,6902	,06	7,32

Test of Homogeneity of Variances

kons.limbah

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,279	3	12	,132

ANOVA

kons.limbah

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,160	3	3,720	,869	,484
Within Groups	51,340	12	4,278		
Total	62,500	15			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: kons.limbah

Tukey HSD

(I) pengambilan.sampel	(J) pengambilan.sampel	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3 hari	6 hari	-,74750	1,46259	,955	-5,0898	3,5948
	9 hari	-1,43250	1,46259	,763	-5,7748	2,9098
	12 hari	-2,26000	1,46259	,443	-6,6023	2,0823
6 hari	3 hari	,74750	1,46259	,955	-3,5948	5,0898
	9 hari	-,68500	1,46259	,965	-5,0273	3,6573
	12 hari	-1,51250	1,46259	,733	-5,8548	2,8298
9 hari	3 hari	1,43250	1,46259	,763	-2,9098	5,7748
	6 hari	,68500	1,46259	,965	-3,6573	5,0273
	12 hari	-,82750	1,46259	,940	-5,1698	3,5148
12 hari	3 hari	2,26000	1,46259	,443	-2,0823	6,6023
	6 hari	1,51250	1,46259	,733	-2,8298	5,8548
	9 hari	,82750	1,46259	,940	-3,5148	5,1698

Homogeneous Subsets

kons.limbah

Tukey HSD^a

pengambilan.sampel	N	Subset for alpha = .05
		1
3 hari	4	1,4925
6 hari	4	2,2400
9 hari	4	2,9250
12 hari	4	3,7525
Sig.		,443

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Oneway Daun Pada Kontak Waktu

Descriptives

konsentrasi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
3 hari	4	,3950	,31342	,15671	-,1037	,8937	,01	,67
6 hari	4	,7575	,49135	,24568	-,0243	1,5393	,03	1,11
9 hari	4	,9050	,55501	,27750	,0219	1,7881	,13	1,45
12 hari	4	1,0850	,70977	,35488	-,0444	2,2144	,14	1,86
Total	16	,7856	,54671	,13668	,4943	1,0769	,01	1,86

Test of Homogeneity of Variances

konsentrasi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,329	3	12	,805

ANOVA

konsentrasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,029	3	,343	1,192	,354
Within Groups	3,454	12	,288		
Total	4,483	15			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: konsentrasi

	(I) hari	(J) hari	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	3 hari	6 hari	-,36250	,37938	,776	-1,4889	,7639
		9 hari	-,51000	,37938	,554	-1,6364	,6164
		12 hari	-,69000	,37938	,312	-1,8164	,4364
	6 hari	3 hari	,36250	,37938	,776	-,7639	1,4889
		9 hari	-,14750	,37938	,979	-1,2739	,9789
		12 hari	-,32750	,37938	,823	-1,4539	,7989
	9 hari	3 hari	,51000	,37938	,554	-,6164	1,6364
		6 hari	,14750	,37938	,979	-,9789	1,2739
		12 hari	-,18000	,37938	,963	-1,3064	,9464
	12 hari	3 hari	,69000	,37938	,312	-,4364	1,8164
		6 hari	,32750	,37938	,823	-,7989	1,4539
		9 hari	,18000	,37938	,963	-,9464	1,3064
Bonferroni	3 hari	6 hari	-,36250	,37938	1,000	-1,5586	,8336
		9 hari	-,51000	,37938	1,000	-1,7061	,6861
		12 hari	-,69000	,37938	,564	-1,8861	,5061
	6 hari	3 hari	,36250	,37938	1,000	-,8336	1,5586
		9 hari	-,14750	,37938	1,000	-1,3436	1,0486
		12 hari	-,32750	,37938	1,000	-1,5236	,8686
	9 hari	3 hari	,51000	,37938	1,000	-,6861	1,7061
		6 hari	,14750	,37938	1,000	-1,0486	1,3436
		12 hari	-,18000	,37938	1,000	-1,3761	1,0161
	12 hari	3 hari	,69000	,37938	,564	-,5061	1,8861
		6 hari	,32750	,37938	1,000	-,8686	1,5236
		9 hari	,18000	,37938	1,000	-1,0161	1,3761

Homogeneous Subsets

konsentrasi

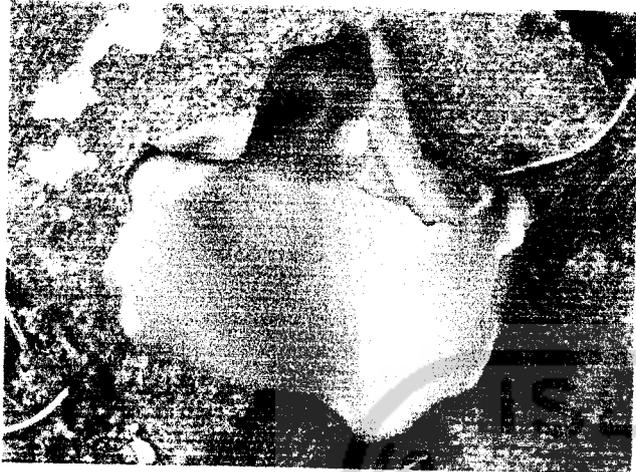
	hari	N	Subset for alpha = .05
			1
Tukey HSD ^a	3 hari	4	,3950
	6 hari	4	,7575
	9 hari	4	,9050
	12 hari	4	1,0850
	Sig.		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.



Kondisi Daun Tanaman Setelah Perlakuan



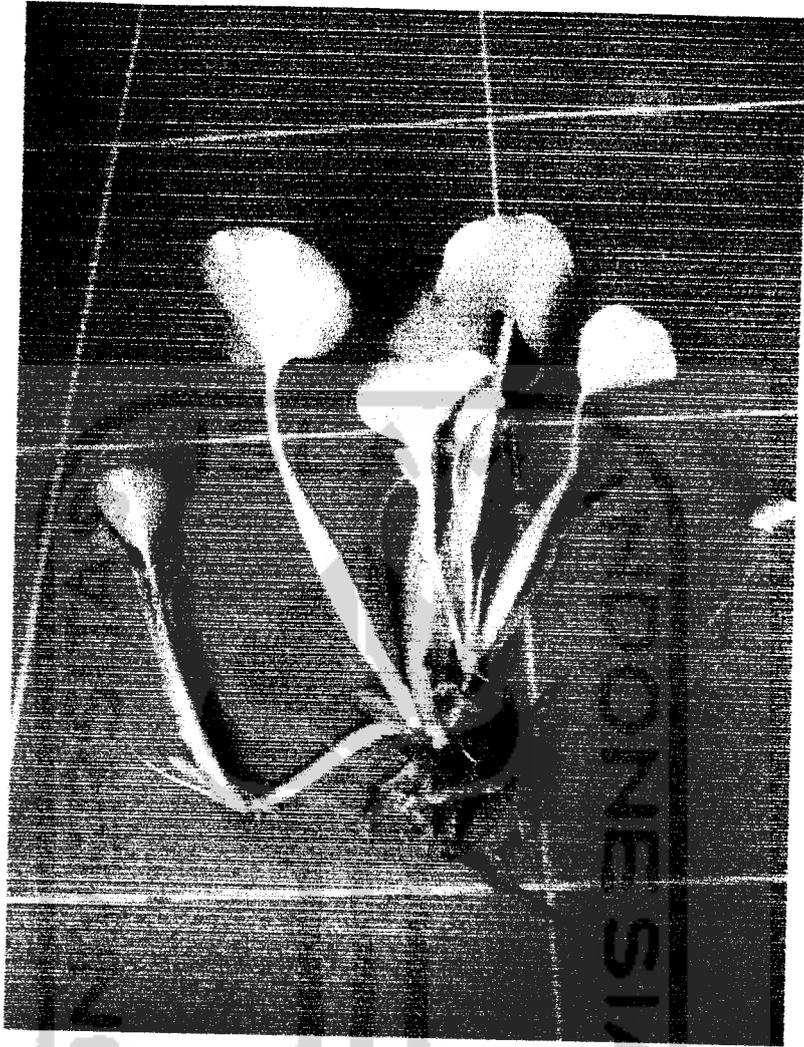
1



2



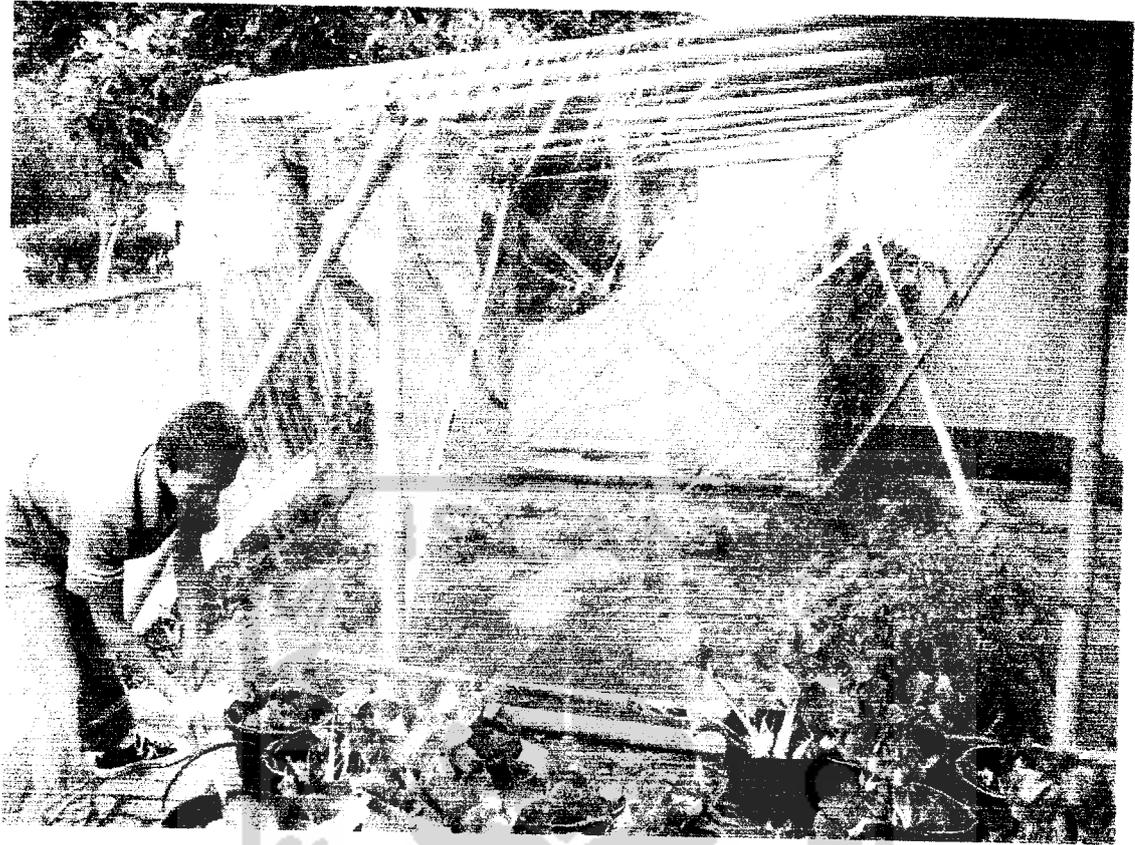
3



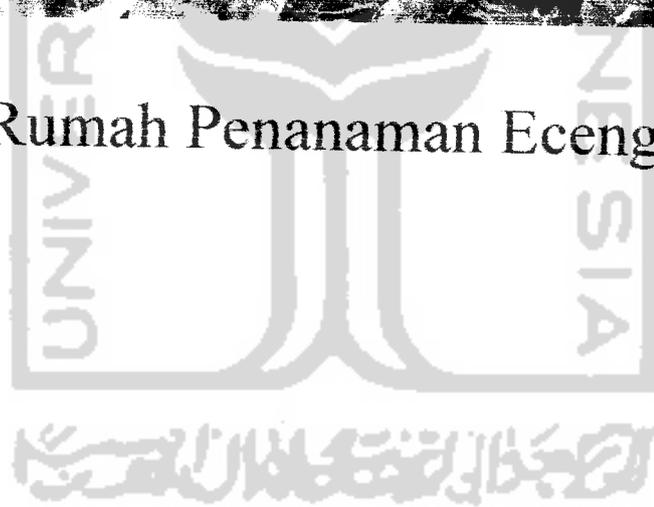
Gambar Sampel Tanaman Eceng gondok



Gambar Lokasi Penanaman Eceng Gondok



Gambar Rumah Penanaman Eceng Gondok



2

7/06
12

ISLAM

... ..
... ..

3

12/07

... ..

4

4

15/07

... ..

... ..

... ..

5

5/07

... ..

... ..

6

6/2/06

... ..

... ..