

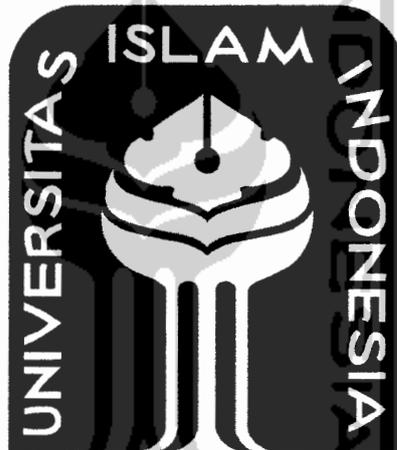
TA/TL/2007/0188

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	21 Juni 2007
NO. JUDUL :	00 24 63
NO. INV. :	820002463 201
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

TINGKAT PENURUNAN KROMIUM TOTAL (Cr Total) DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata-I Ujian Sarjana
Teknik Lingkungan

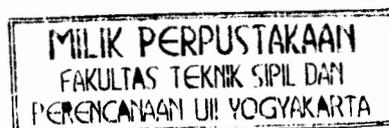


Oleh:

SUCI WULANDARI

02 513 049

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



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**TINGKAT PENURUNAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS
LINGKUNGAN UII DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS*
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK**

(Eichornia crassipes)



Disusun oleh :

SUCI WULANDARI

02 513 049

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

IR. H. KASAM, MT

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 6-5-2007

EKO SISWOYO, ST

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 6-5-2007

MOTTO

Bukan kemampuan kita yang menunjukkan siapa diri kita,

Tapi pilihan kitalah yang menunjukkan

Siapa sebenarnya diri kita ini.

(Albus Dumbledore dalam Harry Potter an The Chambe Of Secrets)

“Sungguh Bersama Kesukaran Pasti Ada kemudahan,

Dan Bersama Kesukaran Pasti Ada Kemudahan,

Bila Selesai Suatu Tugas,

Mulailah Tugas Yang Lain Dengan Sungguh-Sungguh,

Hanya Kepada Tuhanmu Hendaknya Kamu Berharap”.

الرَّحْمَةُ الرَّحِيمِ (Q.S. Asy-Syarah: 5-8)

Kita nda akan pernah tau kapan dan saat apa kita butuh dukungan

Yang pasti, dukungan itu kita butuhkan saat kita menghadapi polemik hidup

yang nda mampu kita tanggung sendiri

(Hadi M)

*Dengan Sepenuh Hati, Cinta dan Sayang
Kupersembahkan Tugas Akhir ini Kepada:*

Allah S.W.T.

Karena segala yang ada ini hanyalah milik-Nya. "Dan kepunyaan Allah-Lah timur dan barat, maka kemanapun kamu menghadap, disitulah wajah Allah".

(Al-Baqarah:115)

Keluarga Ku

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk kebahagiaan kedua orang tua-Ku 'n Adik-adikku yang merupakan anugerah illahi dalam hidupku, karena kalian-Lah aku bisa seperti sekarang.

Sahabatku

Kesalahan dan kebahagiaan kita mungkin hanya goresan hidup. Dan Waktu tidak akan memudarkan kenangan kita. Thank's Sobat kalian telah memberi makna dari sebuah persahabatan.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA, sehingga penulisan tugas akhir dengan judul “ **Tingkat Penurunan Kromium Total (Cr Total) Dari Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII Dengan *Constructed Wetlands* Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)** ” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dapat menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Disadari bahwa selama pelaksanaan Tugas akhir di lapangan dan di laboratorium sampai selesainya laporan ini banyak pengarahan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah memberikan kesempatan, bimbingan dan pengarahan kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah memberikan masukan dan kesabaran hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Andik Yulianto, ST, Bapak Hudori ST, Ibu Ani Yulia, ST, MSc, Ibu Yureana Wijayanti, ST, Meng, Mas Agus dan seluruh Dosen yang mengajar di Jurusan Teknik Lingkungan, Terima kasih atas ilmunya selama ini.
6. Mas Iwan, terima kasih atas kerjasamanya selama saya di laboratorium.
7. Ibu Rusdiana dan staf BPKL, terima kasih atas semua pelayanan dalam menganalisis hasil penelitianku.
8. Dengan sepenuh hati, cinta dan sayang Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada Bapak, ibu, adik Arif dan Triya tercinta atas dorongan, semangat, dukungan, nasehat, pengertian, keceriaannya, kasih sayang dan cinta yang tiada pernah henti serta do'a untuk kebaikan dan keberhasilanku. Love you all.
9. Keluarga besar Kalicilik, nte Han atas semua perhatian, nasehat dan dukungan serta doa buat ade, Om Narto, Om Harno & nte Pi yang sering kasih ade uang jajan (heheE makasi ☺), keluarga besar Tanubayan dan Keluarga besar di Jogja semoga Allah selalu memberi kita kemudahan dan perlindunganNya. Amin...Amin

10. Cemara7 (Egi, Ria, Dian, Maya, Mirna, Reni) mungkin ci terlalu naif memandang arti sebuah persahabatan, maafkan ci atas semua ini, ketidak fahaman ci atas diri kalian membuat kita salah mengerti yang akhirnya timbul perselisihan2 kecil... tapi itu semua membuat kita jauh lebih dekat.
11. Sobat-sobatku seperjuangan Ria, Dian, Maya, Mirna n Andi, terima kasih atas kerjasama dan pikirannya. Cangkul-cangkul ☺ heheE.... 3 X ngulang bukan berarti kita menyerah!!! Ria makasi banyak ya, meski kadang suka gregetan ma Ria tapi kebaikan Ria ta'kan terlupakan, makasi....Moga Allah beri kita kemudahan dan perlindunganNya.
12. Teman-teman ngelab mas Adi, mas Fahri, mas Ponda, bang Dudi, Tuty, Rintis, mba Nana, K pay dengan adanya kalian buat suasana ngelab jadi nda bosenin ☺
13. Cah-cah TL : bang Blewa, Welly, Ino, Heru, bang Modo, bang Edo, berkat kalian rumah kita berdiri lagi dan berkat kalian tanah sawah berpindah tempat dirumah plastik kami ☺ hmmmmm.
14. Cah BC : Babe, Batman, mas Aji, k De', k Pandu, k Muchtar, mas Nu n mas azri... kalian selalu buat ci tersenyum (mang badut ☺)
15. Cah-cah kost (Bourding House Kusuma) => mba Lo'e, Pepo, Sari ('ndut), Tiwul, Egi, May2, April, Manda yang sering marahin ci karna "krim malam ato krim pagi" heheE, adeku Linda yang suka ceroboh, tyas n sikecil lin yang akur ya kalian. Kalian semua telah menjadi sahabat dan teman seperjuangan. Makasih untuk semangat, dorongannya, keceriaan, keerroran , semoga persahabatan ini tak akan pupus ditelan waktu. Terus berjuang dan jaga terus kekompakan kita.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTARLAMPIRAN	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BABI PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	5
2.2 Mekanisme Sistem Pengolahan <i>Wetlands</i>	6
2.3 Fitoremediasi.....	13
2.4 Tanaman Eceng Gondok.....	15
2.4.1 Klasifikasi Eceng Gondok.....	15
2.4.2 Ciri-ciri Fisiologi Eceng Gondok.....	21
2.4.3 Manfaat Eceng Gondok.....	22
2.4.4 Kerugian Eceng Gondok.....	23
2.5 Logam dan Logam Berat.....	24
2.5.1 Logam.....	24
2.5.2 Logam Berat.....	26
2.5.3 Penurunan Logam Berat Dalam <i>Constructed Wetlands</i> Eceng Gondok.....	28
2.5.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Eceng Gondok Pada Limbah Dengan Organik Tinggi dan organik Rendah.....	30
2.6 Cr Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	31
2.6.1 Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	33
2.6.2 Kegunaan Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	35
2.6.3 Keracunan Khromium (Cr).....	36

2.6.4	Prinsip Analisis Logam Khromium.....	38
2.7	Toksisitas Logam Pada Tanaman Eceng Gondok.....	39
2.8	Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	41
2.9	Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>), Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forks</i>) dan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>).....	42
2.10	Hipotesis.....	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		47
3.1	Diagram Alir Metode Penelitian.....	47
3.2	Lokasi Penelitian.....	48
3.3	Waktu Penelitian.....	48
3.4	Parameter Penelitian.....	48
3.5	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	49
3.6	Metode Pelaksanaan Penelitian.....	51
3.6.1	Kualitas Air Limbah.....	51
3.6.2	Tanaman Eceng Gondok.....	52
3.6.3	Desain Sampling.....	52
3.6.4	Spektrofotometer Serapan Atom.....	53
3.7	Metode Analisa Laboratorium.....	54
3.8	Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah.....	54

3.9	Metode Analisis Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
4.1	Konsentrasi Awal Logam Cr Total Dalam Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan	56
4.2	Analisa Kondisi Air Limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan.....	58
4.3	Analisa Parameter Cr Total Pada Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan.....	68
4.4	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	71
4.4.1	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Air Limbah Laboratorium.....	71
4.4.2	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	72
4.4.3	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	74
4.5	Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	75
4.6	Analisa Tanaman Eceng Gondok.....	76

16. Cah-cah Pussy Cat : Ma Vita & Pa Acong, Yaya, Indun, Dinoy, Ary, Dyah...oia
`ndah juga, Ci nda kan Lupa "SIDANG" malam tu ☺
17. Sahabat2 ci di rumah, **"Kita nda akan pernah tau kapan dan saat apa kita butuh dukungan, yang jelas dukungan itu kita butuhkan saat kita menghadapi polemik hidup yang nda mampu kita tanggung sendiri"** Ari
`ndut, Beken, Oed, dUndun, Anda, Senja, Thita..
18. Teman2 Demak di jogja, Nita& Anna farmasi, Anda Arc, Farid Sipil, dan semua yang nda bisa tersebut satu.... kapan ne kumpul lagi?
19. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan keterbatasan kemampuan penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Teknik Lingkungan pada khususnya.

Yogyakarta, April 2007

Penulis,

Suci Wulandari

4.6.1	Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	79
4.7	Uji Statistik Parameter.....	81
4.7.1	Uji Statistik Parameter Cr Total Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	81
4.7.2	Uji Statistik Parameter Cr Total Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
LAMPIRAN.....		89



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands</i> Type FWS.....	8
Tabel 2.2 Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium	32
Tabel 3.1 Persamaan Reaktor Awal	50
Tabel 3.2 Variasi Konsentrasi Limbah Cair.....	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total	56
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Eceng Gondok	57
Tabel 4.3 Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 100%	59
Tabel 4.4 Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 75%	61
Tabel 4.5 Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 50%	63
Tabel 4.6 Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 25%.....	65
Tabel 4.7 Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 0%.....	67
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah Laboratorium.....	68
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah Laboratorium Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	69
Tabel 4.10 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari Limbah Eceng Laboratorium Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok	71

Tabel 4.11 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari Limbah Eceng Laboratorium Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	72
Tabel 4.12 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok	74
Tabel 4.13 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji	75
Tabel 4.14 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok	76
Tabel 4.15 Hasil Penelitian Perubahan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	79
Tabel 4.16 Hasil Penelitian pH Selama 12 Hari.....	79
Tabel 4.17 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari.....	80
Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total	82
Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total	83

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 <i>Constructed Wetlands</i> tipe FWS	8
Gambar 2.2 <i>Constructed Wetlands</i> tipe SSF	9
Gambar 2.3 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	12
Gambar 2.4 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i> Bertingkat.....	13
Gambar 2.5 Proses – Proses Fitoremediasi Pada Tumbuhan.....	15
Gambar 2.6 Eceng Gondok.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (Tanpa Skala)	50
Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (Tanpa Skala)	51
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu kontak Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok	68
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu kontak Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	69
Gambar 4.3 Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji..	72
Gambar 4.4 Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok	73

Gambar 4.5	Grafik Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji.....	75
Gambar 4.6	Grafik Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	76



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Hasil Analisis Logam Cr Total

LAMPIRAN B

Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 hari

LAMPIRAN C

Dokumentasi Reaktor Penelitian

LAMPIRAN D

Analisa Statistik

LAMPIRAN E

Baku Mutu

LAMPIRAN D

Analisa Logam Dengan Metode AAS



TINGKAT PENURUNAN KROMIUM TOTAL (Cr TOTAL) DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN UII DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*)

Eko Siswoyo¹⁾, Kasam²⁾, Suci Wulandari³⁾

INTISARI

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari aktifitas praktikum pada laboratorium kualitas lingkungan yaitu pencemaran pada badan air baik sungai, danau maupun badan air lainnya bahkan air tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan dengan sistem *Constructed Wetlands* dengan menggunakan tanaman eceng gondok sebagai media untuk menurunkan konsentrasi Cr total. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi Cr Total yang terdapat dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan *Constructed Wetlands* menggunakan tanaman eceng gondok dan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok terhadap kandungan Cr total dalam limbah laboratorium kualitas lingkungan.

Dalam penelitian ini digunakan reaktor terbuat dari kayu yang dilapisi dengan plastik dengan ukuran 0,5 m x 1,0 m. setiap reaktor diberi media tanah 5 cm, dan diberi tanaman sebanyak 13 buah. Reaktor tersebut diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah yang bervariasi (100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%), dan waktu pengambilan sampel (0, 3, 6, 9, 12 hari). Pengujian penelitian Cr total dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom)

Karakteristik limbah pada hari ke-12 telah mengalami perubahan sehingga tanaman mampu menurunkan Cr total lebih optimal, maka hasil yang didapat dalam penelitian ini diketahui bahwa tanaman eceng gondok dapat menurunkan kandungan Cr total pada konsentrasi 100% sebesar 0.1000 mg/L (dari 0.2803 mg/L menjadi 0.1803 mg/L), pada konsentrasi 75% sebesar 0.0099 mg/L (dari 0.0099 mg/L menjadi < 0.001 mg/L) pada konsentrasi 50% sebesar 0.0261mg/L (dari 0.0261 mg/L menjadi <0.001) mg/L).

Kata kunci : *Constructed Wetlands*, Cr Total, Eceng Gondok, Limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan.

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

REDUCING RATE OF TOTAL CHROMIUM (TOTAL Cr) FROM THE LIQUID WASTE OF ENVIRONMENTAL QUALITY LABORATORY OF THE ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA WITH CONSTRUCTED WETLANDS USING PLANTS OF WATER HYACINTHS (*Eichornia crassipes*)

Eko Siswoyo¹⁾, Kasam²⁾, Suci Wulandari³⁾

ABSTRACT

One of the environmental problems generated by practical jobs at an environmental quality laboratory is pollution on water bodies such as rivers, lakes or other water bodies even the land water. In the present study it was done a processing with a Constructed Wetlands system by using water hyacinths as media to reduce the concentration of Total Cr. Aims of the study were to know any reducing rate of Total Cr concentration found at liquid waste of environmental quality laboratory with Constructed Wetlands by using plants of water hyacinths and to know what big of absorption capacity done by the plants of water hyacinths to the compound of Total Cr in the environmental quality laboratory wastes.

In the present study it was used reactors made of woods layered by plastics in a measurement 0,5 m x 1,0 m. Each reactor was given land media 5 cm, and it was given 13 plants. Those reactors were given treatment with varied waste concentrations (100%, 75%, 50%, 25%, and 0%), and times of taking samples (0, 3, 6, 9, 12 days). Testing for results of Total Cr used an SSA (Atomic Absorption Spectrophotometry) method.

Characteristics of wastes at the day-12 had been experienced changes so the plants were capable of reducing Total Cr more optimally. Thus results found in the study can be known that the plants of water hyacinths can reduce the compound of total Cr in the concentration of 100% as big as 0.1000 mg/L (from 0.2803 mg/L to 0.1803 mg/L), in the concentration of 75% as big as 0.0099 mg/L (from 0.0099 mg/L to < 0.001 mg/L) in the concentration of 550% as big as 0.0261 mg/L (from 0.0261 mg/L to < 0.001 mg/L).

Key words: Constructed Wetlands, Total Cr, Water Hyacinth, Environmental Quality Laboratory Waste

¹Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

³Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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).

Dalam kegiatan laboratorium, air yang telah digunakan (air limbah laboratorium kualitas lingkungan) tidak bisa langsung dibuang ke lingkungan karena dapat menyebabkan pencemaran. Air limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu agar mempunyai kualitas yang sama dengan kualitas air lingkungan yang tidak bersifat toksik bagi organisme maupun bagi manusia yang memanfaatkannya. Secara umum sistem pengolahan limbah cair dikategorikan kedalam tiga sistem pengolahan yaitu secara fisik, kimia, dan biologi.

Constructed Wetlands merupakan salah satu alternatif pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima. Pengolahan limbah dengan *Constructed Wetlands* memanfaatkan mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam areal tersebut. Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimia dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis,

pengoksida dan *plan uptake* (Metcalf & Eddy, 1993). Dalam beberapa hal sistem ini menguntungkan karena biayanya murah, sederhana, dan memiliki kemampuan proses meminimalisasi limbah yang tinggi.

Ada tiga fungsi dasar dari *wetlands* yang menjadikan sistem pengolahan limbah cair dari ini sangat potensial, yaitu :

- a. Secara fisik mampu menahan atau menangkap kandungan kandungan polutan yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.
- b. Memanfaatkan (*Utilization*) dan sebagai *transformation* dari berbagai macam jenis mikroorganisme.
- c. Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang sangat rendah dan mudah untuk menghasilkan pengolahan yang baik.

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

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Apakah sistem *Constructed Wetlands* dapat menurunkan konsentrasi Cr total yang terdapat dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan menggunakan tanaman eceng gondok?
- b. Berapakah efisiensi penurunan konsentrasi Cr total pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan *Constructed Wetlands* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengolahan limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan *Constructed Wetlands* ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi Cr total yang terdapat dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan *Constructed Wetlands*.
- b. Untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok terhadap kandungan Cr total dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap limbah cair laboratorium kualitas lingkungan.
- b. Meminimalisasi kadar Cr total yang terkandung dalam limbah laboratorium kualitas lingkungan dengan memanfaatkan eceng gondok (*Eichornia crassipes*).
- c. Mengetahui kapasitas serapan kadar Cr total yang terdapat pada tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap limbah laboratorium kualitas lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

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

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem *Constructed Wetlands*

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

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

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

2.2 Mekanisme Sistem Pengolahan *Wetlands*

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

1. *Solid* (padatan)

Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed Wetlands* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi *solid* dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam M. Arnis Fauzi, 2006).

2. Bahan Organik

Proses pengolahan biologis dalam *Constructed Wetlands* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung

pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed Wetlands* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam M. Arnis Fauzi, 2006).

Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



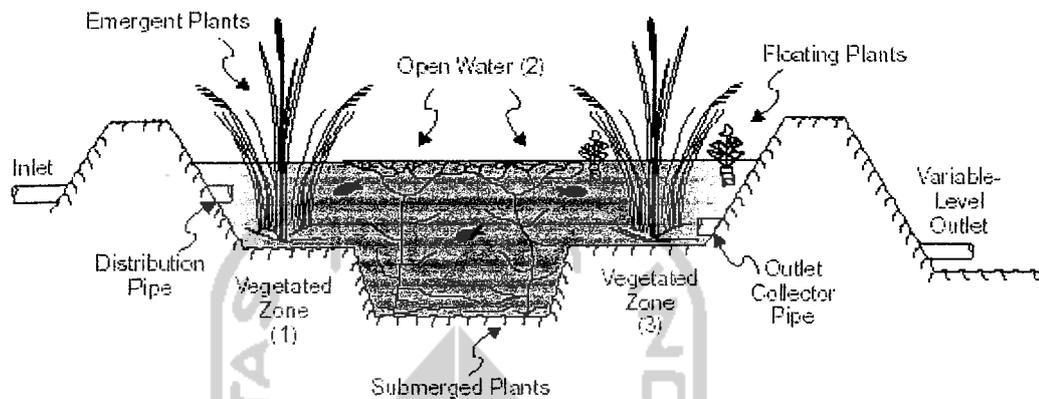
Berdasarkan definisi dari *Enviromental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *Constructed Wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

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

- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)

- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang.



Gambar 2.1 *Constructed wetland* tipe FWS

Dibawah ini adalah tabel kriteria desain untuk *Constructed Wetlands* Type FWS :

Table 2.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Type FWS

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

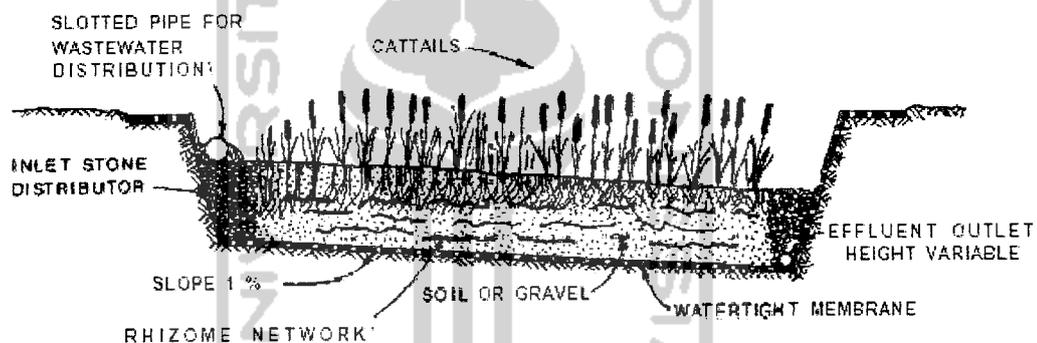
(Dal Cin, 2000)

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Sistem *sub surface flows* ini pada dasarnya hampir sama dengan system *free water surface* hanya jumlah air pada tanaman ini hampir seluruh tanaman hidup menggenang pada permukaan air. Pada SSF media yang

digunakan berupa media berpori, antara lain : kerikil dan pasir kasar. Proses yang terjadi pada sistem SSF ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

Ada beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan *Constructed Wetlands*, yaitu waktu detensi, *Organic Loading Rate*, Kedalaman air, serta bentuk dari *Constructed Wetlands* yang akan dibuat.



Gambar 2.2 *Constructed wetland* tipe SSF

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

1. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetlands* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan *microbial*. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu

detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel *suspended*. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *Constructed Wetlands*. Jika menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis, karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Faisal, 2005).

2. Media Reaktor

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

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

3. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganisme *heterotropik aerobic*, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal, 1999 dalam Faisal, 2005). Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanam tanaman *cattail*. Dengan jarak yang diatur sedemikian rupa diharapkan tanaman *cattail* akan

mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan mikroorganisme yang hidup dalam tanah.

4. Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas *effluent* air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Temperatur yang cocok untuk *Constructed Wetlands* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20 °C – 30 °C (Wood,1993 dalam Faisal, 2005).

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

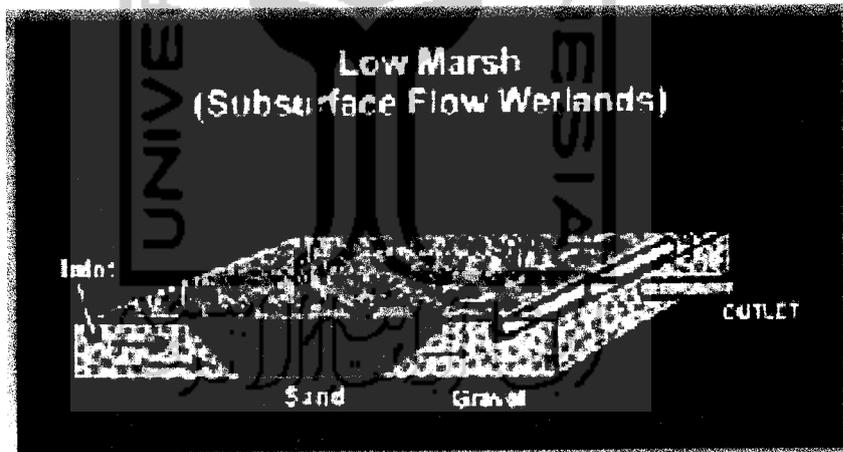
1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Tempat berkembang biaknya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

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

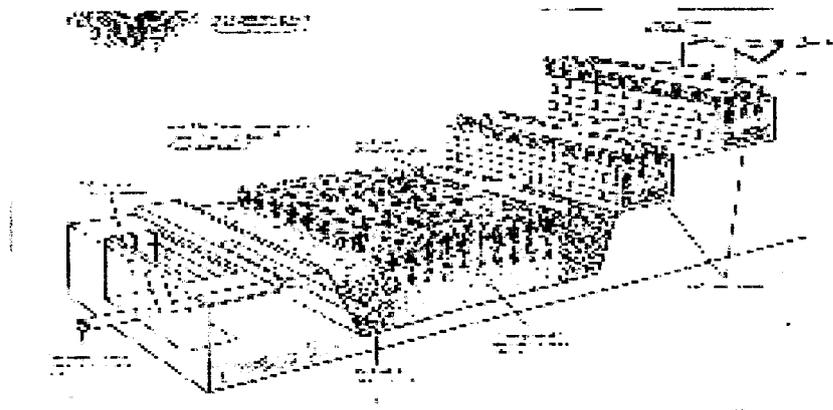
Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *Constructed Wetlands* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

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

Berikut gambar dari sistem pengolahan *Constructed Wetlands* :



Gambar 2.3 Reaktor Sistem *Constructed Wetlands*



Gambar 2.4 Reaktor Sistem *Constructed Wetlands* Bertingkat

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 dalam Imam, 2007).

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, fitodegrasi, 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

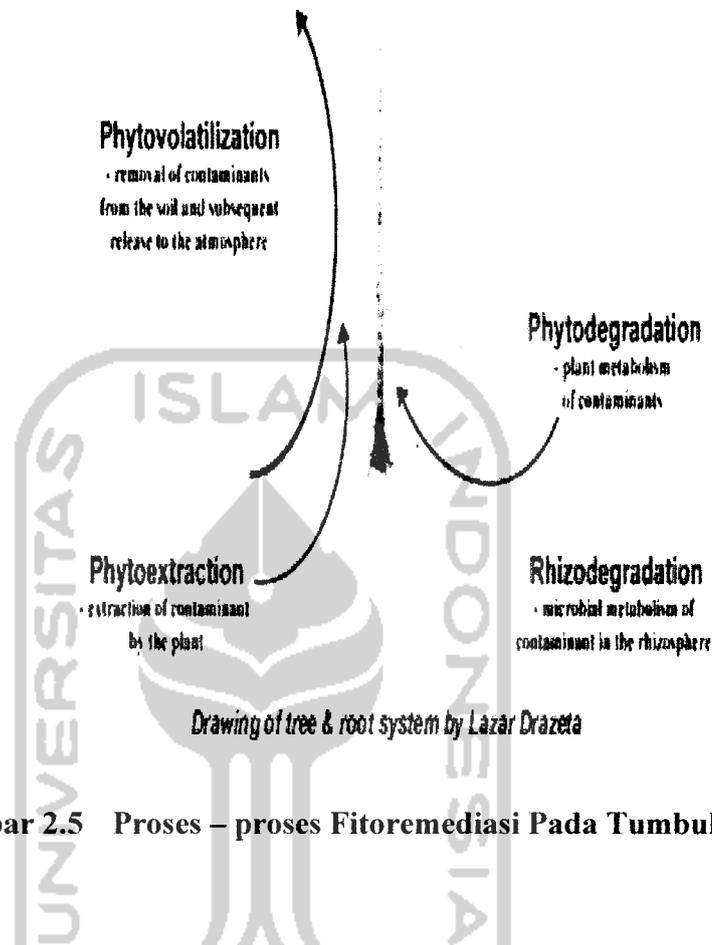
Ini merupakan pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.

4. Fitostabilisasi

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

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.



Gambar 2.5 Proses – proses Fitoremediasi Pada Tumbuhan

2.4 Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

2.4.1 Klasifikasi Eceng Gondok

Divisi : *Spermatophyta*

Sub divisi : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledoneae*

Suku : *Pontederiaceae*

Marga : *Eichhornia*

Jenis : *Eichornia crassipes Solms*

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

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

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak di gunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestic dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam

persatuan berat kering eceng gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widianto dan Suselo, 1977).

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

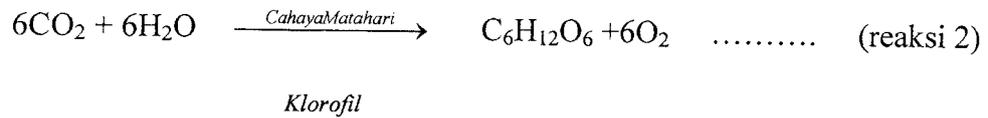
a) Akar

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

b) Daun

Daun eceng gondok tergolong dalam makrofita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok terdapat dalam sel epidemis. Dipermukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O_2 dari proses fotosintesis.

Reaksi fotosintesis :



Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas ke dalam air (Pandey, 1980).

c) Tangkai

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

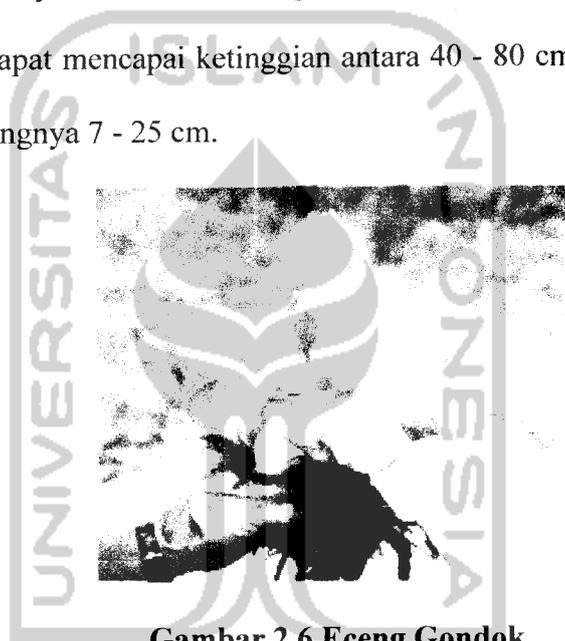
d) Bunga

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lebayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6 - 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Eceng gondok juga memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut, eceng gondok merupakan tumbuhan perennial yang hidup dalam perairan terbuka, yang mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal.

Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif, perkembangan secara vegetatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru.

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



Gambar 2.6 Eceng Gondok

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

1. Cahaya matahari, pH dan Suhu

Pertumbuhan eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25 °C-30 °C, hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, eceng

gondok lebih cocok terhadap pH 7,0 - 7,5, jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat (Dhahiyat, 1974).

2. Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

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

Pemilihan tanaman eceng gondok pada *Constructed Wetlands* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman eceng gondok merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia.
2. Dari segi ekonomi tanaman eceng gondok harganya relatif murah.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam sistem *Constructed Wetlands* pemeliharaan sangat mudah.

2.4.2 Ciri-ciri Fisiologis Enceng Gondok

Eceng gondok memiliki daya adaptasi yang besar terhadap berbagai macam hal yang ada disekelilingnya dan dapat berkembang biak dengan cepat. Eceng gondok dapat hidup ditanah yang selalu tertutup oleh air yang banyak mengandung makanan. Selain itu daya tahan eceng gondok juga dapat hidup ditanah asam dan tanah yang basah (Anonim, 1996). Kemampuan eceng gondok untuk melakukan proses-proses sebagai berikut :

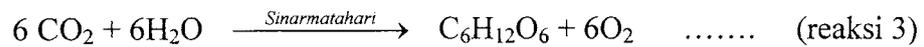
a. Transpirasi

Jumlah air yang digunakan dalam proses pertumbuhan hanyalah memerlukan sebagian kecil jumlah air yang diadsorpsi atau sebagian besar dari air yang masuk kedalam tumbuhan dan keluar meninggalkan daun dan batang sebagai uap air. Proses tersebut dinamakan proses transpirasi, sebagian menyerap melalui batang tetapi kehilangan air umumnya berlangsung melalui daun. Laju hilangnya air dari tumbuhan dipengaruhi oleh kwantitas sinar matahari dan musim penanaman. Laju teraspirasi akan ditentukan oleh struktur daun eceng gondok yang terbuka lebar yang memiliki stomata yang banyak sehingga proses transpirasi akan besar dan beberapa faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, udara, cahaya dan angin (Anonim, 1996).

b. Fotosintesis

Fotosintesis adalah sintesa karbohidrat dari karbondioksida dan air oleh klorofil. Menggunakan cahaya sebagai energi dengan oksigen sebagai produk tambahan.

Reaksi fotosintesis :



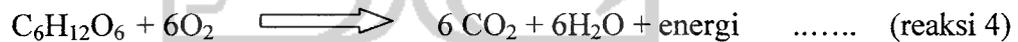
Klorofil

Dalam proses fotosintesis ini tanaman membutuhkan CO_2 dan H_2O dan dengan bantuan sinar matahari akan menghasilkan glukosa dan oksigen dan senyawa-senyawa organik lain. Karbondioksida yang digunakan dalam proses ini berasal dari udara dan energi matahari (Sastroutomo, 1991).

c. Respirasi

Sel tumbuhan dan hewan mempergunakan energi untuk membangun dan memelihara protoplasma, membran plasma dan dinding sel. Energi tersebut dihasilkan melalui pembakaran senyawa-senyawa. Dalam respirasi molekul gula atau glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) diubah menjadi zat-zat sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983).

reaksi kimia adalah :



2.4.3 Manfaat Eceng Gondok

Little (1968) dan Lawrence dalam Moenandir (1990), Haider (1991) serta Sukman dan Yakup (1991), menyebutkan bahwa eceng gondok banyak menimbulkan masalah pencemaran sungai dan waduk, tetapi mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri.

- b. Sebagai bahan penutup tanah dan kompos dalam kegiatan pertanian dan perkebunan.
- c. Sebagai sumber gas yang antara lain berupa gas amonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.
- d. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
- e. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
- f. Sebagai bahan baku karbon aktif.

2.4.4 Kerugian Eceng Gondok

Kondisi merugikan yang timbul sebagai dampak pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali di antaranya adalah :

- a. Meningkatnya evapotranspirasi.
- b. Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO : *Dissolved Oxygens*).
- c. Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- d. Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
- e. Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

2.5 Logam dan Logam Berat

2.5.1 Logam

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair. Logam-logam cair, contohnya adalah air raksa atau hidrargyrum (Hg), serium (Ce) dan gallium (Ga).

Melihat kepada bentuk dan kemampuan atau daya yang ada pada setiap logam, maka dapatlah diketahui bahwa setiap logam haruslah :

- a. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik (*konduktor*).
- b. Memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik.
- c. Memiliki repatan yang tinggi.
- d. Dapat membentuk alloy dengan logam lainnya.
- e. Untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk

Disamping itu, setiap unsur logam baik yang padat maupun yang berbentuk cair, akan memberikan ion positif (+) apabila senyawanya dilarutkan dalam air. Sedangkan oksida dari senyawa tersebut akan membentuk hidroksida bila bertemu dengan air.

Hampir 75% dari unsur-unsur yang terdapat dalam tabel periodik unsur merupakan unsur logam. Unsur logam tersebut, ditemukan hampir pada setiap golongan kecuali pada golongan VII A dan golongan VIII A dari tabel periodik

unsur. Unsur-unsur logam tersebut dikelompokkan pula atas golongan-golongan sesuai dengan karakteristiknya. Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Golongan logam alkali.
- b. Golongan logam alkali tanah.
- c. Golongan logam transisi.
- d. Golongan logam mulia.
- e. Golongan logam tanah.
- f. Golongan logam tanah jarang.
- g. Golongan logam lantanida dan aktinida.

Ahrland et.al.(1958) mengusulkan untuk mengelompokkan logam kedalam 3 kategori, yang berdasarkan pada konstanta kesetimbangan, pada pembentukan ion logam atau kompleks logam dalam larutan. Pengelompokan itu adalah :

- a. Kategori kelas A
- b. Kategori kelas B
- c. Kategori kelas antara (*transisi*)

Secara kimiawi, logam bereaksi menuju tingkat stabil (biasanya dengan cara membentuk garam atau bentuk unsur stabil). Unsur logam akan bereaksi sebagai aseptor elektron (asam lewis) dan berpasangan dengan donor elektron (basa lewis) membentuk bermacam-macam senyawa, seperti pasangan ion, kompleks logam, senyawa koordinasi dan kompleks donor aseptor. Semakin besar konstanta kesetimbangan dari suatu logam, maka makin stabil pula kompleks logam tersebut dalam larutannya. Sebagai contoh, logam-logam transisi pada deret elektron 3 d,

menunjukkan kenaikan stabilitas kompleksinya sebagai berikut : $Mn^{2+} < Fe^{2+} < Co^{2+} < Ni^{2+} < Cu^{2+} > Zn^{2+}$ yang lebih dikenal dengan deret irving-william. Pendekatan ini selanjutnya dikembangkan untuk mengelompokkan pasangan-pasangan elektron donor aseptor menjadi kelompok asam-basa kuat dan asam-basa lemah. Asam kuat seperti, Mg^{2+} , Ca^{2+} dan Al^{3+} akan berikatan kuat dengan oksida asam kuat (basa kuat) seperti O^{2-} atau Co^{32+} , sedangkan asam lemah seperti, Hg^{22+} atau Hg^{2+} dan unsur logam Pb^{2+} lebih cenderung untuk berikatan dengan basa-basa lemah seperti S^{2-} .

2.5.2 Logam berat

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

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

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

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar, 1994) :

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

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

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

Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam kedalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio- kimia).

Pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *oxsygen- seeking* metal.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga nitrogen/ *sulfur seeking metal*.

- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion penggant) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

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

2.5.3 Penurunan Logam Berat Dalam Sistem *Constructed Wetlands* Dengan Eceng Gondok

Constructed Wetlands secara umum adalah tanah di mana kejenuhan air merupakan faktor dominan dari perkembangan tanah dan tipe dari tanaman dan binatang yang hidup padanya. Yang kondisinya dibuat sesuai dengan bentuk *wetlands*

alaminya, dengan tujuan untuk meminimalisasikan kandungan konsentrasi air limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran air.

Proses pengolahan yang terjadi di dalam *wetlands* tersebut berupa sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi atau disebut juga dengan proses pengolahan fisik, untuk pengolahan secara kimiawi dan biologi pada *Constructed Wetlands* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas dari tanaman yaitu berupa proses fotosintesis.

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model translokasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar. Semakin besar jumlah konsentrasi limbah, maka penyerapan logam oleh eceng gondok semakin besar, sehingga tingkat penurunan mengalami kenaikan. Tingkat penurunan disebabkan karena adanya proses fisik sedimentasi, penyerapan oleh logam itu sendiri dan adanya pengaruh mikroorganisme yang bersimbiosis pada akar.

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

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

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

2.5.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok Pada Limbah Dengan Organik Tinggi Dan Organik Rendah

Pada penyerapan logam berat oleh tanaman pada limbah organik tinggi yaitu terjadi proses penguraian secara besar-besaran oleh mikroorganisme pada limbah tersebut, sehingga tanaman akan lebih dahulu menyerap unsur-unsur yang diuraikan oleh mikroorganisme sebelum menyerap logam yang terdapat pada limbah, dengan demikian menjadikan logam berat yang terserap oleh tanaman tidak terlalu besar karena harus menyerap unsur-unsur yang dibutuhkan oleh eceng gondok. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, karbon dan hidrogen termasuk dalam elemen makro yaitu unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1992), dan pada penyerapan logam berat oleh tanaman pada limbah

organik rendah adalah logam berat dapat diserap oleh tanaman dengan cepat karena pada organik rendah mikroorganismenya hanya sedikit dibandingkan dengan organik tinggi, sehingga unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh eceng gondok dari proses penguraian mikroorganisme tersebut terserap cepat dan logam berat dapat terserap lebih banyak dibandingkan dengan organik tinggi.

2.6 Cr Dalam *Constructed Wetlands*

Kata kromium berasal dari bahasa Yunani (*chromo*) yang berarti warna. Dalam bahan kimia kromium dilambangkan dengan Cr sebagai salah satu unsur logam berat. Logam Cr pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797. Logam Cr dapat masuk ke semua strata lingkungan yaitu strata perairan, tanah, dan udara sebagai logam berat. Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi, keracunan akut yang disebabkan oleh Cr pada manusia menyebabkan terjadi pembengkakan pada hati, lendir dari jalur pernapasan, perubahan pada limfa dan ginjal serta kanker paru-paru. (Prangtington, 1957)

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal (II) kromat) dan hijau khrom (kromium (III) oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relatif (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	3d ⁵ 4s ¹
Jari-jari atom (nm)	0,117
Jari-jari ion ni m ³⁺ (nm)	0,069
Keelektronegatifan	1,6
Energi ionisasi (I) kJ mol ⁻¹	659
Kerapatan (g cm ⁻³)	7,19
Titik leleh (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2,3,6
Potensial elektroda (V)	
M ²⁺ (ag) + 2e → M(s)	-0,56
M ³⁺ (ag) + e → M ²⁺ (ag)	-0,41

(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Kromium (Cr) merupakan unsur yang termasuk dalam grup A dalam sistem periodik unsur, dengan berat jenis 7,14 g/ml; titik lebur 1840 °C; titik didih 2200 °C (Iswanto, 1992). Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk chromite (FeOCr₂O₃). Kadang-kadang pada batuan mineral chromite juga ditemukan logam-logam Mg (magnesium), Al (aluminium) dan senyawa SiO₃ (silikat). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *chromite* bukanlah merupakan penyusunan pada *chromite* melainkan berperan sebagai pengatur (*impurities*). (Palar, 1994).

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksida 2+, 3+ dan 6+. Sesuai dengan valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat amfoter dan senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam.

Krom pada umumnya bisa berbentuk padatan (kristal CrO_2 CrO_3 , larutan uap dan dikromat). Krom dalam larutan biasanya berbentuk ion *trivalen* dan ion *heksavalen* (Cr^{3+} dan Cr^{6+}). Dalam larutan basa dengan pH 8-10 terjadi pengendapan Cr^3 dalam bentuk $\text{Cr}(\text{OH})_4$. Sebenarnya krom dalam bentuk *trivalen* ini tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk *heksavalen*, namun dikhawatirkan adalah apabila bertemu dengan oksidator yang akan mengubah krom *trivalen* menjadi krom *heksavalen*. krom *heksavalen* dari buangan industri terdapat dalam bentuk kromat (CrO_4) dan dikromat (CrO_3) (Martopo, 1990).

2.6.1 Khromium (Cr) dalam lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

Masuknya Cr ke lapisan udara berasal dari pembakaran, mobilisasi batu bara dan minyak bumi. Pada pembakaran batu bara akan terlepas Cr sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas Cr sebesar 0,3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara dari proses pembakaran batubara dan 50 ton Cr dari proses pembakaran minyak bumi. (Palar,1994)

Logam khrom (Cr) di udara ditemukan dalam bentuk debu dan partikulat, seperti logam-logam berat lainnya. Debu dan partikulat khrom dalam udara tersebut dapat masuk kedalam tubuh hewan ataupun manusia melalui pernapasan (*respirasi*). Partikel atau debu khrom yang terhirup manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru untuk kemudian berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh. (Palar,1994)

Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika seperti erosi atau pengikisan yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan dibawa 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.

Logam khrom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau

sedimentasi logam khrom didasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa reduksi ini dapat berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion Cr^{3+} akan mengendap didasar perairan.

2.6.2 Kegunaan Khromium (Cr) dalam Lingkungan

Khromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri metalurgi, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*khromium planting*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana *khromium planting* ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi. (Breck, W.G and Brown, R. C, 1997).

Khromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol pengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan Khromium dapat juga digunakan sebagai ortopedi, radioisotope khromium dalam bentuk $\text{Cr} 51$ yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penanda sel-sel darah-darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar, 1995).

Dalam industri kimia Khrom digunakan sebagai :

1. Cat pigmen (*dying*) dapat berwarna merah, kuning, orange dan hijau.
2. Elektroplanting (*chrome plating*)

3. Penyamakan kulit

4. *Treatment woll*

Dari aktifitas atau kegiatan diatas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses limbah laboratorium juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah.

2.6.3 Keracunan Khromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, dibandingkan ion-ion Cr (II) dan Cr (III). Sifat racun yang dibawa logam ini juga mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_2Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit akan tetapi penggunaan senyawa tersebut sering kali mengakibatkan keracunan yang fatal (Palar, 1994).

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Efek pada kulit disebabkan karena asam kromat, dikromat dan Cr (VI) lain disamping iritasi yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, polyp kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr (VI) adalah vertigo haus, muntah, shock, koma, dan mati. Khrom merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein.

Kontaminasi khrom dapat terjadi melalui :

1. Pengisian udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar khrom akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Di Amerika kasus ini mengakibatkan kematian sebesar 4 kali angka kematian normal dan dalam kasus yang serupa (karsinoma paru-paru)

2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak langsung dengan khrom pada kulit dan luka akan membengkak berubah selama beberapa minggu. Selain itu karakter luka akibat kontak langsung dengan khrom dapat pula terjadi pada hidung, lalu merambat keselaput lendir dan pembengkakan pada saluran pernapasan.

3. Makanan dan minuman

Khrom yang masuk kedalam tubuh manusia melalui air minum akan menumpuk di liver, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker, selain itu khrom akan dengan cepat menyebar ke pembuluh darah.

2.6.4 Prinsip Analisis Logam Khromium

Kromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. Untuk mengenal sifat dari khrom mudah berubah dari khrom valensi 3 ke khrom valensi 6. Hal ini terbukti dari kebanyakan terjadi dalam khrom valensi 6 sebagai khromat (CrO_4^{-2}) dan dikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). Sifat lain dari khrom adalah mengikat molekul air, sehingga didalam industri sering digunakan sebagai bahan campuran pendingin, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi terhadap alat yang digunakan.

Khrom valensi 3 dapat mengendap dalam bentuk hidroksidanya. Pada khrom hidroksida ini tidak larut dalam air, optimalnya pada kondisi $\text{pH} = 8,5-9,5$. khrom hidroksida ini melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. Khrom valensi 6 sulit dalam pengendapannya, sehingga dalam penangananya diperlukan zat pereduksi, yaitu mereduksi krom valensi 6 menjadi valensi 3 pada cairan $\text{pH} = 3$ atau

dibawahnya dengan asam sulfat (H_2SO_4). Zat pereduksinya dapat digunakan sulfur dioksida, natrium bisulfit, meta bisulfit, hidro bisulfit atau ferro sulfit.

Didalam pengolahannya dilakukan secara bertahap, yaitu mereduksi khrom valensi 6 menjadi valensi 3 dan kemudian pengendapan khrom dengan penambahan hidroksida dengan cara menaikkan pH sampai diatas netral. Analisis logam khrom dalam air limbah dapat ditentukan dengan kolorimetri menggunakan spektrofotometer. Kemudian absorbansi diukur pada spektrofotometer, pada panjang gelombang 540 nm.

2.7 Toksisitas Logam Pada Tanaman Eceng Gondok

Toksisitas adalah kemampuan molekul suatu bahan kimia atau senyawa kimia untuk menimbulkan kerusakan pada saat mengenai bagian permukaan tubuh atau bagian dalam tubuh yg peka terhadapnya (Elizabeth, M. I., 1992).

Penelitian yg dilakukan oleh Zamzam D, 1990, terdapat kerusakan pada morfologi tanaman eceng gondok parameter kualitatif yang memperlihatkan perbedaan antara control dengan tanaman yang diperlakukan dengan logam Cr, pada control daun tampak hijau dan berkembang dengan baik sedang tanaman yang tumbuh pada media Cr tampak menguning. Pada konsentrasi 1 ppm belum tampak pengaruh logam namun pada konsentrasi lebih tinggi yaitu 5 ppm dan 10 ppm Cr terlihat sangat jalar. Ini berarti Cr bersifat toksik pada tanaman khususnya eceng gondok.

Tanaman yang ditumbuhkan dalam media air atau tanah yang mengandung senyawa toksik akan memberikan respon sensitif dan respon resisten.

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara :

1. Mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami gangguan metabolisme.
2. Meningkatkan permeabilitas membranplasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurangnya kemampuan seleksinya.
3. Menghambat fotosintesis dan respirasi.
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolic.

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

Pada makhluk hidup termasuk manusia logam dan mineral digunakan pada proses biokimiawi dalam membentuk proses fisiologis atau sebaliknya dapat menyebabkan toksisitas. Proses biokimiawi dalam tubuh makhluk hidup hampir selalu menyebabkan unsur-unsur logam di dalamnya (Darmono, 1995)

Logam dapat menyebabkan keracunan adalah jenis logam berat saja. Logam ini termasuk logam yang essensial seperti Cu, Zn, dan Se dan yang non essensial

seperti Hg, Pb, Cd, Cr, dan As. Terjadi keracunan logam paling sering disebabkan pengaruh pencemaran lingkungan oleh logam berat. Toksisitas logam pada mahluk hidup kebanyakan terjadi karena logam berat non essential saja, walaupun tidak menutup kemungkinan adanya keracunan logam non essential yang melebihi dosis (Darmono, 1995)

2.8 Spektrofotometer Serapan Atom

Dalam penelitian ini digunakan pengukuran Spektrofotometer Serapan Atom dengan system pengatoman dengan menggunakan nyala api dan campuran bahan baker gas dan oksidan. Metode pengukuran AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis, hal ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitian sampai tingkat rumit, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan karena penentuan suatu unsur dengan kehadiran unsur yang lain dapat dilakukan asalkan lampu katoda berongga yang diperlukan tersedia.

King menyatakan bahwa disamping eceng gondok mampu membersihkan air, zat-zat yang dapat diserap dan disaringnya dari air antara lain logam-logam berbahaya seperti timah hitam (Pb), arsen (As), cadmium (Cd), serta pestisida. Eceng gondok diduga masih merupakan satu-satunya jenis tumbuhan air yang dapat menghilangkan pestisida. Disamping itu, ada juga suatu eksperimen yang menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap nutrient-nutrien logam dan substansi trace organic dari air (Anonymous, 1981).

2.9 Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*), Tanaman Kangkung Air (*Ipomea Aquatica Forks*) dan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sistem *Constructed wetlands* bukan hanya tanaman eceng gondok namun jenis tanaman air lainnya dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pengurai limbah. Jenis tanaman air lainnya yang digunakan sebagai tanaman pengurai limbah dan telah diteliti nilai efisiensinya adalah :

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Uly Andryani (2004) menggunakan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) untuk mengolah industri penyamakan kulit.

Tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) memiliki syarat tumbuh sebagai berikut :

- pH optimum untuk tanaman ini dapat tumbuh adalah 4,5 – 7.
- Ketinggian air untuk tumbuh di daerah tropis 3 – 5 cm.
- Harus tersedia cukup unsur C, H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, Fe.
- Suhu optimum 20 – 30 °C.
- Kelembaban optimum 85 – 90%

Tanaman kiapu digunakan dalam penelitian untuk mengolah limbah dari industri penyamakan kulit karena memiliki keunggulan daya kecambah yang tinggi, tahan terhadap gangguan tempat hidup yang baru, pertumbuhan cepat, tidak peka terhadap suhu, tingkat absorpsi/penyerapan unsur hara dan air besar, daya adaptasi yang besar terhadap iklim. Pada penelitian dengan limbah penyamakan kulit ini tanaman kiapu digunakan untuk menurunkan

TSS, Cr dan pH. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan penurunan TSS, Cr dan pH dalam *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman kiapu yang mengolah bahan organik atau anorganik yang terdapat didalam limbah cair industri penyamakan kulit sebagai nutrisi dan energi. Peranan tanaman didalam sistem pengolahan *Constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan organik dalam air limbah cair industri penyamakan kulit menjadi nutrisi bagi tumbuhan dan sebagai media tumbuhnya mikroorganisme pengurai air limbah. Efisiensi penurunan parameter diatas dengan waktu detensi 12 hari adalah TSS 51,85% dan Cr 74,29%. Distribusi logam Cr ini terjadi pada seluruh bagian tanaman terutama pada akar dan daun tanaman. Kapasitas terbesar penyerapan terjadi pada bagian akar hal ini karena akar merupakan media pertama yang dilalui Cr.

- 2) Penelitian yang dilakukan oleh Faisal (2005) menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk mengolah limbah dari Industri Tapioka, adapun hasil penelitian dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok ini adalah :

Tanaman eceng gondok ini dipilih karena tanaman ini tahan terhadap limbah dengan kandungan organik tinggi, suhu yang tumbuhnya tanaman ini adalah 23 – 30⁰C, dengan pH berkisar antara 7 – 7,5. dalam penelitian dengan menggunakan limbah tapioka ini tanaman eceng gondok dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan BOD, COD, TSS dan sianida (CN). Turunnya

kandungan parameter tersebut terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganismenya dan tanaman eceng gondok yang mengolah bahan-bahan organik dan anorganik yang terdapat di dalam limbah cair industri tapioka yang dimanfaatkan sebagai energi dan nutrisi dalam bentuk karbon dan nutrisi dengan tingkat efisiensi pengolahan limbah cair selama waktu detensi 10 hari, BOD 97,94%, COD 84,35%, TSS 45,62% dan CN 99,87%. Peran tanaman eceng gondok didalam sistem pengolahan *Constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan-bahan organik dalam air limbah industri tapioka menjadi nutrisi bagi pertumbuhan dan sebagai tempat tumbuhnya berbagai mikroorganismenya pengurai limbah.

- 3) Penelitian yang dilakukan oleh 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.
- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Tjitrosoedirdjo dan Satroudomo (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.



- 5) Penelitian yang dilakukan oleh 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 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).
- 6) Penelitian yang dilakukan oleh 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.
- 7) Penelitian yang dilakukan oleh 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.
- 8) Penelitian yang dilakukan oleh 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.

- 9) Penelitian yang dilakukan oleh 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.
- 10) Penelitian yang dilakukan oleh Dian Amalia dan Alia Damayanti (2005), menggunakan tanaman eceng gondok untuk menurunkan kadungan Cr⁶⁺ pada air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik, kecuali pada konsentrasi terbesar.

2.10 Hipotesa

Hipotesa penelitian adalah sebagai berikut :

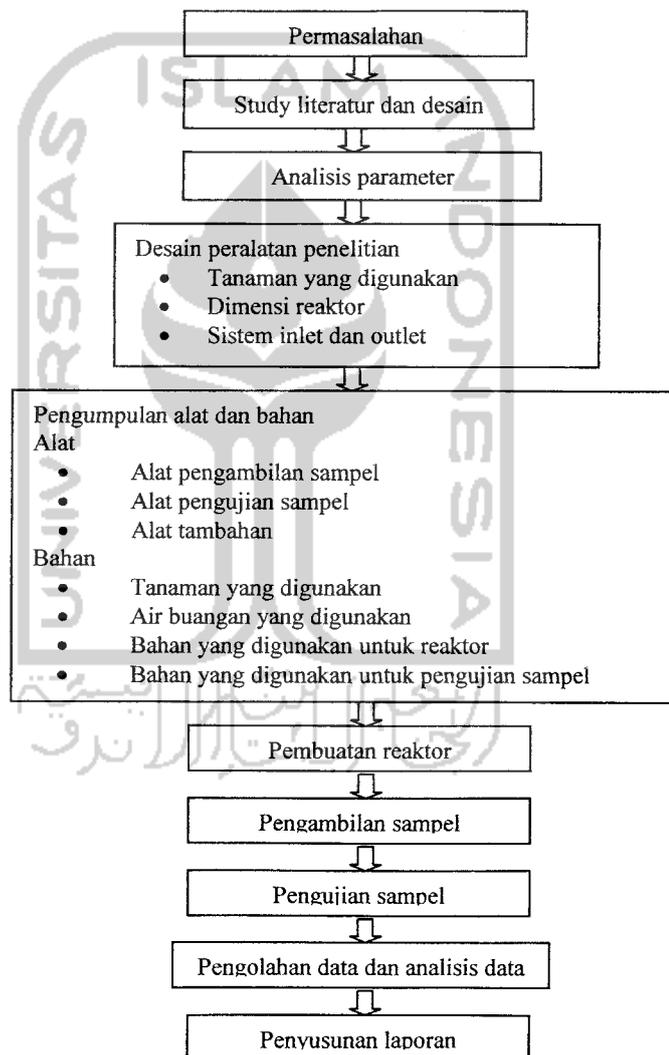
- a. *Constructed Wetlands* dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat menurunkan konsentrasi Cr total.
- b. Pemanfaatan tanaman eceng gondok untuk penurunan Cr total berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

- Lokasi pengambilan air limbah dari ember pengumpul limbah laboratorium kualitas lingkungan yang berasal dari aktivitas praktikum laboratorium kualitas lingkungan, FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi penelitian dilakukan di halaman belakang laboratorium kualitas lingkungan, FTSP, UII, Sleman, Jogjakarta.
- Lokasi analisis parameter Cr Total dilakukan di Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan, Sleman, Jogjakarta.

3.3 Waktu Penelitian

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

3.4 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan analisa pengukuran dan pengujian parameter Cr total limbah laboratorium berdasarkan tingkat konsentrasi limbah (0%, 25%, 50%, 75% dan 100%) dan variasi waktu penelitian (0, 3, 6, 9 dan 12 hari). Parameter Cr total diuji karena belum adanya pengolahan pada limbah cair kualitas lingkungan dan pada pengujian awal tersebut kadar Cr total yang diperoleh sebesar 0,758 mg/L, sedangkan

sedangkan ambang batas diperbolehkan 0,05 mg/L berdasarkan PP no. 82 th 2001 oleh karena itu harus ada pengolahan konsentrasi Cr total terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

3.5 Desain *Constructed Wetlands*

Pembuatan reaktor *batch Constructed Wetlands* yang digunakan dalam penelitian antara lain :

a. Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Media tanaman yang digunakan adalah tanah, tinggi tanah masing-masing 5 cm untuk tiap reaktor. Tanaman eceng gondok yang telah ditanam diberi air setinggi 10 cm dari permukaan tanah, dimana air tersebut merupakan pencampuran antara air dengan limbah. Penelitian ini dilakukan di dalam rumah tanaman.

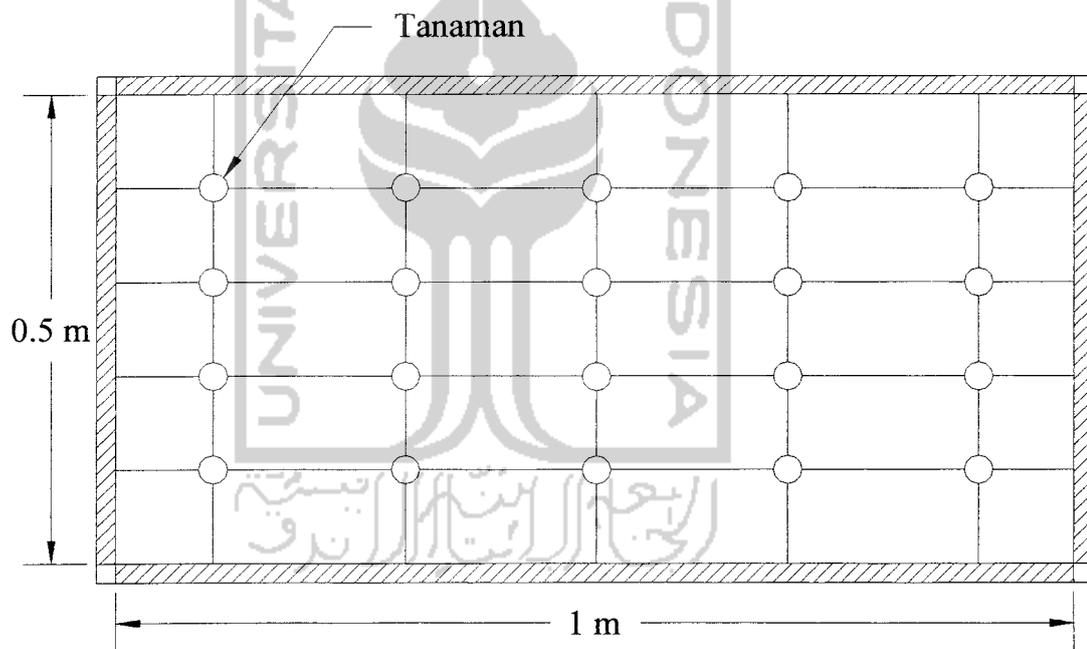
b. Dimensi Reaktor

Reaktor terbuat dari kayu dan dilapisi plastik sebagai lapisan kedap air. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah reaktor. Tiap reaktor akan diberi perlakuan konsentrasi limbah yang berbeda. Reaktor diatas terbagi atas reaktor kontrol, dimana reaktor ini diberi limbah namun tidak ditanami tanaman eceng gondok dan reaktor uji yang mana reaktor diberi limbah dan ditanami eceng gondok.

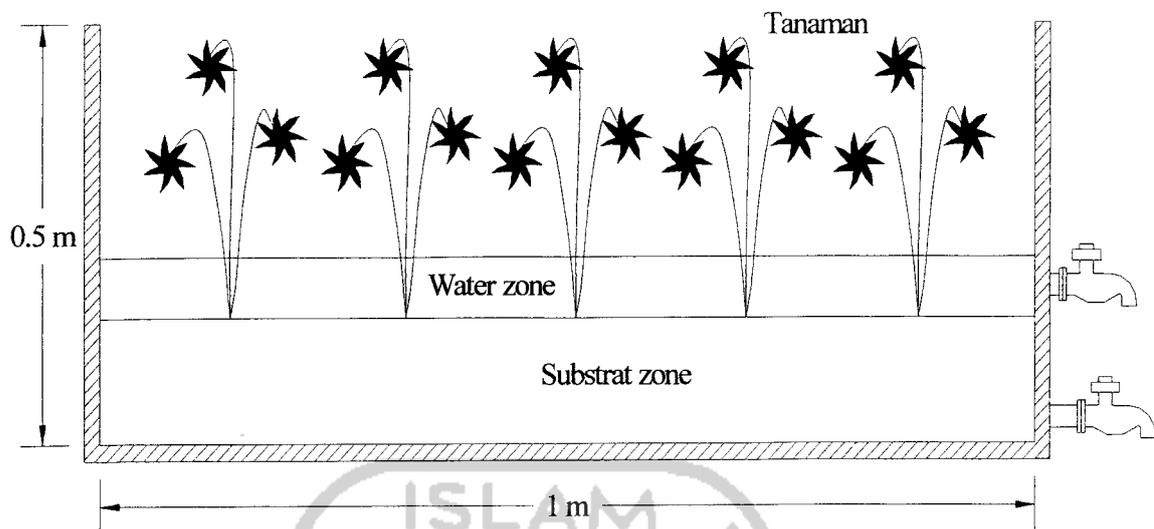
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch Constructed Wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Persamaan Reaktor Awal

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



Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)



Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)

3.6 Metode Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Kualitas air limbah

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

Tabel 3.2 Variasi Konsentrasi Limbah Cair

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

3.6.2 Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diperoleh di sawah-sawah maupun di perairan lainnya, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan tanaman eceng gondok sebanyak 100 gram. Ketentuan jarak tanaman air tidak ditentukan, dan yang terpenting permukaan air tidak tertutup seluruhnya dengan tanaman.

3.6.3 Desain Sampling

Pengambilan sampel dilaksanakan pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12. pengambilan sampling pada hari ke nol dilakukan pada saat sampel akan dimasukkan dalam reaktor. Sedang pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 sampel diambil pada outlet reaktor. Lokasi pengambilan sampel sama pada 10 buah reaktor, kemudian sampel dianalisa di laboratorium.

3.6.4 Spektrofotometer Serapan Atom

Penentuan konsentrasi logam Cr

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

$$Y = bx \qquad x = Y / b$$

Kadar unsur dalam sampel dihitung dengan persamaan :

$$x = (C_{\text{regresi}} \times V \times P) / g$$

Dengan : x = Kadar unsur (mg/mL)

C_{regresi} = Konsentrasi unsur yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar

V = Volume larutan sampel (mL)

P = Faktor pengenceran

g = Sarat sampel

3.7 Metode Analisa Laboratorium

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

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

3.8 Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah

Pada tanaman dan air limbah laboratorium juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual yang dilakukan setiap hari. Terhadap tanaman uji pengamatan meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun, lebar daun, dan panjang akar) dan daya tahan terhadap air limbah, sedangkan untuk pengamatan pada air limbah meliputi kondisi air, warna air, bau air pH air. Hasil pengamatan ini hanya sebagai data pendukung, sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penurunan khromium pada air limbah laboratorium.

3.9 Metode Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat penurunan) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji dan air limbah). Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan *software* statistik, misalnya analisa varians (ANOVA). Data-data tersebut diolah dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan *software* SPSS 12 yang diawali dengan Between – Subject Factors dengan tujuan untuk melihat jumlah data antara 2 faktor. Untuk Test of Between – Subject Effects digunakan hipotesis :

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

Dengan dasar pengambilan keputusan :

- $\alpha > 0,05$ maka diterima dan
- $\alpha < 0,05$ maka ditolak

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Awal Logam Cr Total Dalam Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan logam khrom pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan yang berasal dari proses aktifitas praktikum dengan menggunakan bahan-bahan yang berbahaya. Konsentrasi awal dari logam Cr total dalam limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Awal Konsentrasi Cr Total

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/L)	Metode
1	0%	0.0001	0.012	AAS
2	25%	0.0008	0.054	AAS
3	50%	0.001	0.1528	AAS
4	75%	0.0018	0.2399	AAS
5	100%	0.0046	0.4486	AAS

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan laboratorium kualitas lingkungan untuk parameter Cr total belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh dibatas ambang 0,05 mg/L dari PP No.82 th. 2001.

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman eceng gondok yang diambil dari daerah Maguwo, Sleman. Untuk mengetahui konsentrasi Cr total pada tanaman eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/L)	Metode
1	Akar	0.0028	0.251	AAS
2	Daun	0.0003	0.063	AAS

Sumber : Data primer 2007

Dalam penelitian ini eceng gondok ditanam pada media berupa limbah cair laboratorium. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa eceng gondok pada konsentrasi Cr total limbah laboratorium sebesar 0,4486 ppm dengan pH 2 hanya dapat bertahan selama 3 hari dari waktu detensi yang ditetapkan yaitu 12 hari. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain karena eceng gondok yang digunakan pada penelitian ini masih terlalu muda sehingga tidak dapat beradaptasi dengan baik, faktor yang kedua adanya pH limbah laboratorium yang terlalu asam sehingga mengakibatkan tanaman menjadi mati. Pertumbuhan eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25°C - 30°C, hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, eceng gondok lebih cocok terhadap pH 7,0 - 7,5, jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat (Dhahiyat,1974).

Pemanfaatan tanaman eceng gondok untuk pengolahan limbah cair laboratorium kualitas lingkungan dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%

dengan volume 250 L menunjukkan kemampuan yang berbeda-beda dalam menurunkan parameter Cr total begitu juga dengan reaktor non tanaman eceng gondok . Untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter yang diuji dapat digunakan rumus :

$$\text{Efisiensi \%} = \{(S_0 - S_1) / S_0\} \times 100\%$$

Dimana : S_0 = Kadar pencemar sebelum perlakuan

S_1 = Kadar pencemar sesudah perlakuan

Hasil perhitungan dapat dilihat pada daftar lampiran

4.2 Analisa Kondisi Air Limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan secara visual terhadap kondisi air limbah dalam reaktor, hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada air limbah dan eceng gondok. Pengamatan pada air limbah meliputi kondisi air, warna air, bau air, dan pH. Hasil pengamatan ini hanya sebagai data pendukung, sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penurunan Cr total pada limbah laboratorium. Hasil pengamatan pada kondisi air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini :

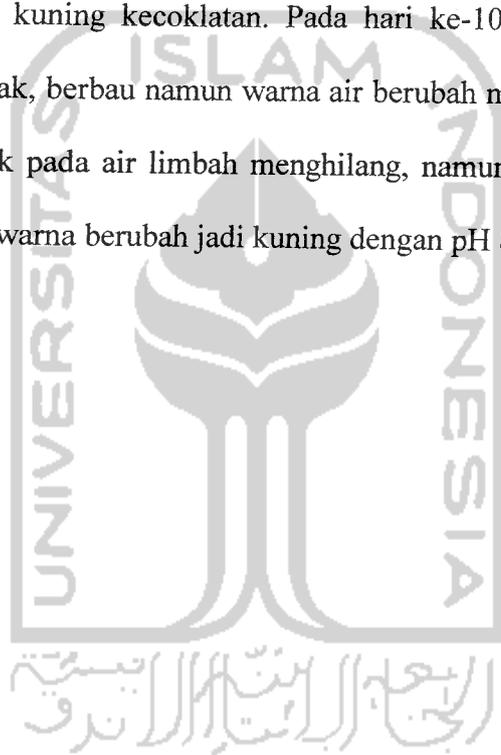
Tabel 4.3 Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 100%

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
100%				
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat tua	7,5
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, mulai tumbuh jentik	Berbau	Coklat tua kekuningan	7,5
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, air berlemak, tumbuh jentik	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air agak berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, lemak pada air semakin berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, jentik sangat banyak	Berbau	Kuning muda	8

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil pengamatan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 kondisi air limbah masih normal, tidak berbau, berwarna coklat tua dengan pH 7,5. Pada hari ke-1 dan ke-2 mulai terjadi proses pembusukan yang menimbulkan bau yang menyengat, hal ini dikarenakan faktor oksigen dan sinar matahari yang sangat sedikit

masuk kedalam air limbah, tidak terjadi perubahan warna dan pH. Pada hari ke-3 dan ke-4 mulai timbul lemak pada air limbah, berbau dan warna berubah menjadi coklat tua kekuningan, sedang pada hari ke-5 mulai tumbuh jentik. Pada hari ke-6 terjadi perubahan yang signifikan yang ditandai dengan berubahnya warna air limbah menjadi kuning kecoklatan dan pH 8 dengan kondisi air masih berlemak dan jentik makin banyak. Pada hari ke-9 lemak mulai agak berkurang namun tetap berbau dan warna air limbah kuning kecoklatan. Pada hari ke-10 lemak semakin berkurang, jentik makin banyak, berbau namun warna air berubah menjadi kuning muda. Pada 2 hari terakhir lemak pada air limbah menghilang, namun jentik semakin banyak, air masih berbau dan warna berubah jadi kuning dengan pH 8.

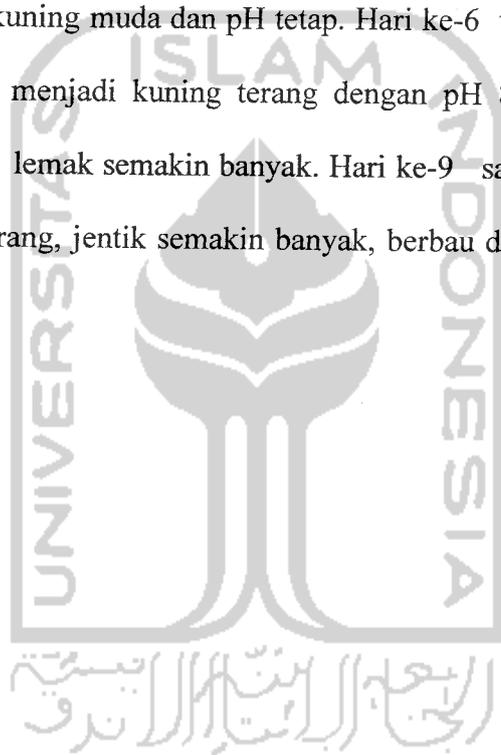


Tabel 4.4 Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 75%

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
75%				
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat muda	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air berlemak sedang	Berbau	Coklat kekuningan	7,5
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik	Berbau	Kuning muda	7,5
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air berlemak banyak	Berbau	Kuning terang	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air berkurang, jentik semakin banyak	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan	Berbau	Kuning kecoklatan	8

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil pengamatan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 kondisi air limbah masih normal, tidak berbau, hanya saja pada warna air dan pH berbeda dengan konsentrasi limbah 100% yaitu berwarna coklat muda dan pH nya 7. Pada hari ke-1 dan ke-2 mulai terjadi pembusukan dan menimbulkan bau. Pada hari ke-3 mulai timbul lemak sedang warna berubah menjadi coklat kekuningan. Hari ke-4 pH mengalami perubahan yaitu 7,5. Hari ke-5 mulai tumbuh jentik, masih berbau, warna berubah menjadi kuning muda dan pH tetap. Hari ke-6 tetap tumbuh jentik, berbau, warna air limbah menjadi kuning terang dengan pH 8. hari ke-7 jentik semakin banyak. Hari ke-8 lemak semakin banyak. Hari ke-9 sampai hari ke-12 lemak pada air semakin berkurang, jentik semakin banyak, berbau dan warna kuning kecoklatan dengan pH 8.

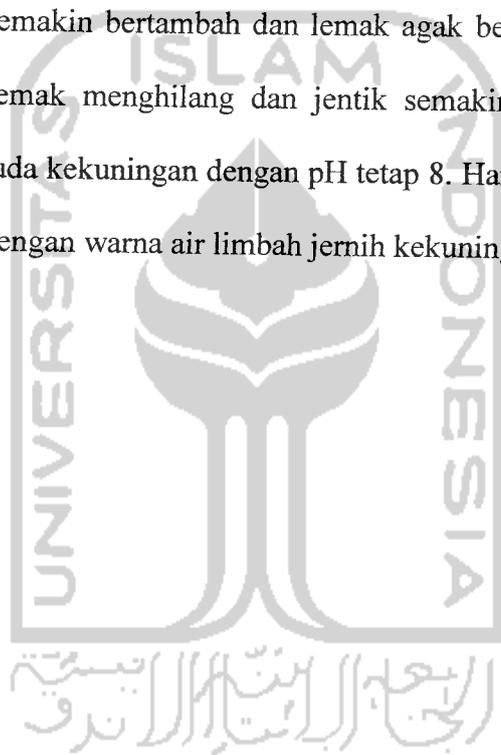


Tabel 4.5 Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 50%

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
50 %				
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air agak berlemak	Berbau	Kuning kecoklatan	7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air agak berlemak	Berbau	Kuning agak bening	7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik sedikit, air agak berlemak	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak pada air agak berkurang	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, lemak pada air hanya sedikit, pada air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning bening	8
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, lemak pada air hilang, jentik semakin banyak	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Coklat muda kekuningan	8
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	8

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil pengamatan tabel di atas pada hari ke-0 kondisi air limbah masih normal , tidak berbau, warna coklat dan pH 7. Pada hari ke-1 dan ke-2 mulai terjadi pembusukan. Pada hari ke-3 dan hari ke-4 air limbah agak berlemak, berbau dan warna mulai berubah menjadi kuning kecoklatan. Di hari ke-5 mulai tumbuh jentik dan warna agak kuning bening. Pada hari ke-6 tumbuh jentik sedikit, warna air limbah kuning bening dan pH mengalami peningkatan menjadi 8. pada hari ke-7 dan hari ke-8 jentik semakin bertambah dan lemak agak berkurang. Dan pada hari ke-9 dan hari ke-10 lemak menghilang dan jentik semakin banyak, warna air limbah menjadi coklat muda kekuningan dengan pH tetap 8. Hari ke-11 dan hari ke-12 jentik semakin banyak dengan warna air limbah jernih kekuningan pH tetap 8.

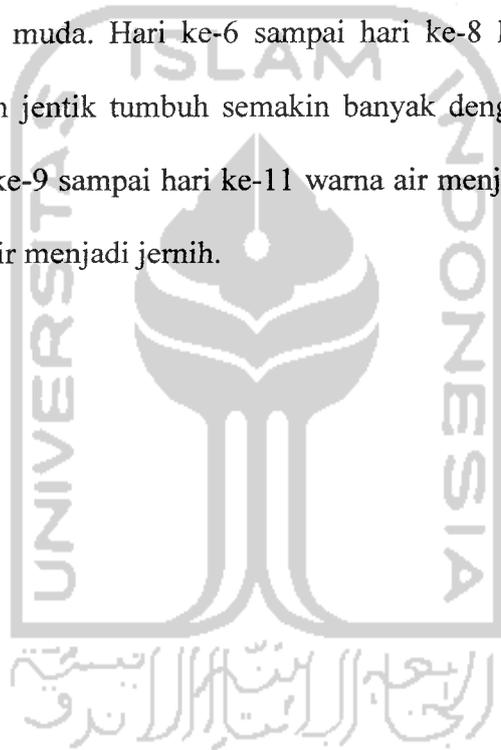


Tabel 4.6 Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 25%

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
25 %				
Hari ke-0	Normal	Tidak berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-1	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat kekuningan	7
Hari ke-2	Terjadi pembusukan	Berbau	Coklat muda kekuningan	7
Hari ke-3	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning	7
Hari ke-4	Terjadi pembusukan, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning	7
Hari ke-5	Terjadi pembusukan, mulai tumbuh jentik, air sedikit berlemak	Berbau	Kuning muda	7
Hari ke-6	Terjadi pembusukan, tumbuh jentik, lemak pada air mulai berkurang	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-7	Terjadi pembusukan, jentik semakin banyak, lemak hilang	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-8	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih kekuningan	7
Hari ke-9	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-10	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-11	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Kuning jernih keemasan	7
Hari ke-12	Terjadi pembusukan, air terdapat banyak jentik	Berbau	Jernih	7

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil pengamatan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 kondisi air limbah masih normal, tidak berbau warna coklat kekuningan dengan pH 7. pH dari hari ke-0 sampai hari ke-12 tidak mengalami perubahan. Hari ke-1 mulai terjadi pembusukan dan mulai berbau. Hari ke-2 warna mulai berubah menjadi coklat muda kekuningan. Hari ke-3 dan ke-4 air limbah mulai sedikit berlemak dan warna air menjadi kuning. Di hari ke-5 mulai tumbuh jentik dan lemak tetap ada sedikit, warna air limbah kuning muda. Hari ke-6 sampai hari ke-8 lemak mulai berkurang dan menghilang namun jentik tumbuh semakin banyak dengan warna air limbah jernih kekuningan. Hari ke-9 sampai hari ke-11 warna air menjadi kuning jernih keemasan. Dan di hari ke-12 air menjadi jernih.



Tabel 4.7 Tabel Kondisi Air Limbah Reaktor Kontrol 0%

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

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil pengamatan tabel di atas terlihat bahwa kondisi air limbah pada hari ke-0 sampai hari ke-12 tidak mengalami perubahan warna, warna air limbah tetap bening, tidak berbau. Kondisi air, normal sampai hari ke-2. Pada hari ke-3 sampai hari ke-6 air limbah tetap normal, agak berbusa dan pH dari hari ke-0 sampai hari ke-6 yaitu 6,5. pH berubah pada hari ke-7 samapi hari ke-12 yaitu sebesar 7 dan air limbah kembali normal.

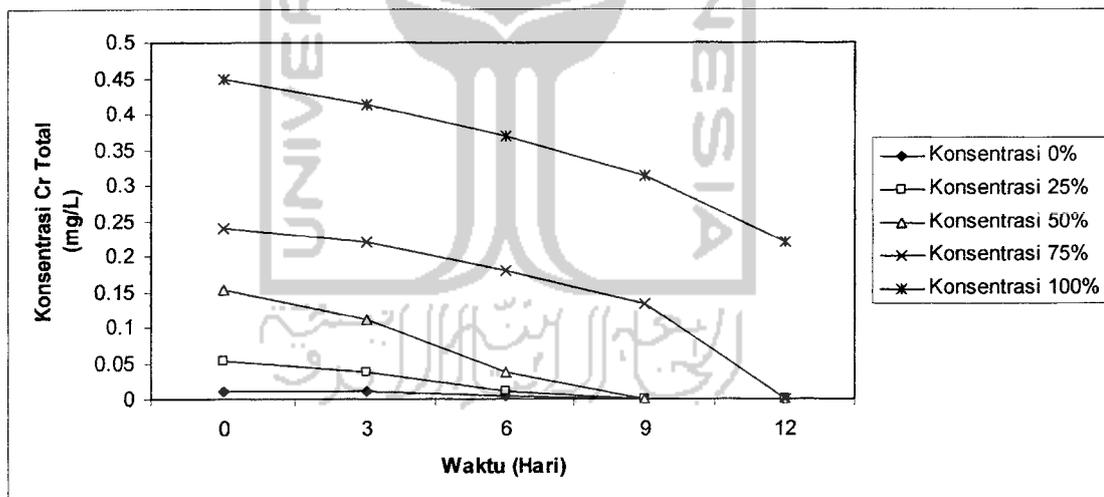
4.3 Analisa Parameter Cr Total Pada Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan

Untuk analisa Cr total pada limbah cair laboratorium lingkungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah Laboratorium

Air	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.012	-	0.0112	0.0067	0.0048	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
25%	0.054	-	0.0386	0.0326	0.0117	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
50%	0.1528	-	0.1109	0.1165	0.0368	0.0668	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
75%	0.2399	-	0.2204	0.1741	0.1803	0.1074	0.1332	<0.001	<0.001	<0.001
100%	0.4486	-	0.4136	0.4062	0.3686	0.3592	0.3129	0.2681	0.2198	0.1567

Sumber : Data primer 2007

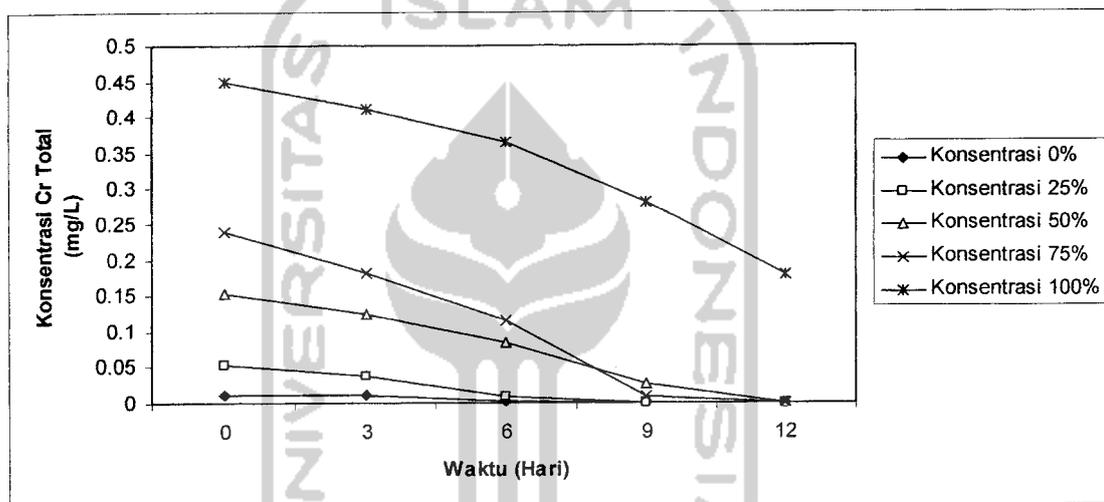


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng gondok

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah Laboratorium Dengan Tanaman Eceng Gondok

Air dan Tanaman	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.012	-	0.0103	0.0053	0.0020	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
25%	0.054	-	0.0373	0.0323	0.0090	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
50%	0.1528	-	0.1228	0.1161	0.0845	0.0661	0.0261	<0.001	<0.001	<0.001
75%	0.2399	-	0.1816	0.1732	0.1149	0.1032	0.0099	<0.001	<0.001	<0.001
100%	0.4486	-	0.4119	0.4053	0.3653	0.3553	0.2803	0.2669	0.1803	0.1553

Sumber : Data primer 2007



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.2 dapat terlihat perbedaan penurunan dari hari ke-0 sampai hari ke-12. Proses penurunan konsentrasi Cr total terjadi karena proses penyerapan Cr total oleh tanaman, mikroorganisme yang bersimbiosis di akar serta tanaman dan juga terjadi karena proses pengendapan. Hal ini dapat dilihat pada reaktor yang tidak di tanami tanaman eceng gondok yang terjadi penurunan kadar Cr total, karena selama

penelitian reaktor didiamkan, sehingga dapat diketahui bahwa dalam hal ini telah terjadi proses pengendapan Cr total secara alami.

Penurunan kadar Cr total yang terjadi karena proses penyerapan dan transpirasi dipengaruhi oleh luas permukaan daun dan jumlah akar yang dimiliki oleh tanaman eceng gondok. Proses transpirasi terjadi karena adanya penguapan air dari permukaan sel mesofil yang basah dan uapnya akan keluar melalui stomata yang terdapat pada permukaan daun.

Penurunan kadar Cr total juga terjadi karena adanya proses adsorpsi pada akar-akar tanaman eceng gondok, yaitu peristiwa menempelnya ion-ion Cr total pada akar-akar tanaman eceng gondok. Ion-ion Cr total akan diserap oleh akar-akar eceng gondok pada proses penyerapan tersebut terdapat pula ion-ion Cr total yang menempel pada akar tanaman eceng gondok dan ion-ion lainnya akan terserap kedalam tubuh tanaman eceng gondok bersama-sama dengan proses penyerapan air kedalam tubuh tanaman eceng gondok. Sebagian air menguap melalui proses transpirasi dan ion-ion Cr total akan tertinggal dan tertimbun dalam tubuh tanaman eceng gondok. Logam Cr total mulai diserap oleh akar tanaman yang kemudian logam akan naik kebagian tanaman lain melalui *floem* dan *xylem*. Pada saat penyerapan terjadi fungsi fisiologi pada akar dan daun menjadi terganggu. Ini dapat dilihat dengan adanya kekeringan pada ujung-ujung daun tanaman eceng gondok.

Pada reaktor kontrol atau reaktor tanpa menggunakan tanaman eceng gondok terjadi proses penurunan kadar Cr total. Hal ini disebabkan karena Cr total dengan

oksigen terjadi oksidasi dalam bentuk kromat bereaksi dengan kation dan partikel lain dalam air menjadi garam mengendap.

Penyerapan Cr total oleh tanaman eceng gondok banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman, umur tanaman, media, konsentrasi limbah dan lamanya waktu perlakuan.

4.4 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total

Setelah mengetahui konsentrasi total logam Cr total pada tanaman eceng gondok, maka dapat pula diketahui tingkat penurunan dari tanaman eceng gondok tersebut.

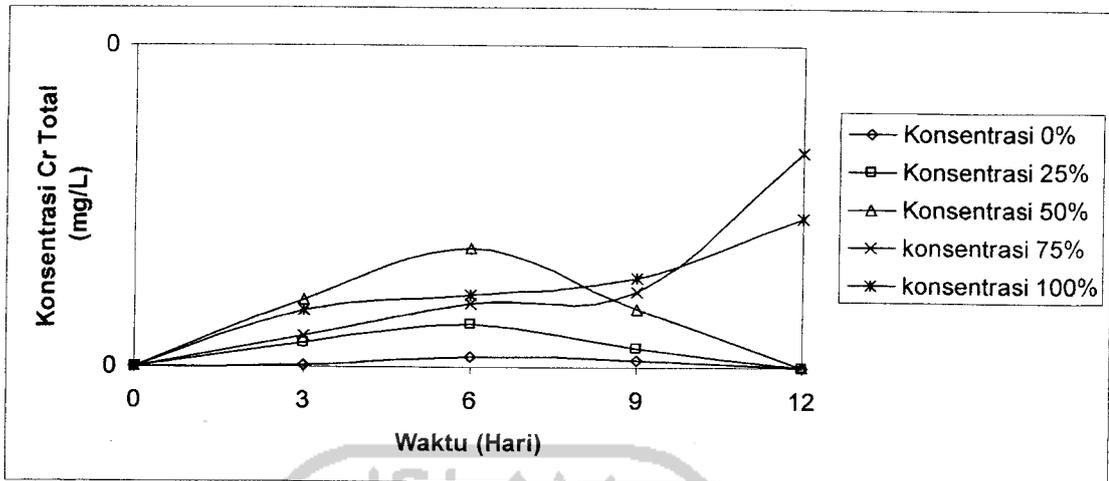
4.4.1 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Air Limbah laboratorium

Berikut ini adalah tabel tingkat penurunan logam Cr total pada air limbah tanpa menggunakan tanaman eceng gondok pada setiap variasi waktu pengambilan sampel :

Tabel 4.10 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari Limbah Laboratorium Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi Limbah	Penurunan Kandungan Cr Total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0	0.0008	0.0064	0.0048	0.0000
25%	0	0.0154	0.0269	0.0117	0.0000
50%	0	0.0419	0.0741	0.0368	0.0000
75%	0	0.0195	0.0401	0.0471	0.1332
100%	0	0.0350	0.0450	0.0557	0.0931

Sumber : Data primer 2007



Gambar 4.3 Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji

4.4.2 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

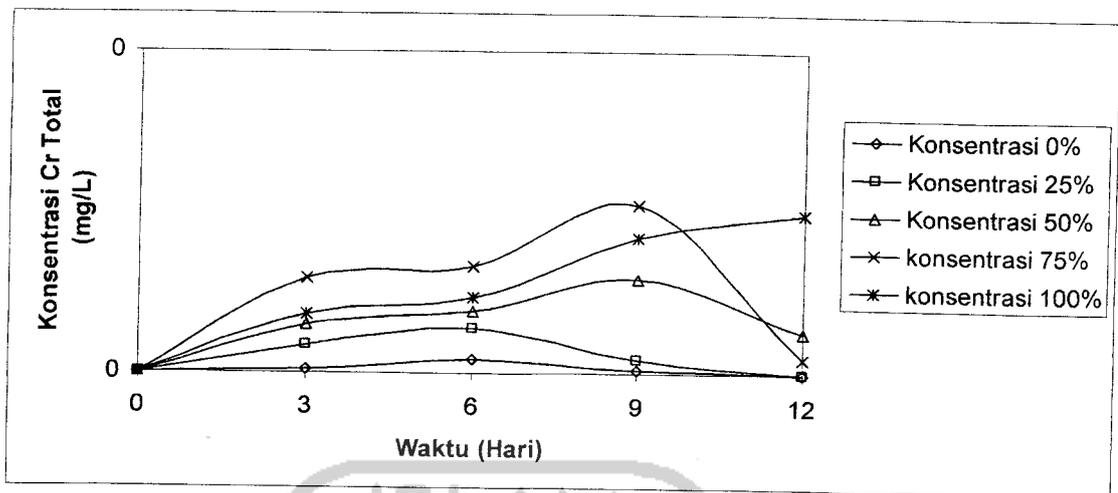
Berikut ini adalah tabel tingkat penurunan tanaman eceng gondok pada setiap variasi waktu pengambilan sampel.

Tabel 4.11 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari Limbah Laboratorium Dengan Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi Limbah	Penurunan Kandungan Cr Total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0	0.0017	0.0083	0.0020	0.0000
25%	0	0.0167	0.0283	0.0090	0.0000
50%	0	0.0300	0.0383	0.0583	0.0261
75%	0	0.0583	0.0667	0.1050	0.0099
100%	0	0.0367	0.0467	0.0850	0.1000

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.11 diatas menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan logam Cr total maksimal 0.1050 mg/L pada konsentrasi limbah 75% pada hari ke-9. Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penurunan tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.4 Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.4 diatas dapat dilihat tingkat penurunan oleh tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 tanaman eceng gondok mampu menurunkan limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0017 mg/L, pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0167 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0300 mg/L pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.0583 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0367 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penurunan terbesar hari ke-9 pada konsentrasi 75% sebesar 0.1050 mg/L. Pada hari ke- 12 konsentrasi 25% sampai dengan konsentrasi 100% tingkat penurunan oleh tanaman eceng gondok mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan konsentrasi 25% sampai dengan konsentrasi 100% kandungan khromium terserap oleh eceng gondok secara maksimal.

4.4.3 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Dibawah ini adalah tabel tingkat penyerapan logam Cr total :

Tabel 4.12 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.02620	0.00540	0.01220	0.00670
Konsentrasi 25%	0	0.03840	0.00940	0.01220	0.00940
Konsentrasi 50%	0	0.04920	0.00670	0.01620	0.01490
Konsentrasi 75%	0	0.07210	0.00680	0.03100	0.01350
Konsentrasi 100%	0	0.05460	0.00810	0.03100	0.01220

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil perbandingan antara Tabel 4.11 dengan Tabel 4.12 terlihat perbedaan antara besarnya besarnya tingkat penurunan kandungan logam Cr total pada air limbah dengan tingkat serapan tanaman eceng gondok.

Zona substrat yaitu tanah pada *Constructed Wetlands* ini ternyata ikut berpengaruh terhadap hasil penelitian. Dapat terlihat pada hari ke-3 dari konsentrasi 100% dengan tingkat penurunan sebesar 0.0367 mg/L dan tingkat penyerapan eceng gondok sebesar 0.05460 mg/L. Disini terlihat tingkat penyerapan eceng gondok lebih besar dibandingkan dengan tingkat penurunan limbah. Hal ini menunjukkan kandungan logam Cr total dapat terserap oleh eceng gondok secara keseluruhan.

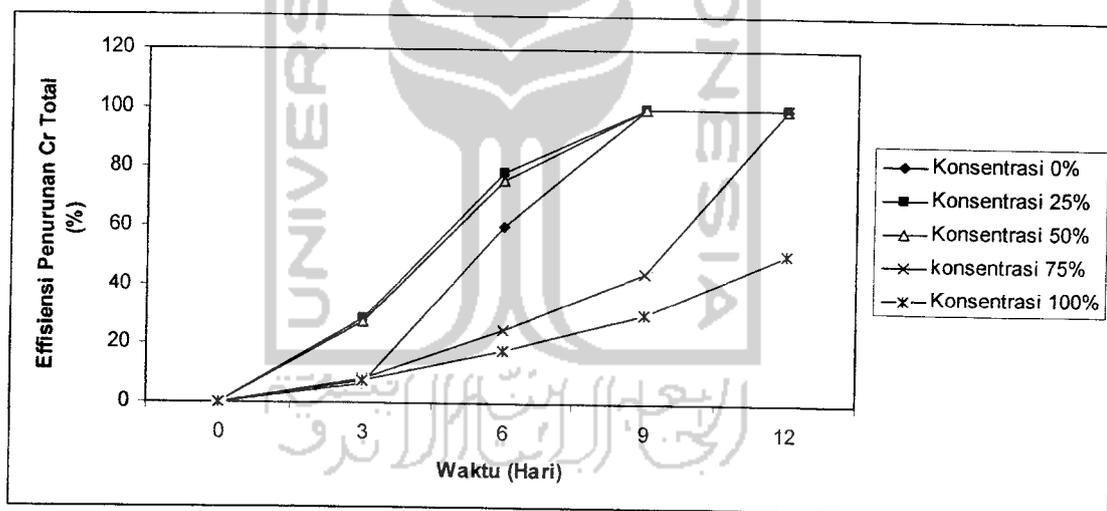
4.5 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Dari hasil penelitian besarnya penurunan logam Cr total oleh tanaman dapat dicari effisiensinya dengan cara yang dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.13 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
		0	3	6	9	12
0	%	0	6.7	60.0	100.0	100.0
25	%	0	28.5	78.3	100.0	100.0
50	%	0	27.4	75.9	100.0	100.0
75	%	0	8.1	24.8	44.5	100.0
100	%	0	7.8	17.8	30.2	51.0

Sumber : Data Primer 2007

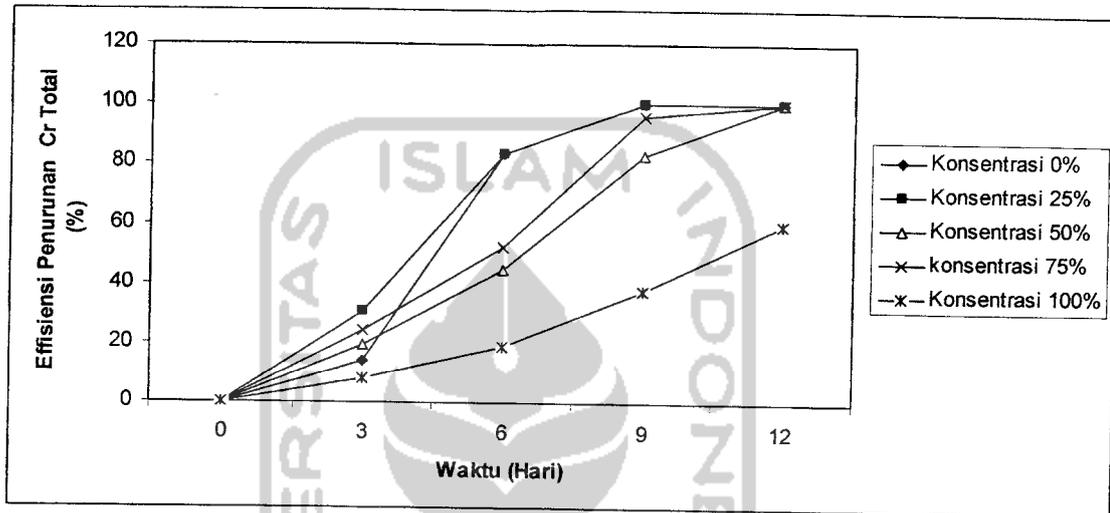


Gambar 4.5 Grafik Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji

Tabel 4.14 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
		0	3	6	9	12
0	%	0	13.9	83.3	100.0	100.0
25	%	0	30.9	83.3	100.0	100.0
50	%	0	19.6	44.7	82.9	100.0
75	%	0	24.3	52.1	95.9	100.0
100	%	0	8.2	18.6	37.5	59.8

Sumber : Data Primer 2007



Gambar 4.6 Grafik Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa effisiensi penurunan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok pada hari ke-9 terbesar adalah pada konsentrasi 75%. Kondisi tersebut menyebabkan keadaan eceng gondok menurun yang ditandai dengan perubahan warna daunnya dari hijau segar menjadi coklat kering.

4.6 Analisa Tanaman Eceng Gondok

Untuk dapat hidup tanaman memerlukan zat unsur makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi pada umumnya unsur hara diambil oleh tanaman dalam bentuk ion-ion molekul dari dalam tanah. Makin panjang akar tanaman, maka makin tersedia unsur hara bagi tanaman, demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan penambahan volume percabangan akar, akan meningkatkan penyerapan unsur hara.

Adanya air limbah laboratorium kualitas lingkungan memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun eceng gondok. Hal ini dapat dilihat selama proses penanaman eceng gondok selama 12 hari. Pertumbuhan tanaman eceng gondok tidak mengalami pertumbuhan yang baik dibandingkan dengan tanaman yang ditanam pada reaktor tanpa limbah.

Terhambatnya pertumbuhan tanaman eceng gondok ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti, tinggi kandungan racun Cr total air limbah yang menghambat pertumbuhan dari akar sehingga berpengaruh pada pertumbuhan daunnya.

Akar merupakan bagian tumbuhan yang pertama kali berinteraksi secara langsung pada air limbah, maka akar akan rusak terlebih dahulu dibandingkan bagian lain dari tumbuhan sebagai respon terhadap racun dari luar tubuh tanaman terutama bagi tanaman yang hidup di air. pH dibawah 5 atau diatas 8 berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan akar tanaman.

Pada penelitian ini pH berkisar antara 6,5 – 8 sehingga penyerapan unsur hara oleh akar terganggu dan cenderung merusak akar, selain itu juga akan berakibat

terganggunya proses biosintesis klorofil. Jika proses fotosintesis terhambat maka pembentukan klorofil pun terlambat dan berakibat menurunnya klorofil di dalam daun (Santosa, 1975). Hal ini tampak pada warna daun tanaman eceng gondok yang berwarna kuning dan coklat kering.

Perubahan morfologi tanaman eceng gondok sebelum ditanam di air limbah, tanaman eceng gondok tampak segar, daunnya berwarna hijau. Setelah beberapa hari, ujung daun terluar menjadi berwarna hijau kekuningan dan layu, begitu juga dengan batang. Selanjutnya sebagian besar daun-daunnya berwarna hijau kecoklatan, coklat kering, sebagian daun terendam dalam air dan membusuk.

Perubahan warna pada daun, batang dan akar pada tanaman dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik. Pada hari terakhir dari penelitian yaitu hari ke-12, hampir sebagian daun eceng gondok berwarna coklat kering bahkan ada yang mati, penyebabnya adalah kandungan zat hara dalam air limbah yang semakin berkurang karena terserap oleh tanaman.

4.6.1 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok

Hasil penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok meliputi warna daun, warna akar, warna batang, panjang akar, panjang daun, lebar daun, panjang batang dan pH.

Tabel 4.15 Hasil Penelitian Perubahan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

Fisik	Konsentrasi Limbah (%)	Sebelum Penelitian	Sesudah Penelitian
Daun	0	segar, hijau	segar, hijau
	25	segar, hijau	segar, hijau
	50	segar, hijau	layu, kuning ada tumbuh tunas baru
	75	segar, hijau	coklat kering, ada tumbuh tunas baru
	100	segar, hijau	coklat kering
Akar	0	hitam kecoklatan	hitam kecoklatan
	25	hitam kecoklatan	coklat tua, adanya akar-akar baru
	50	hitam kecoklatan	coklat tua, adanya akar-akar baru
	75	hitam kecoklatan	coklat muda
	100	hitam kecoklatan	coklat muda
Batang	0	hijau	hijau
	25	hijau	hijau
	50	hijau	agak layu, berwarna kecoklatan
	75	hijau	layu, kering, berwarna kecoklatan
	100	hijau	layu, kering, berwarna kecoklatan

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4.16 Hasil Penelitian pH Selama 12 Hari

Konsentrasi Limbah (%)	pH Pada Hari Ke-												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
25	6.5	6.5	6.5	6.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
50	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7	7.5	7.5	7.5	7	7	7	7
75	7	7	7	7.5	7.5	8	8	8	8	7.5	7.5	7.5	7.5
100	7	7	7.5	7.5	7.5	8	8	8	8	8	8	8	8

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4.17 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

Fisik	Konsentrasi Limbah (%)	Variasi Morfologi Tanaman Pada Hari Ke-												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Panjang Akar (Cm)	0	16	16	16.3	16.3	16.5	16.5	17	17	17	17.5	17.5	18	18
	25	16	16	16	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17	17	17.5	17.5
	50	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17
	75	16	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	17	17
	100	16	16	16	16	16	16.3	16.3	16.3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Panjang Daun (Cm)	0	14	14	14	14	14	14.5	15	15	16	16	16	16	16.5
	25	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	50	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
	75	14	14	14	14	14	14	13	13	13	12.5	12.5	12.5	12.5
	100	14	14	14	14	14	14	13	13	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Lebar Daun (Cm)	0	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14.5	14.5	14.5
	25	13	13	13	13	13	13	13	13.5	13.5	14	14	14	14
	50	13	13	13	13	12	12	11.5	11.5	11.5	11	11	11	11
	75	13	13	12.5	12	11	11	10	9	9	7.5	7.5	7.5	7.5
	100	13	13	12.5	12	10	10	9	8	7.5	7	7	7	7
Panjang Batang (Cm)	0	40	40	40	40.5	41	41.5	41.5	42	42	42	42.5	43	43
	25	40	40	40	41	41	41.5	41.5	41.5	42	42	42	42	42
	50	40	40	40	40	40	40.5	40.5	41	41	42	42	42	42
	75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	100	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Sumber : Data Primer 2007

Dari hasil pengamatan Tabel 4.15, 4.16 dan 4.17 terlihat bahwa pertumbuhan tanaman eceng gondok pada masing-masing konsentrasi terjadi pertumbuhan yang berbeda-beda pada setiap tanaman. Ini dapat dilihat dari perubahan warna pada daun, warna akar, warna batang, panjang akar, panjang daun, panjang batang, 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 Cr total. Untuk perubahan

warna pada tanaman eceng gondok dalam reaktor uji dapat dilihat pada Lampiran C (dokumentasi reaktor penelitian).

4.7 Uji Statistik Parameter Pencemar

Uji statistik ANOVA bertujuan untuk mengetahui atau menguji berlaku atau tidaknya asumsi uji statistik ANOVA terhadap sampel dari parameter penelitian yang berasal dari nilai varian yang sama berdasarkan tingkat probabilitas diterima $< 0,05 >$ ditolak (Santoso, 2003 dalam Faisal 2005). Tujuan dilakukan uji statistik terhadap kadar parameter yang diteliti dalam penelitian ini adalah untuk memperkuat ketepatan hasil perhitungan analisa laboratorium yang didapat.

4.7.1 Uji Statistik Parameter Cr Total Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Untuk mengetahui pengaruh dari berbagai variasi konsentrasi air limbah dan waktu pengambilan sampel limbah terhadap kadar penurunan parameter Cr total maka dilakukan uji statistik dengan analisa varian dua arah sebagai berikut :

Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konstrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.TNM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.432 ^a	8	.054	23.608	.000
Intercept	.301	1	.301	131.488	.000
WAKTU	.073	4	.018	7.978	.001
LIMBAH	.359	4	.090	39.237	.000
Error	.037	16	.002		
Total	.770	25			
Corrected Total	.469	24			

a. R Squared = .922 (Adjusted R Squared = .883)

Berdasarkan hasil uji statistik analisa varian dua arah di atas maka didapatkan :

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 39,237 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 7,978 dengan probabilitas $0,001 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

4.7.2 Uji Statistik Parameter Cr Total Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konstrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.AIR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.469 ^a	8	.059	30.886	.000
Intercept	.353	1	.353	185.759	.000
WAKTU	.060	4	.015	7.907	.001
LIMBAH	.409	4	.102	53.864	.000
Error	.030	16	.002		
Total	.853	25			
Corrected Total	.500	24			

a. R Squared = .939 (Adjusted R Squared = .909)

Berdasarkan hasil uji statistik analisa varian dua arah di atas maka didapatkan :

- c. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 53,864 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi konsentrasi air limbah.
- d. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 7,907 dengan probabilitas $0,001 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

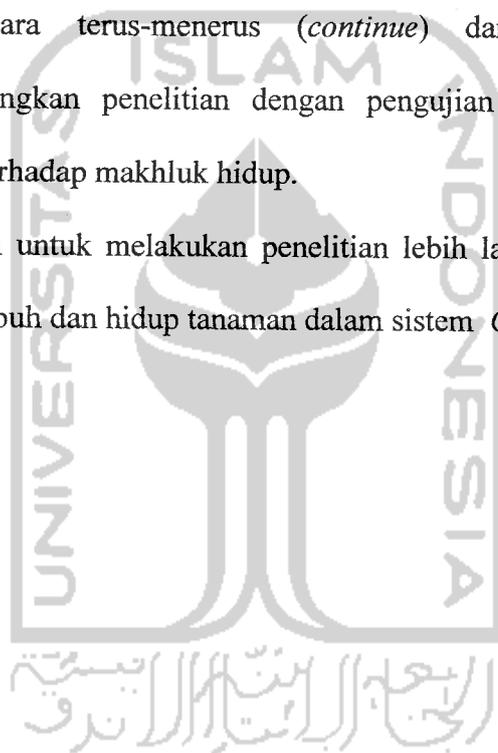
Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan tanaman eceng gondok pada sistem *Constructed Wetlands* yang digunakan untuk mengolah limbah laboratorium selama 12 hari menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan kandungan Cr total pada limbah laboratorium kualitas lingkungan UII pada konsentrasi 100% sebesar 0,1000 mg/L, konsentrasi 75% sebesar 0,0099 mg/L, konsentrasi 50% sebesar 0,0261 mg/L , konsentrasi 25% sebesar 0 mg/L , konsentrasi 0% sebesar 0 mg/L.
2. Efisiensi penurunan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok terbesar pada konsentrasi limbah 75 % dimana tanaman eceng gondok masih hidup dengan kondisi air mengalami pembusukan, berbau dan berwarna kuning kecoklatan .
3. Limbah cair laboratorium kualitas lingkungan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

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



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts. G, dan S. Santika, 1987, "*Metodologi Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.
- Amalia. D, dan D. Alia, 2005, "*Studi Keefektifan Penurunan Kromium (Cr6+) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Eceng Gondok*", Jurnal Purifikasi, ITS, Surabaya.
- Amalia M.B.D, 2007, "*Pengolahan Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Memanfaatkan Tanaman Kangkung Air Dalam Sistem Constructed Wetlands*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Andryani.U, 2004, "*Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur Dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Anonim, 1996, "*Penurunan Kadar Cu Pada Limbah Pencucian Perak Dengan Eceng Gondok*", Skripsi STTL YLH, Yogyakarta
- Ardiwinata.R.O., 1985, "*Musuh Dalam Selimut di Rawa Pening*", Kementrian Pertanian, Vorking, Bandung.
- Arifin. Z, 1996, "*Pembudidayaan dan Pemanfaatan Azolla*".
- Baker, A.J.M. (1999). "*Metal Hyperaccumulator Plants a Biological Resources for Exploitation in the Phytoextration of Metal Polluted Soils*". (http://ibewww.epfl.ch/COS837/WG2_abstracts.html) Tanggal 25 Mei 2005, pukul 06.30 WIB
- Bendoriccho, G. ,Dal Cin,L. And Perssonj, 2000, "*Guidelines For Free Water Surface Wetland Design*", Ecosys Bd.
- Benefield, L. D., and Randall C. W, 1980, "*Biological Process Design for Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New York.
- Clitton Potter, M Soeparwadi dan Aulia Gani, 1994, "*Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu*", EMDI, Dalhousie University Canada.

- Crites, R. W, and G. Tchobanoglous, 1998, "*Small and Decentralized Wastewater Management System*", Mc Graw Hill, New York.
- Dhahiyat, 1974, "*Aspek Ekologi Gulma Air Dalam analisa Dampak Lingkungan Kursus Dasar-dasar Analisa Lingkungan*", Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Bandung.
- Dwidjoseputro, 1992, "*Fisiologi Tumbuhan*", PT Gramedia, Jakarta.
- Effendi, H, 2003, "*Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*
- Faisal, 2005, "Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Reaktor Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Eceng Gondok", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Fauji, M.A, 2006, "*Tingkat Penyerapan Nitrat dan Fosfat Dari limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Menggunakan Tanaman Kangkung Air Pada Sistem Constructed Wetlands*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Hakim L, dkk, 2000, "*Modul Praktikum Laboratorium Lingkungan I dan II*", Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Holden, W. S., 1970, "*Water Treatment and Examination*", J and A. Churchill, London. Hartmann, H. T., W. J. Flocker and A. M. Kofranek. 1981. "*Plant Science*", Prentice Hall, Inc. New Jersey. p.206-215.
- Jack M. Whetstone, and D. Lamar Robinette, 1999, "*Algae Problem in Water Gardens*", Clemson University, in [www. Hgic.clemson.edu](http://www.Hgic.clemson.edu)
- Jumin, 1989, "*Ekologi Tanaman*", Rajawali Press Jakarta.
- Mahida, U.N., 1984, "*Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*", CV Rajawali, Jakarta.
- Marianto, L.A. SP. 2003, "*Tanaman Air*", Agro Media Pustaka.
- Marschner, H. 1986. "*Mineral Nutrition in Higher Plants*", Academic Press Inc, London Ltd. 674p.
- Merz, S.K, 2000, Guidelines for : *Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*, Departement of Natural Resources, Birsbone.

- Metcalf & Eddy, 1993, "*Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*" , Mc Graw – Hill Comp.
- Pandey.B.P.,1980, Plant Anatomi, S Chard dan Co, Ltdramnage, New Delhi.
- Sastroutomo, 1991, "*Ekologi Gulma*" , Gramedia, Jakarta.
- Syaff'i. I.A, 2007, "*Penyerapan Logam Khrom (Cr) Pada Limbah Penyamakan Kulit Dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms)*" , Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Tania.I, 2006, "*Penurunan konsentrasi bod, cod, tss dan ph limbah cair industri pembuatan tahu dengan constructed wetlands yang menggunakan tanaman paku air (azolla pinnata)* ". Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Tjitrosomo.S.S., 1983, "*Botani Umum II*" , Angkasa Bandung.
- Wardhana, W.A., 2001, "*Dampak Pencemaran Lingkungan*", Andi Offset, Jogjakarta.
- Widianto. L.S, 1986, "*The Effect Of Heavy Metal On The Growth Of Water Hyacinth*", Proceed Syimposium on Pest Ecology and Pest management, Seameo-Biotrop, Bogor, indonesia.
- www. Menlh. go.id / usaha – kecil, "*Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah*"

LAMPIRAN A

Hasil Analisis Logam Cr Total

جامعة الزيتونة
الزيتونية



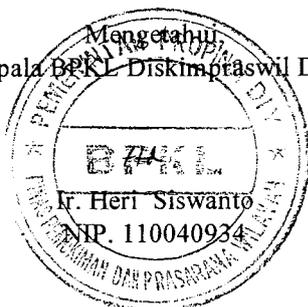
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari
Tanggal Penerimaan : Januari 2007

No	Sample 0 hari	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
1	0%	0,0001	0,012
2	25%	0,0008	0,054
3	50%	0,0010	0,1528
4	75%	0,0018	0,2399
5	100%	0,0046	0,4486

Mengetahui
Kepala Balai Diskrim Prasarwil DIY



Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian 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 : Ria Fapriani

Tanggal Penerimaan : Januari 2006.

Sample : Tanaman enceng gondok

No	Sample	Absorbans	Konsentrasi (ppm)
1	Akar	0,0028	0,251
2	Daun	0,0003	0,063

Keterangan :
tt = tidak terdeteksi

Mengetahui,
Kepala BPKL Kumpuraswil



Ir. Heri Siswanto
NIP. 110040934

Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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) 499622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air Limbah) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0003	0,0112	-0,0004	0,0067
2	25%	-0,0001	0,0386	-0,0001	0,0326
3	50%	0,0007	0,1109	0,0008	0,1165
4	75%	0,0019	0,2204	0,0014	0,1741
5	100%	0,0040	0,4136	0,0039	0,4062

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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 ANALISIS KROM TOTAL

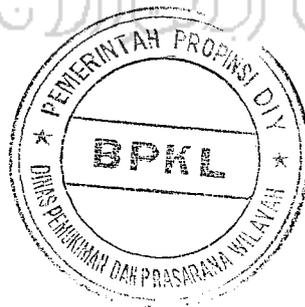
Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air Limbah) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0004	0,0048	-0,0005	< 0,001
2	25%	-0,0003	0,0117	-0,0005	< 0,001
3	50%	0,0005	0,0368	0,0003	0,0668
4	75%	0,0015	0,1803	0,0007	0,1074
5	100%	0,0035	0,3686	0,0035	0,3592

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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

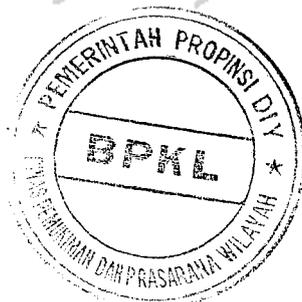
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air Limbah) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0006	< 0,001	-0,0007	< 0,001
2	25%	-0,0007	< 0,001	-0,0009	< 0,001
3	50%	-0,0009	< 0,001	-0,0005	< 0,001
4	75%	0,0010	0,1332	-0,0003	< 0,001
5	100%	0,0029	0,3129	0,0024	0,2681

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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 ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air Limbah) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0009	< 0,001	-0,0012	< 0,001
2	25%	-0,0013	< 0,001	-0,0018	< 0,001
3	50%	-0,0020	< 0,001	-0,0016	< 0,001
4	75%	-0,0010	< 0,001	-0,0018	< 0,001
5	100%	0,0019	0,2198	0,0013	0,1567

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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 ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air + Tanaman) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0004	0,0103	-0,0004	0,0053
2	25%	-0,0002	0,0373	-0,0001	0,0323
3	50%	0,0009	0,1228	0,0008	0,1161
4	75%	0,0015	0,1816	0,0014	0,1732
5	100%	0,0039	0,4119	0,0039	0,4053

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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 ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air + Tanaman) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0004	0,0020	-0,0004	< 0,001
2	25%	-0,0004	0,0090	-0,0004	< 0,001
3	50%	0,0004	0,0845	0,0002	0,0661
4	75%	0,0008	0,1149	0,0006	0,1032
5	100%	0,0036	0,3653	0,0034	0,3553

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa oleh :

Penyelia Pengujian 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

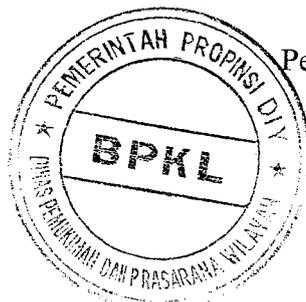
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air + Tanaman) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0007	< 0,001	-0,0008	< 0,001
2	25%	-0,0008	< 0,001	-0,0010	< 0,001
3	50%	-0,0002	0,0261	-0,0004	< 0,001
4	75%	-0,0004	0,0099	-0,0004	< 0,001
5	100%	0,0026	0,2803	0,0023	0,2669

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian 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

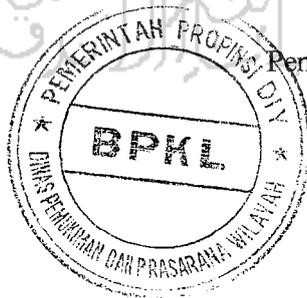
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Suci Wulandari

Sample : (Air + Tanaman) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	-0,0010	< 0,001	-0,0013	< 0,001
2	25%	-0,0014	< 0,001	-0,0017	< 0,001
3	50%	-0,0010	< 0,001	-0,0015	< 0,001
4	75%	-0,0017	< 0,001	-0,0019	< 0,001
5	100%	0,0015	0,1803	0,0012	0,1553

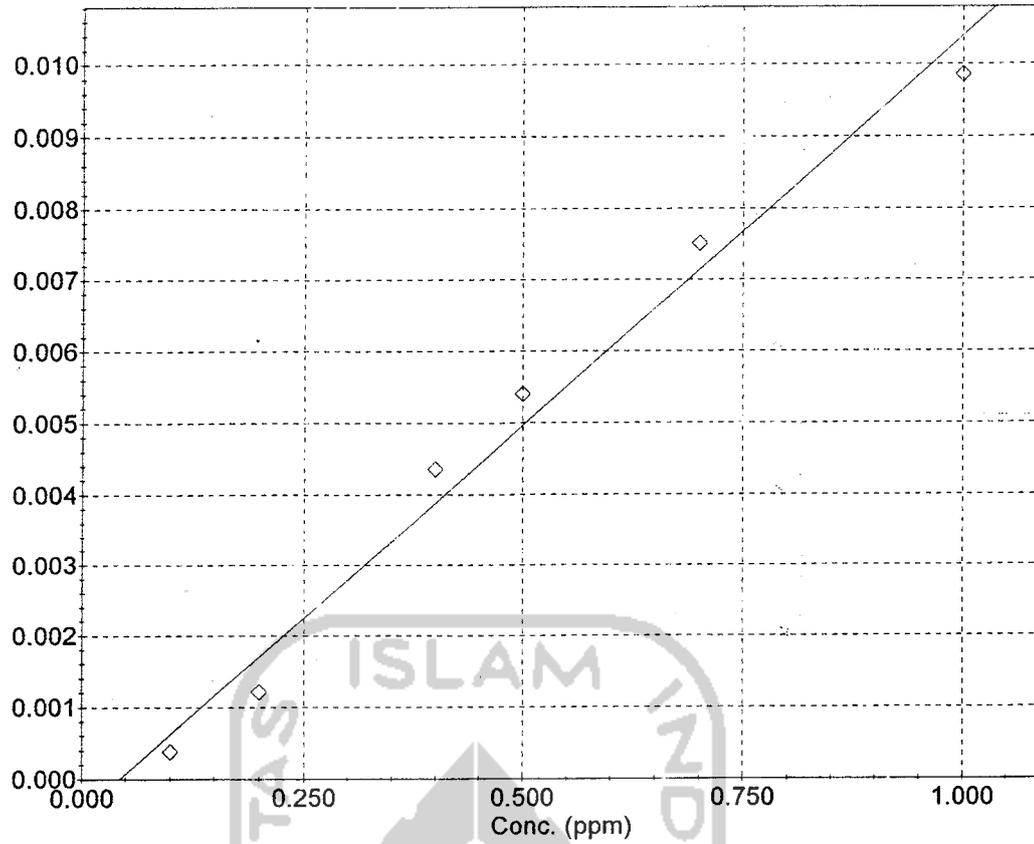
Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897

Abs.



$Abs.=0.0108678Conc+-0.000465725$
 $r=0.9913$

Conc.	Abs.
0.1000	0.0004
0.2000	0.0012
0.4000	0.0044
0.5000	0.0054
0.7000	0.0075
1.0000	0.0099

LAMPIRAN B

Kondisi Pertumbuhan Tanaman
Eceng Gondok Selama 12 Hari

جامعة البصرة
البيوتية
الاستاذة
الانوار

Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok

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

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

Sumber : Data Primer 2007



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

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

Sumber : Data Primer 2007



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

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

Sumber : Data Primer 2007



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

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

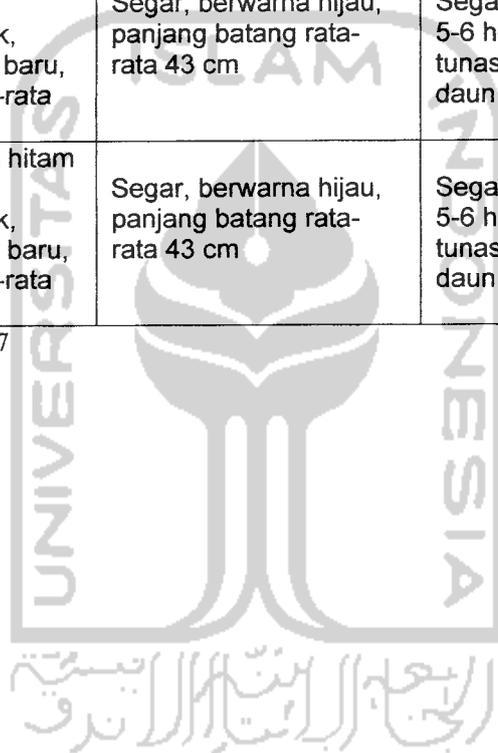
Sumber : Data Primer 2007



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

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

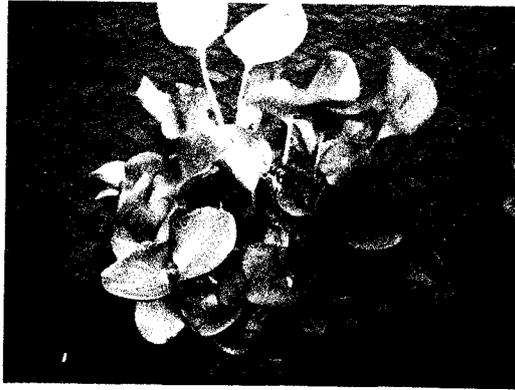
Sumber : Data Primer 2007



LAMPIRAN C

Dokumentasi Reaktor Penelitian

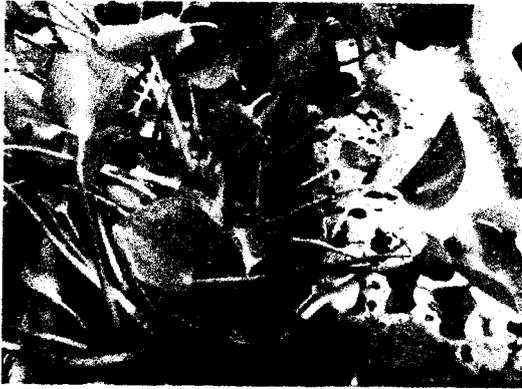
جامعة الزيتونة الإسلامية
الزيتونية



Gambar 1. Eceng Gondok Sebelum Perlakuan



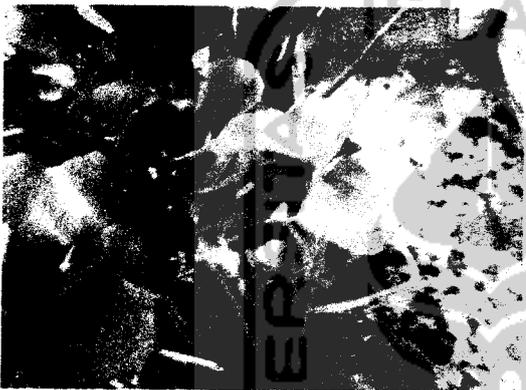
Gambar 2. Limbah Sebelum Perlakuan



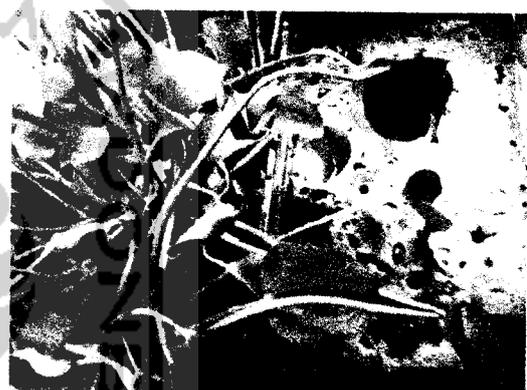
a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 3. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-0



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 4. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-3



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%

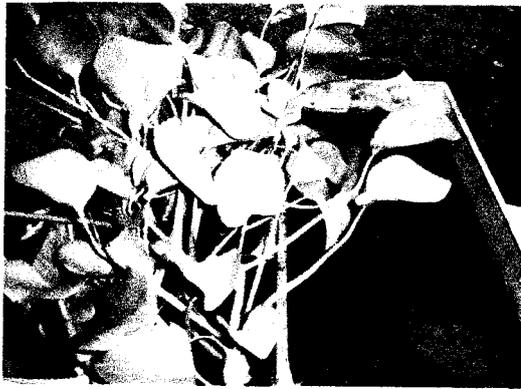


d) Konsentrasi Limbah 50%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 5. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-6



a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 6. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-9



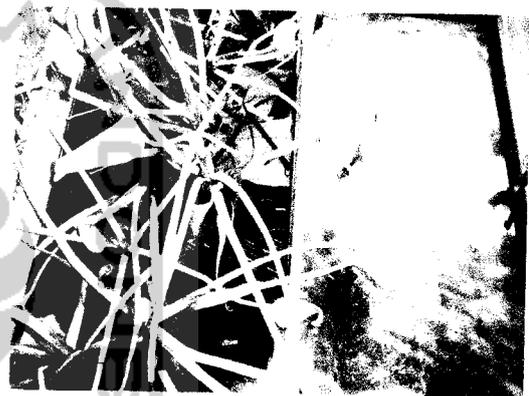
a) Konsentrasi Limbah 0%



b) Konsentrasi Limbah 25%



c) Konsentrasi Limbah 50%



d) Konsentrasi Limbah 75%



e) Konsentrasi Limbah 100%

Gambar 7. Reaktor Pengolahan *Constructed Wetlands* Hari ke-12

LAMPIRAN

Analisa Statistik

جامعة الزيتونة
الزيتونية

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

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

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.AIR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.469 ^a	8	.059	30.886	.000
Intercept	.353	1	.353	185.759	.000
WAKTU	.060	4	.015	7.907	.001
LIMBAH	.409	4	.102	53.864	.000
Error	.030	16	.002		
Total	.853	25			
Corrected Total	.500	24			

a. R Squared = .939 (Adjusted R Squared = .909)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.AIR

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 hari	3 hari	.022520	.0275648	.922	-.061930	.106970
		6 hari	.061020	.0275648	.224	-.023430	.145470
		9 hari	.092240*	.0275648	.029	.007790	.176690
		12 hari	.137500*	.0275648	.001	.053050	.221950
	3 hari	0 hari	-.022520	.0275648	.922	-.106970	.061930
		6 hari	.038500	.0275648	.638	-.045950	.122950
		9 hari	.069720	.0275648	.133	-.014730	.154170
		12 hari	.114980*	.0275648	.006	.030530	.199430
	6 hari	0 hari	-.061020	.0275648	.224	-.145470	.023430
		3 hari	-.038500	.0275648	.638	-.122950	.045950
		9 hari	.031220	.0275648	.787	-.053230	.115670
		12 hari	.076480	.0275648	.086	-.007970	.160930
	9 hari	0 hari	-.092240*	.0275648	.029	-.176690	-.007790
		3 hari	-.069720	.0275648	.133	-.154170	.014730
		6 hari	-.031220	.0275648	.787	-.115670	.053230
		12 hari	.045260	.0275648	.494	-.039190	.129710
	12 hari	0 hari	-.137500*	.0275648	.001	-.221950	-.053050
		3 hari	-.114980*	.0275648	.006	-.199430	-.030530
		6 hari	-.076480	.0275648	.086	-.160930	.007970
		9 hari	-.045260	.0275648	.494	-.129710	.039190
Bonferroni	0 hari	3 hari	.022520	.0275648	1.000	-.067121	.112161
		6 hari	.061020	.0275648	.417	-.028621	.150661
		9 hari	.092240*	.0275648	.041	.002599	.181881
		12 hari	.137500*	.0275648	.001	.047859	.227141
	3 hari	0 hari	-.022520	.0275648	1.000	-.112161	.067121
		6 hari	.038500	.0275648	1.000	-.051141	.128141
		9 hari	.069720	.0275648	.223	-.019921	.159361
		12 hari	.114980*	.0275648	.007	.025339	.204621
	6 hari	0 hari	-.061020	.0275648	.417	-.150661	.028621
		3 hari	-.038500	.0275648	1.000	-.128141	.051141
		9 hari	.031220	.0275648	1.000	-.058421	.120861
		12 hari	.076480	.0275648	.135	-.013161	.166121
	9 hari	0 hari	-.092240*	.0275648	.041	-.181881	-.002599
		3 hari	-.069720	.0275648	.223	-.159361	.019921
		6 hari	-.031220	.0275648	1.000	-.120861	.058421
		12 hari	.045260	.0275648	1.000	-.044381	.134901
	12 hari	0 hari	-.137500*	.0275648	.001	-.227141	-.047859
		3 hari	-.114980*	.0275648	.007	-.204621	-.025339
		6 hari	-.076480	.0275648	.135	-.166121	.013161
		9 hari	-.045260	.0275648	1.000	-.134901	.044381

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.AIR

	WAKTU	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a, b}	12 hari	5	.043960		
	9 hari	5	.089220	.089220	
	6 hari	5	.120440	.120440	.120440
	3 hari	5		.158940	.158940
	0 hari	5			.181460
	Sig.		.086	.133	.224

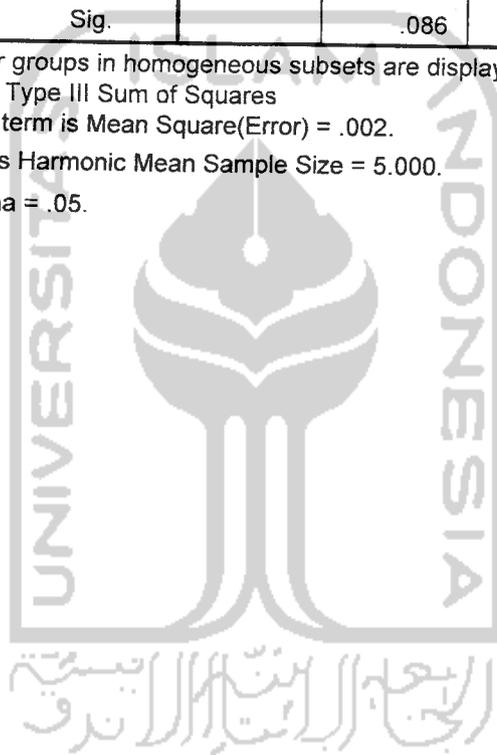
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.AIR

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.015260	.0275648	.980	-.099710	.069190
		50%	-.054500	.0275648	.320	-.138950	.029950
		75%	-.149160*	.0275648	.000	-.233610	-.064710
		100%	-.347100*	.0275648	.000	-.431550	-.262650
	25%	0%	.015260	.0275648	.980	-.069190	.099710
		50%	-.039240	.0275648	.622	-.123690	.045210
		75%	-.133900*	.0275648	.001	-.218350	-.049450
		100%	-.331840*	.0275648	.000	-.416290	-.247390
	50%	0%	.054500	.0275648	.320	-.029950	.138950
		25%	.039240	.0275648	.622	-.045210	.123690
		75%	-.094660*	.0275648	.024	-.179110	-.010210
		100%	-.292600*	.0275648	.000	-.377050	-.208150
	75%	0%	.149160*	.0275648	.000	.064710	.233610
		25%	.133900*	.0275648	.001	.049450	.218350
		50%	.094660*	.0275648	.024	.010210	.179110
		100%	-.197940*	.0275648	.000	-.282390	-.113490
	100%	0%	-.347100*	.0275648	.000	.262650	.431550
		25%	.331840*	.0275648	.000	.247390	.416290
		50%	.292600*	.0275648	.000	.208150	.377050
		75%	.197940*	.0275648	.000	.113490	.282390
Bonferroni	0%	25%	-.015260	.0275648	1.000	-.104901	.074381
		50%	-.054500	.0275648	.655	-.144141	.035141
		75%	-.149160*	.0275648	.001	-.238801	-.059519
		100%	-.347100*	.0275648	.000	-.436741	-.257459
	25%	0%	.015260	.0275648	1.000	-.074381	.104901
		50%	-.039240	.0275648	1.000	-.128881	.050401
		75%	-.133900*	.0275648	.002	-.223541	-.044259
		100%	-.331840*	.0275648	.000	-.421481	-.242199
	50%	0%	.054500	.0275648	.655	-.035141	.144141
		25%	.039240	.0275648	1.000	-.050401	.128881
		75%	-.094660*	.0275648	.034	-.184301	-.005019
		100%	-.292600*	.0275648	.000	-.382241	-.202959
	75%	0%	.149160*	.0275648	.001	.059519	.238801
		25%	.133900*	.0275648	.002	.044259	.223541
		50%	.094660*	.0275648	.034	.005019	.184301
		100%	-.197940*	.0275648	.000	-.287581	-.108299
	100%	0%	-.347100*	.0275648	.000	.257459	.436741
		25%	.331840*	.0275648	.000	.242199	.421481
		50%	.292600*	.0275648	.000	.202959	.382241
		75%	.197940*	.0275648	.000	.108299	.287581

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.AIR

	LIMBAH	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	0%	5	.005600		
	25%	5	.020860		
	50%	5	.060100		
	75%	5		.154760	
	100%	5			.352700
	Sig.		.320	1.000	1.000

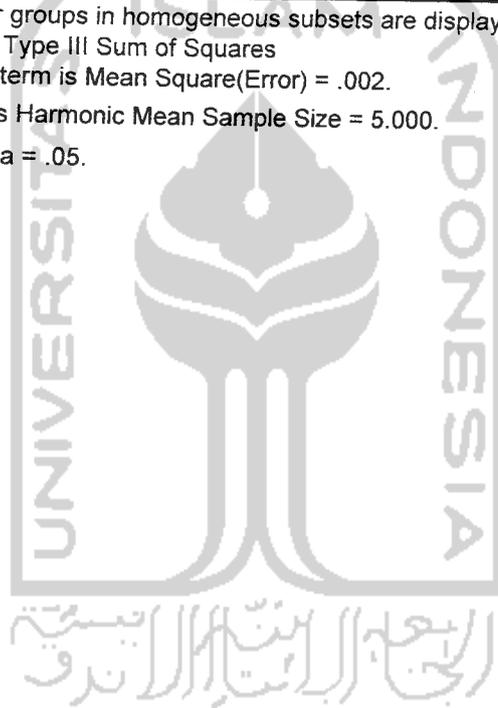
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

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

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crtotal.TNM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.432 ^a	8	.054	23.608	.000
Intercept	.301	1	.301	131.488	.000
WAKTU	.073	4	.018	7.978	.001
LIMBAH	.359	4	.090	39.237	.000
Error	.037	16	.002		
Total	.770	25			
Corrected Total	.469	24			

a. R Squared = .922 (Adjusted R Squared = .883)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.TNM

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	0 hari	3 hari	.028680	.0302637	.874	-.064038	.121398	
		6 hari	.066320	.0302637	.232	-.026398	.159038	
		9 hari	.118200*	.0302637	.010	.025482	.210918	
		12 hari	.145400*	.0302637	.002	.052682	.238118	
	3 hari	0 hari	-.028680	.0302637	.874	-.121398	.064038	
		6 hari	.037640	.0302637	.727	-.055078	.130358	
		9 hari	.089520	.0302637	.061	-.003198	.182238	
		12 hari	.116720*	.0302637	.010	.024002	.209438	
	6 hari	0 hari	-.066320	.0302637	.232	-.159038	.026398	
		3 hari	-.037640	.0302637	.727	-.130358	.055078	
		9 hari	.051880	.0302637	.453	-.040838	.144598	
		12 hari	.079080	.0302637	.115	-.013638	.171798	
	9 hari	0 hari	-.118200*	.0302637	.010	-.210918	-.025482	
		3 hari	-.089520	.0302637	.061	-.182238	.003198	
		6 hari	-.051880	.0302637	.453	-.144598	.040838	
		12 hari	.027200	.0302637	.893	-.065518	.119918	
	12 hari	0 hari	-.145400*	.0302637	.002	-.238118	-.052682	
		3 hari	-.116720*	.0302637	.010	-.209438	-.024002	
		6 hari	-.079080	.0302637	.115	-.171798	.013638	
		9 hari	-.027200	.0302637	.893	-.119918	.065518	
	Bonferroni	0 hari	3 hari	.028680	.0302637	1.000	-.069737	.127097
			6 hari	.066320	.0302637	.436	-.032097	.164737
			9 hari	.118200*	.0302637	.013	.019783	.216617
			12 hari	.145400*	.0302637	.002	.046983	.243817
3 hari		0 hari	-.028680	.0302637	1.000	-.127097	.069737	
		6 hari	.037640	.0302637	1.000	-.060777	.136057	
		9 hari	.089520	.0302637	.093	-.008897	.187937	
		12 hari	.116720*	.0302637	.014	.018303	.215137	
6 hari		0 hari	-.066320	.0302637	.436	-.164737	.032097	
		3 hari	-.037640	.0302637	1.000	-.136057	.060777	
		9 hari	.051880	.0302637	1.000	-.046537	.150297	
		12 hari	.079080	.0302637	.188	-.019337	.177497	
9 hari		0 hari	-.118200*	.0302637	.013	-.216617	-.019783	
		3 hari	-.089520	.0302637	.093	-.187937	.008897	
		6 hari	-.051880	.0302637	1.000	-.150297	.046537	
		12 hari	.027200	.0302637	1.000	-.071217	.125617	
12 hari		0 hari	-.145400*	.0302637	.002	-.243817	-.046983	
		3 hari	-.116720*	.0302637	.014	-.215137	-.018303	
		6 hari	-.079080	.0302637	.188	-.177497	.019337	
		9 hari	-.027200	.0302637	1.000	-.125617	.071217	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.TNM

WAKTU	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} 12 hari	5	.036060		
9 hari	5	.063260	.063260	
6 hari	5	.115140	.115140	.115140
3 hari	5		.152780	.152780
0 hari	5			.181460
Sig.		.115	.061	.232

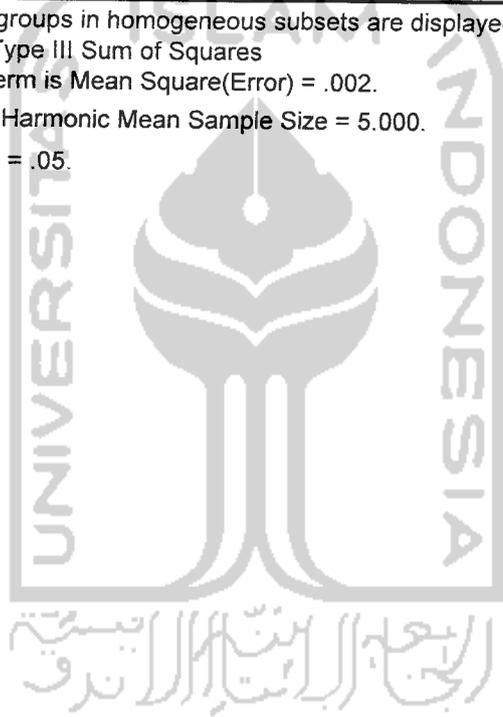
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Crtotal.TNM

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-.015200	.0302637	.986	-.107918	.077518
		50%	-.072380	.0302637	.168	-.165098	.020338
		75%	-.104400*	.0302637	.024	-.197118	-.011682
		100%	-.332420*	.0302637	.000	-.425138	-.239702
	25%	0%	.015200	.0302637	.986	-.077518	.107918
		50%	-.057180	.0302637	.361	-.149898	.035538
		75%	-.089200	.0302637	.062	-.181918	.003518
		100%	-.317220*	.0302637	.000	-.409938	-.224502
	50%	0%	.072380	.0302637	.168	-.020338	.165098
		25%	.057180	.0302637	.361	-.035538	.149898
		75%	-.032020	.0302637	.825	-.124738	.060698
		100%	-.260040*	.0302637	.000	-.352758	-.167322
	75%	0%	.104400*	.0302637	.024	.011682	.197118
		25%	.089200	.0302637	.062	-.003518	.181918
		50%	.032020	.0302637	.825	-.060698	.124738
		100%	-.228020*	.0302637	.000	-.320738	-.135302
	100%	0%	.332420*	.0302637	.000	.239702	.425138
		25%	.317220*	.0302637	.000	.224502	.409938
		50%	.260040*	.0302637	.000	.167322	.352758
		75%	.228020*	.0302637	.000	.135302	.320738
Bonferroni	0%	25%	-.015200	.0302637	1.000	-.113617	.083217
		50%	-.072380	.0302637	.294	-.170797	.026037
		75%	-.104400*	.0302637	.033	-.202817	-.005983
		100%	-.332420*	.0302637	.000	-.430837	-.234003
	25%	0%	.015200	.0302637	1.000	-.083217	.113617
		50%	-.057180	.0302637	.771	-.155597	.041237
		75%	-.089200	.0302637	.095	-.187617	.009217
		100%	-.317220*	.0302637	.000	-.415637	-.218803
	50%	0%	.072380	.0302637	.294	-.026037	.170797
		25%	.057180	.0302637	.771	-.041237	.155597
		75%	-.032020	.0302637	1.000	-.130437	.066397
		100%	-.260040*	.0302637	.000	-.358457	-.161623
	75%	0%	.104400*	.0302637	.033	.005983	.202817
		25%	.089200	.0302637	.095	-.009217	.187617
		50%	.032020	.0302637	1.000	-.066397	.130437
		100%	-.228020*	.0302637	.000	-.326437	-.129603
	100%	0%	.332420*	.0302637	.000	.234003	.430837
		25%	.317220*	.0302637	.000	.218803	.415637
		50%	.260040*	.0302637	.000	.161623	.358457
		75%	.228020*	.0302637	.000	.129603	.326437

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Crtotal.TNM

LIMBAH	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} 0%	5	.004860		
25%	5	.020060	.020060	
50%	5	.077240	.077240	
75%	5		.109260	
100%	5			.337280
Sig.		.168	.062	1.000

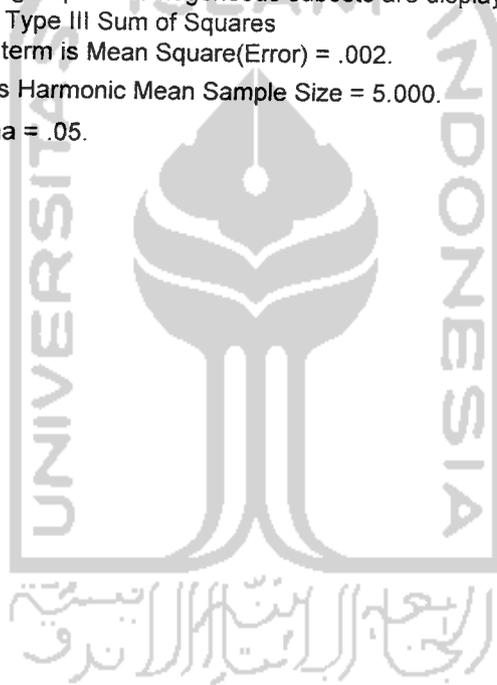
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.



LAMPIRAN E

Baku Mutu

جامعة البنته الاسلاميه
البيروت

Air Minum —→ 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°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



Limbah Cair Industri —→ Kep. Gub. Jabar No. 6 Tahun 1999

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair*)		Teknik Pengujian
			Gol. I	Gol. II	
FISIKA					
1	Temperatur	°C	38	40	Termometer
2	Zat padat terlarut	mg/l	2000	4000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	200	400	Gravimetri
KIMIA					
1	pH	-	6.0-9.0	6.0-9.0	pH meter
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10	AAS
3	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5	AAS
4	Barium (Ba)	mg/l	2	3	-
5	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3	AAS
6	Seng (Zn)	mg/l	5	10	AAS
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0.1	0.5	AAS
8	Krom Total (Cr)	mg/l	0.5	1	AAS
9	Cadmium (Cd)	mg/l	0.05	0.1	AAS
10	Raksa (Hg)	mg/l	0.002	0.005	AAS
11	Timbal (Pb)	mg/l	0.1	1	AAS
12	Stanum (Sn)	mg/l	2	3	-
13	Arsen (As)	mg/l	0.1	0.5	AAS
14	Selenium (Se)	mg/l	0.05	0.5	AAS
15	Nikel (Ni)	mg/l	0.2	0.5	AAS

16	Kobalt (Co)	mg/l	0.4	0.6	AAS
17	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0.5	Destilasi
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0.05	0.1	Spektrophotometer
19	Fluorida (F)	mg/l	2	3	Spektrophotometri
20	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2	Argentometri
21	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	1	5	Spektrophotometri (Nesler)
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30	Spektrophotometri (Brusin)
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3	Spektrophotometri (NED)
24	BOD ₅	mg/l	50	150	Titrimetri/Winkler
25	COD	mg/l	100	300	Reflux Kalium dikromat
26	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10	Spektrophotometri
27	Fenol	mg/l	0.5	1	Titrimetri
28	Minyak nabati	mg/l	5	10	Ekstraksi / Gravimetri
29	Minyak mineral	mg/l	10	50	Ekstraksi / Gravimetri
30	Radioaktivitas*)	-	-	-	-

Badan Air —————> Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Badan Air Kelas I *)	Teknik Pengujian
FISIKA				
1	Temperatur	°C	-	Temperatur
2	Zat padat terlarut	mg/l	1000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	50	Gravimetri
KIMIA ANORGANIK				
4	pH	-	6 - 9	pH meter
5	BOD	mg/l	2	Titrimetri/winkler
6	COD	mg/l	10	Reflux kalium dikromat
7	DO	mg/l	6	DO meter
8	Total Fosfat	mg/l	0.2	Spektrofotometri
9	NO ₃ -N	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
10	NH ₃ -N	mg/l	0.5	Spektrometri (Nesler)
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-
12	Kobalt (Co)	mg/l	0.2	AAS
13	Barium (Ba)	mg/l	1	-
14	Boron (B)	mg/l	1	-
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	AAS
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	AAS
17	Khrom (VI)	mg/l	0.05	AAS
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0.02	AAS
19	Besi (Fe)	mg/l	0.3	AAS
20	Timbal (Pb)	mg/l	0.03	AAS
21	Mangan (Mn)	mg/l	0.1	AAS

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

LAMPIRAN F

Analisis Logam Dengan Metode AAS

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الابن سينا



ANALISIS LOGAM Mn, Pb, Cu, Cd, Cr, Ni, Fe, dan Zn DI DALAM AIR DAN LIMBAH CAIR DENGAN METODE AAS

1. Alat dan bahan

1.1 Alat

Alat-alat yang diperlukan adalah :

1. spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190 - 870 nm dan lebar celah 0,2 - 2 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) pemanas listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- 3) pipet mikro 250, 500, dan 1000 μL ,
- 4) labu ukur 50 dan 1000 mL,
- 5) gelas ukur 100 mL
- 6) gelas piala 100 mL,
- 7) pipet seukuran 5 dan 10 mL,
- 8) tabung reaksi 20 mL,
- 9) kaca arloji berdiameter 5 cm.

1.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan adalah:

- 1) kemasan larutan logam Fe, Pb, Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, dan Cr masing-masing 1000 mg/L
- 2) asam nitrat, HNO_3 pekat,
- 3) Larutan kalsium karbonat



- 4) saringan membran berpori 0,45 μm ;
- 5) gas asetilen,
- 6) air suling atau air demineralisasi yang bebas logam.

2. Pengendalian Mutu Analisis

Jika prosedur pengendalian mutu yang khusus tidak tersedia, maka prosedur dibawah ini direkomendasikan untuk dilaksanakan :

1. Blanko reagen dianalisis sekali untuk 1 set sampel
2. Matriks spike dianalisis paling tidak 1 kali dalam 1 set sampel, tiap jenis matriks yang berbeda harus dispike
3. Air reagen atau spike matriks reagen dianalisis sebanyak 5 % dari jumlah sampel yang dianalisis
4. Sampel pemeriksaan pengendalian mutu dianalisis dalam bentuk duplikat sebagai sampel "blind" paling tidak dilakukan 2 kali dalam setahun
5. Standar pemeriksaan pengendalian mutu dianalisis sebanyak 5 % dari satu set sampel
6. Standar duplikat atau duplikat matriks spike dianalisis paling tidak sekali atau sebanyak 5 % dari jumlah sampel dari berbagai jenis matriks dalam satu set sampel
7. Standar kalibrasi lanjut dianalisis sebanyak 5 % dari sampel yang ada dalam 1 set (Prosedur ini dapat menggantikan butir 5)

3. Analisis

Analisis meliputi persiapan analisis, penentuan contoh uji dan cara uji.

Persiapan analisis

Pembuatan larutan induk



Buat larutan induk logam mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) tuangkan larutan logam sebanyak 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL, tambahkan HNO_3 (1+1) 10 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

Catatan: biasanya larutan induk 1000 mg/L dapat dibeli dalam kemasan atau dapat juga disiapkan sendiri

Pembuatan larutan standar

- 1) encerkan larutan induk 1000mg/L menjadi 10 mg/L;
- 2) pipet masing - masing sejumlah larutan di atas (no. 1) dan masukkan masing - masing ke dalam labu ukur 100 mL;
- 3) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar logam sebagai berikut:
0,0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,0 ; 2,0 mg/L

Pembuatan kurva kalibrasi

Dalam persiapan peralatan diperlukan langkah - langkah sebagai berikut:

- 1) atur alat SSA dan optimalkan untuk pengukuran logam Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn dan Pb sesuai dengan petunjuk penggunaan alat;
- 2) isapkan larutan standar satu persatu kedalam alat SSA melalui pipa kapiler, kemudian baca dan catat masing-masing serapan masuknya; mulai pada konsentrasi rendah,
- 3) apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih dari 2 % periksa alat dan ulangi langkah 1) dan 2) apabila perbedaan lebih kecil atau sama dengan 2 % rata - ratakan hasilnya;
- 4) buat kurva kalibrasi dari data di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.



Penentuan contoh uji

Penentuan logam terlarut dan logam total adalah sbb:

A) Pengujian Logam terlarut

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air SK SNI M - 02 - 1989 - F;
- saring 100 mL contoh uji secara duplo dengan saringan membran berpori 0,45 μm , air saringan merupakan benda uji,
- masukkan benda uji ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 20 mL,
- benda uji siap diuji.

B) Pengujian Logam Total

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- sediakan contoh uji yang diambil sesuai dengan metode pengambilan Contoh Uji Kualitas;
- kocok contoh uji dan ukur 50 mL secara duplo, kemudian masukkan masing - masing ke dalam gelas piala 100 mL;
- tambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan panaskan perlahan - lahan sampai sisa volumenya 15 - 20 mL
- tambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji dan panaskan lagi,
- lanjutkan penambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, atau sampai larutan menjadi bening,
- tambah lagi 2 mL asam nitrat pekat dan panaskan kira kira 10 menit,
- bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam labu ukur 50 mL, tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera;
- pindahkan benda uji ke dalam tabung reaksi,



- i) benda uji siap diuji.

CATATAN:

- 1) Sebaiknya analisis logam - logam tersebut di dalam air dilakukan sebagai logam total. Karena, secara umum kondisi air sungai dan air limbah di Indonesia mempunyai kekeruhan yang tinggi. Biasanya dalam air yang keruh logam-logam berada dalam bentuk hidrat dan atau bentuk kelat, oleh karena itu logam - logam tersebut harus dirombak terlebih dahulu menjadi ion - ion bebas. Selain itu bila dalam kondisi keruh dianalisis sebagai logam terlarut, maka akan memberikan hasil yang tidak representatif.
- 2) Apabila terdapat padatan setelah proses akhir pada pengujian logam total, maka sebaiknya dilakukan penyaringan dengan membran $0,4 \mu\text{m}$. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari penyumbatan pada saluran aspirator alat SSA, yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan pada alat tersebut.
- 3) Kusus untuk analisa logam Fe dan Mn ditambahkan kalsium karbonat 10 % sebanyak 2 ml

Cara uji

Uji kadar Mn, dengan tahap sebagai berikut:

- 1) aspirasikan atau masukkan benda uji satu per satu ke dalam alat SSA melalui pipa kapiler,
- 2) baca dan catat serapan masuknya.

4. Perhitungan

Hitung kadar logam dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus dan perhatikan hal-hal berikut:



- 1) Perhitungan kadar didasarkan pada rata - rata hasil pengukuran dengan ketentuan selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2 %.
- 2) Apabila hasil perhitungan kadar logam lebih besar dari konsentrasi tertinggi standar, ulangi pengujian dengan mengencerkan benda uji,
- 3) Apabila hasil perhitungan kadar logam lebih kecil dari konsentrasi terkecil standar, ulangi pengujian dengan menggunakan metode ekstraksi atau metode Tungku Karbon.

5. Daftar pustaka

- B. Freedman, 1989, *Environmental Ecology*.
- Duffus, J.H, 1980, *Environmental Toxicology*.
- ILO, 1983, *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. Kumpulan SNI, 1990.
- Manual for Spill of Hazardous Material, 1984, *Environmental Protection Service*, Canada.
- UNEP, ILO, WHO, 1989, *Health and Safety Guide*.
- Waldbott, G., 1973, *Health Effects of Environmental Pollutants*.
- WHO, 1976, *Health Hazard in Human Environmental*.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Suci Wulandari	02513049	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Konsentrasi Cr Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII dengan Constructed Wetland Menggunakan Enceng Gendok (*Eichornia Crassipes*)

PERIODE : IV
TAHUN : 2005/2006

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

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

Yogyakarta, 14 Oktober 2006
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	21/3'07	<ul style="list-style-type: none"> - Penambahan kajian referensi yang memiliki topik yang sama - Ditambah penelitian t'da hulu tbg semakin besar konsentrasi maka semakin kecil penurunan - perbaiki redaksional 		
2.	4/4'07	<ul style="list-style-type: none"> - Kesimpulan di bawah - Gyn lupus - Abstrak - Jurnal maksimal 12 hal 		
3.	8/4'07	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki Grafik - Siap utk Seminar 		
4.	1/4'07	<ul style="list-style-type: none"> - Idham Kira 		