

TA/TL/2007/0194

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	11 - 12 - 2007
NO. JUDUL :	2761
NO. INV. :	5120002761001
NO. INDUK :	002761

TUGAS AKHIR

**TINGKAT PENYERAPAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA
DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS*
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK
(*Eichornia Crassipes*)**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Ujian Sarjana
Teknik Lingkungan

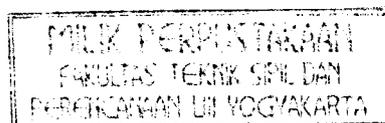


Oleh:

AHMAD FEBRIANSYAH

02 513 003

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



LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

TINGKAT PENYERAPAN KROMIUM TOTAL (Cr Total)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN JOGJAKARTA
DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS*
MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK
(*Eichornia Crassipes*)

Disusun oleh :

AHMAD FEBRIANSYAH

02 513 003

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

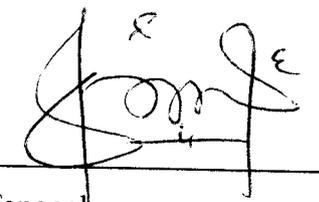
IR. H. KASAM, MT

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 7-7-07

EKO SISWOYO, ST

Dosen Pembimbing II


Tanggal :

MOTTO

"Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang Menciptakan,
Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah
Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah, Yang mengajar (manusia) dengan
perantaraan kalam
Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya."

(Al 'Alaq : 1-5)

"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".

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

"Melakukan sesuatu akan mengatasi masalah
daripada mengatakan bahwa sesuatu harus dilakukan".

(Anonim)

Lihatlah, dalam kehidupan ini banyak orang yang tahu apa yang
seharusnya dikerjakan

tapi sedikit sekali yang mengerjakan apa yang dia tahu.

Tahu saja tidak cukup! Anda harus berbuat!

(Anthony Robbins)

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)

...KeluargaKU...

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

...Sahabaku...

tiada yang abadi di dunia, tiada yang kekal selamanya
dan tak kan ada yang sanggup untuk tetap bertahan

kecuali cinta dan persahabatan

saat itu, semua hanya masa lalu

namun takkan pernah layu

Sahabatku...®

...ChèRi, Ie...

Thank you for all of your supports..

Thank you for the feeling love that has been given

to me..

Thank you have will share all this with me..

Thank you Neng..®

**TINGKAT PENYERAPAN KHROMIUM TOTAL (Cr TOTAL)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA
DENGAN CONSTRUCTED WETLANDS
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

**Ahmad Febriansyah
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII**

Kasam¹⁾, Eko Siswoyo²⁾, Ahmad Febriansyah³⁾

Inti Sari

*Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari lindi di TPA Piyungan yaitu pencemaran pada badan air baik sungai, dan air tanah. Untuk mengatasi permasalahan ini salah satunya yaitu dengan menggunakan system constructed wetlands dengan tanaman eceng gondok. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan pada tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap Cr Total dalam limbah cair TPA Piyungan dan untuk mengetahui apakah limbah TPA Piyungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).*

*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 14 buah. Selanjutnya reaktor diberi limbah cair dengan konsentrasi yang bervariasi (100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%), dan waktu pengambilan sampel (0, 3, 6, 9, 12 hari). Pengujian dilakukan pada tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom).*

*Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa tingkat penyerapan Cr Total pada tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) pada hari ke-12 pada konsentrasi 100% sebesar 0.0078 mg/L konsentrasi 75% sebesar 0.0060 mg/L konsentrasi 50% sebesar 0.0158 mg/L konsentrasi 25% sebesar 0.0134 mg/L konsentrasi 0% sebesar 0.0056 mg/L.*

*Kata kunci : constructed wetlands, eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), khromium total, lindi.*

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

**ABSORPTION OF TOTAL CHROMIUM
ON WASTEWATER TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA
USING CONSTRUCTED WETLANDS
WITH WATER HYACINTH (*Eichornia Crassipes*) PLANT**

**Ahmad Febriansyah
Environmental Engineering FTSP UII**

Kasam¹⁾, Eko Siswoyo²⁾, Ahmad Febriansyah³⁾

Abstract

*One of the environmental problem that was caused by leachate in TPA Piyungan is a pollution in water body, like as river, and ground water. To solve this problem one of the treatment that is with used constructed wetlands system using water hyacinth (*Eichornia Crassipes*) plant. The aim of this research is to know how big the absorption capacity of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) plant against Total Chromium in wastewater TPA Piyungan and to know is it the waste of TPA Piyungan will influenced the growth of water hyacinth (*Eichornia crassipes*).*

*This research use reactor that made from wood that was covered with plastics with sized 0.5 m x 1.0 m. Each reactor was given the 5 cm soil, and 14 plants. Further reactor was given the wastewater with the variation of concentration (100%, 75%, 50%, 25%, dan 0%), and sampling time (0, 3, 6, 9, 12 days). The research was carried out of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) by using AAS (Atomic Absorption Spectrofotometri).*

*Based on the research, that the level of Total Chromium absorption of the water hyacinth (*Eichornia crassipes*) on the 12 days with 100% concentration was 0.0078 mg/L, 75% concentration was 0.0060 mg/L, 50% concentration was 0.0158 mg/L, 25% concentration was 0.0134 mg/L, 0% concentration was 0.0056 mg/L .*

*Keyword : constructed wetlands, leachate, total chromium, water hyacinth (*Eichornia crassipes*).*

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

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. 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 Papah, MotheR ☺ 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 besarku, mbak Ai', mas kinoy, bunda, apit.....tantut, nandut he.. he.. makasech yo...eci, mas ari, mas yendi, keni.....keluarga lampung : maneng, papa, nyonya, mas budi & keluarga, mas toto'.....om chairul beserta keluarga.....keluarga sungai kambang.....makasech buat dukungannya.....
10. Temen-temen seperjuangan wetlands (#Sanak kokho ayoo kita pegi dRi kampus neh, dak bosan poh kau... #OB si Ogi (ogah Rugi), beRentilah jadi teRoRis tuh....#Bang Anthony salon..... moga langgeng beh dak.....) sukses untuk semuanya yo, and makasech dah keRja baReng beRapa bulan ini.....

11. Cah-cah TL : Aulia, putRa, Tuti my best fRiend, beni & yanne moga jadi ya..., yudi kapan-kapan kita caRi cew lg ☺ , CemaRa 7 (Ria yang ngajaRin TA makasech ya...), kuncung, nug-nug, Rizki gendut, aRi, aRis, and semua yang masih banyak ga disebutin.... good luck foR u guys.....
12. Keluarga besar Teknik Lingkungan Universitas Islam Jogjakarta, semua angkatan., khususnya angkatan 2002....ayooo semangat.... Jurusan kita bukan salah pilih, bukan juga buangan.....semangat.
13. Anak-anak devilux : gete tiRub, Kocu Cabi, Keluargaku di jogja (thank's 5 tahunnya) ☺.... Rikhi niRina, Adex bete', bRotheR.sekost ☺.....Ulung, melky, harya, dedi, kodok, digo, batra, kapan-kapan kita maen bilyaRd lagi . ☺...semuanya temen-temen sepermainan, thank's buat persahabatannya.....
14. Brother jambi : amin gondes tunggu aku bakal nyusul kau... Riko kelel selesein lah TA tuh jangan mbojo terus....yoga sombong nian goy.... Thank's buat peRsahabatan....., Mbak ayu makasech.....,sulu si temen sms, putri si temen sms jugo, vyna si bidan, Reno hritik, SiRo guk.guk, daenk, Refki, hendar, dian uni kapan selesai neh trus nikah lah lagi.....makasech dah mau bekawan dengan kami neh.... ☺..
15. Anak jambi kampus : Bebbe, Bang dedek, gabhan,..... kayak mana kita majuin jambi neh.....
16. Temen-temen Ngaweners.....:Dee Ba woi kangen lah aq mo kaw, kapan beliin aq tas mo sepatu, ku korting lah 1 bulan, mau dak....Hwakakak..., Alin, faisal, Hendro, RiRis, FitRi, Ardi, Yandi, Dimas, mia, gandos, menot, Si tul, towok.....thank's.

17. 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.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالرَّحْمَةُ لِلَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Juni 2007

Penulis,

Ahmad Febriansyah

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ رَسُوْلُهُ

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	8
2.2 Mekanisme Sistem Pengolahan <i>Wetlands</i>	11
2.3 Fitoremediasi.....	16
2.4 Tanaman Eceng Gondok.....	18
2.4.1 Klasifikasi Eceng Gondok.....	18
2.4.2 Ciri-ciri Fisiologi Eceng Gondok.....	23
2.4.3 Manfaat Eceng Gondok.....	24
2.4.4 Kerugian Eceng Gondok.....	25
2.5 Logam dan Logam Berat.....	26
2.5.1 Logam.....	26
2.5.2 Logam Berat.....	28
2.5.3 Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan.....	31
2.5.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok.....	32
2.6 Cr Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	33
2.6.1 Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	36
2.6.2 Kegunaan Khromium (Cr) Dalam Lingkungan.....	37
2.6.3 Keracunan Khromium (Cr).....	38
2.6.4 Prinsip Analisis Logam Khromium.....	40
2.7 Toksisitas Logam Pada Tanaman Eceng Gondok.....	41
2.8 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	43
2.8.1 Analisa AAS.....	44
2.9 Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (<i>Pistia</i>	

<i>Stratiotes</i>), Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forks</i>) dan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>).....	51
2.10 Lindi (Leachate).....	55
2.11 Hipotesis.....	59
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	60
3.1 Lokasi Penelitian.....	60
3.2 Jenis Penelitian.....	60
3.3 Waktu Penelitian.....	60
3.4 Metode Penelitian.....	61
3.5 Desain <i>Constructed Wetlands</i>	63
3.6. Metode Pelaksanaan Penelitian.....	65
3.6.1 Kualitas Air Limbah.....	65
3.6.2 Tanaman Eceng Gondok.....	66
3.6.3 Desain Sampling.....	66
3.6.4 Pengambilan Sampling.....	67
3.6.5 Distruksi.....	67
3.6.6 Spektrofotometer Serapan Atom.....	67
3.7 Metode Analisa Laboratorium.....	68
3.8 Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah.....	69
3.9 Metode Analisis Data	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Hasil.....	71

4.1.1	Konsentrasi Awal Logam Cr Total Dalam Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan	71
4.1.2	Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Setelah Perlakuan.....	73
4.2	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	78
4.2.1	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Akar Eceng Gondok.....	78
4.2.2	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok.....	80
4.2.3	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	82
4.2.4	Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Limbah.....	85
4.3	Effisiensi Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	86
4.4	Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	88
4.5	Uji Statistik Parameter Pencemar.....	90
4.5.1	Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	91
4.5.2	Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	92

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	93
5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran.....	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium.....	34
Tabel 2.2 Limbah cair (<i>Lindi</i>) TPA Piyungan Yogyakarta.....	58
Tabel 3.1 Kriteria Desain Reaktor	64
Tabel 3.2 Variasi Konsentrasi Limbah Cair	66
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total.....	72
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok.....	72
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok.....	73
Tabel 4.4 Kondisi Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	75
Tabel 4.5 Konsentrasi Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok	77
Tabel 4.6 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Akar Eceng Gondok Dalam (mg/l).....	78
Tabel 4.7 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Akar Eceng Gondok Dalam (mg/g).....	78
Tabel 4.8 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok Dalam (mg/l).....	80
Tabel 4.9 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok Dalam (mg/g).....	81

Tabel 4.10 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/l).....	82
Tabel 4.11 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/g).....	83
Tabel 4.12 Hasil Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar dan Daun Limbah Tanaman Eceng Gondok Di hari ke-12	84
Tabel 4.13 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Limbah	86
Tabel 4.14 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Terhadap Limbah.....	87
Tabel 4.15 Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 hari	88
Tabel 4.16 Hasil Penelitian pH Selama 12 Hari	89
Tabel 4.17 Hasil Penelitian Perubahan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari	90
Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total	91
Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Daun dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total	92

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 <i>Constructed Wetlands</i> tipe FWS.....	10
Gambar 2.2 <i>Constructed Wetlands</i> tipe SSF.....	10
Gambar 2.3 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	12
Gambar 2.4 Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>Constructed Wetlands</i>	12
Gambar 2.5 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	15
Gambar 2.6 Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i> Bertingkat.....	15
Gambar 2.5 Proses – Proses Fitoremediasi Pada Tumbuhan.....	17
Gambar 2.6 Eceng Gondok.....	21
Gambar 2.9 Diagram cara kerja uji kandungan Cr (kromium).....	50
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	62
Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (Tanpa Skala)	64
Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (Tanpa Skala).....	65
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Akar Tanaman Eceng Gondok	74
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu kontak Pada Daun Tanaman Eceng Gondok	76

Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu kontak Pada Tanaman Eceng Gondok.....	77
Gambar 4.4	Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok	79
Gambar 4.5	Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok.....	82
Gambar 4.6	Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok.....	83
Gambar 4.7	Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Terhadap Limbah.....	87



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Standar Air Buangan

LAMPIRAN 2

Hasil Uji Laboratorium

LAMPIRAN 3

Hasil Perhitungan Statistik

LAMPIRAN 4

Hasil Pengamatan Visual

LAMPIRAN 5

Dokumentasi



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 pengolahan persampahan, air yang dihasilkan dari proses pengolahan (air limbah TPA Piyungan) 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 ke dalam tiga sistem pengolahan yaitu secara fisik, kimia, dan biologi.

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

biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis, pengoksida (Metcalf & Eddy, 1993). Dalam beberapa hal sistem ini menguntungkan karena biayanya murah, sederhana, dan memiliki kemampuan proses meminimalisasi limbah yang tinggi.

Sampah merupakan bahan padat buangan dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkotaan, industri dll. Jumlah timbunannya meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya kegiatan dan jumlah penduduk perkotaan. Dengan jumlah timbunan yang besar dan tanpa penanganan yang baik, sampah kota akan menimbulkan berbagai masalah sosial dan lingkungan yang sangat berat. Menyadari bahwa sampah telah menjadi masalah bersama, maka Pemerintah Daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul melaksanakan kerjasama pengelolaan prasarana dan sarana persampahan, dengan dibangunnya tempat pembuangan akhir sampah (TPA). Tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Kota Yogyakarta terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pembangunan TPA ini dilakukan pada tahun 1992 dan mulai dioperasikan tahun 1995 di atas tanah seluas 12 hektar dengan kapasitas 2,7 juta meter kubik sampah, masa pakai diperkirakan mencapai 10 (sepuluh) tahun, dengan asumsi presentase daur ulang 20 %. Apabila presentase daur ulang dapat ditingkatkan menjadi 50 % maka masa penggunaannya mencapai 13 tahun. Cakupan layanan TPA Piyungan adalah daerah perkotaan Yogyakarta yang meliputi Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman bagian selatan dan Kabupaten Bantul bagian utara yang masuk wilayah perkotaan. Dengan metoda pengolahan sampah, menggunakan sistem "Sanitary

Landfill”, tumpukan sampah dilapisi dengan timbunan tanah, serta terdapat kolam pengolahan “*leachate*” pipa pengendali gas buang, sistem drainase dan lapisan kedap air. (Kartamantul Website, *download date* 10/12/2006).

Seperti umumnya TPA, pada proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindian (*Leachate*). Lindian mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik dan sejumlah bakteri patogen. Hasil survei pendahuluan di TPA Piyungan dilakukan dengan cara menampung lindian ke dalam 2 kolam pengolahan yang terdiri dari kolam penyaringan dan kolam penampungan dengan debit lindian rata-rata dari 3 (tiga) *outlet* sebesar 0,16 liter per detik. (Portal Iptek Website, *download date* 10/12/2006).

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil parameter Cr Total, hal ini dikarenakan kadar logam Cr Total di dalam pemeriksaan yang dilakukan TPA Piyungan menyatakan bahwa kadar Cr Total yang ada sebesar 13.67 mg/l, mengacu pada PP No.82 th. 2001 tentang batas standar minimum kandungan Cr Total yang dapat dibuang ke badan air yaitu 0,05 mg/L, sehingga dilakukan penelitian, yang nantinya dapat diketahui seberapa besar kandungan Cr yang ada di dalam limbah cair TPA Piyungan yang dapat dibuang ke badan air, setelah dilakukan proses pengolahan.

Berdasarkan hasil beberapa kajian yang sejenis tentang sistem *Constructed Wetland* di peroleh hasil efisiensi penyerapan kadar logam Cr oleh tanaman eceng gondok sebesar 27,51 pada konsentrasi 75%. Hasil studi ini diperoleh dari Jurusan Teknik Lingkungan UII, 2007. Penyerapan Cr oleh eceng

gondok pada limbah cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII di dalam sistem *Constructed Wetland* selama waktu detensi 12 hari. (Ria Fapriyanie, 2007).

Dari penelitian yang lain tentang sistem *Constructed Wetlands* yaitu dengan menggunakan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) untuk mengolah industri penyamakan kulit. Diperoleh efisiensi penurunan parameter TSS dan Cr dengan waktu detensi 12 hari adalah TSS 51,85% dan Cr 74,29%. (Ully Andryani, 2004).

Dari penelitian yang lain juga tentang sistem *Constructed Wetlands* dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk mengolah limbah dari Industri Tapioka, diperoleh tingkat efisiensi pengolahan limbah cair selama waktu detensi 10 hari dalam parameter BOD, COD, TSS, dan CN, yaitu sebesar BOD 97,94%, COD 84,35%, TSS 45,62% dan CN 99,87%. (Faisal, 2005).

Dalam lindi tersebut juga mengandung amoniak, timbal, khrom dan mikroba parasit seperti kutu air (*sarcoptes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. 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.

Ada tiga fungsi dasar dari *wetlands* yang menjadikan sistem pengolahan limbah cair 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

- a. Seberapa besar kapasitas serapan eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) terhadap kandungan Cr Total pada limbah cair TPA Piyungan?
- b. Apakah limbah cair TPA Piyungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) ?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta yaitu sistem *Constructed Wetlands* dengan tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*).
2. Pada penelitian ini jenis *reactor wetlands* yang digunakan adalah *Free Water Surface* (FWS).
3. Tanaman yang digunakan berupa tanaman Eceng Gondok dengan berat yang sama.
4. Bahan baku limbah berasal dari TPA Piyungan Yogyakarta.
5. Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah konsentrasi Cr Total.
6. Penelitian ini akan dilakukan dengan skala laboratorium.
7. Konsentrasi limbah pada reaktor dengan variasi 0%,25%,50%,75% dan 100%.
8. Waktu pengujian konsentrasi Cr dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9 dan 12.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengolahan limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta dengan *constructed wetlands* yang menggunakan tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) ini adalah sebagai berikut :

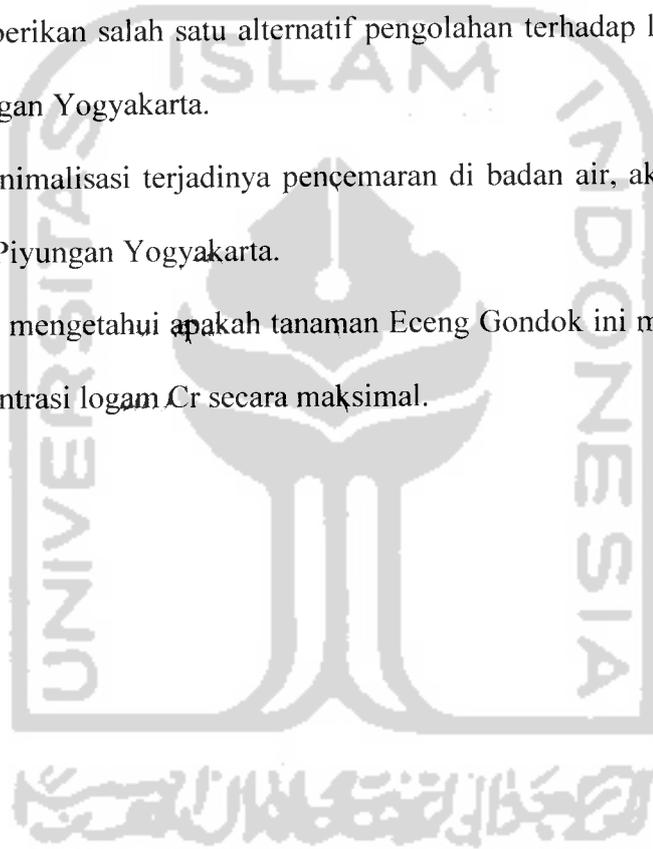
1. Untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap kandungan Cr Total dalam limbah cair TPA Piyungan.

2. Untuk mengetahui apakah limbah cair TPA Piyungan akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok. (*Eichornia Crassipes*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan keilmuan peneliti dalam bidang pengolahan air limbah
2. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta.
3. Meminimalisasi terjadinya pencemaran di badan air, akibat limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta.
4. Dapat mengetahui apakah tanaman Eceng Gondok ini mampu menyerap konsentrasi logam Cr secara maksimal.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem *Constructed Wetland*

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.

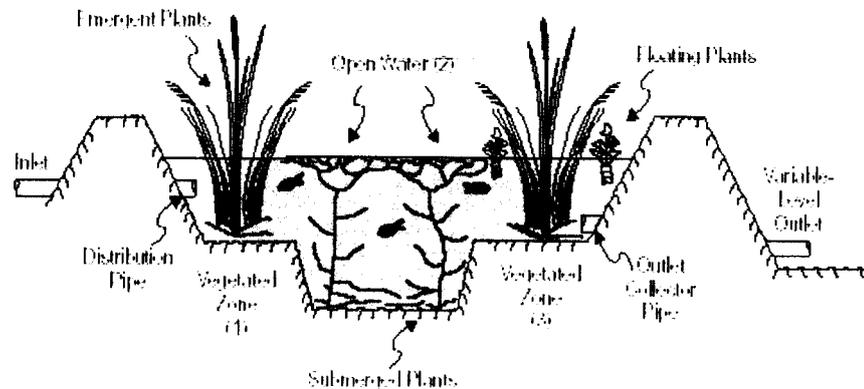
Berdasarkan definisi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

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 substrat untuk tempat hidupnya tanaman air. Pada sistem ini biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail*, *reed*, *seadage*, dan *rush*.

Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

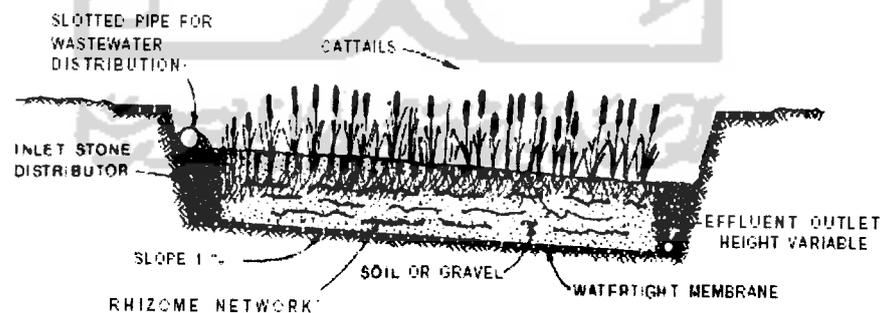
- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)
- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang



Gambar 2.1 *Constructed wetland* tipe FWS

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

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



Gambar 2.2 *Constructed wetland* tipe SSF

2.2. Mekanisme Pengolahan

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

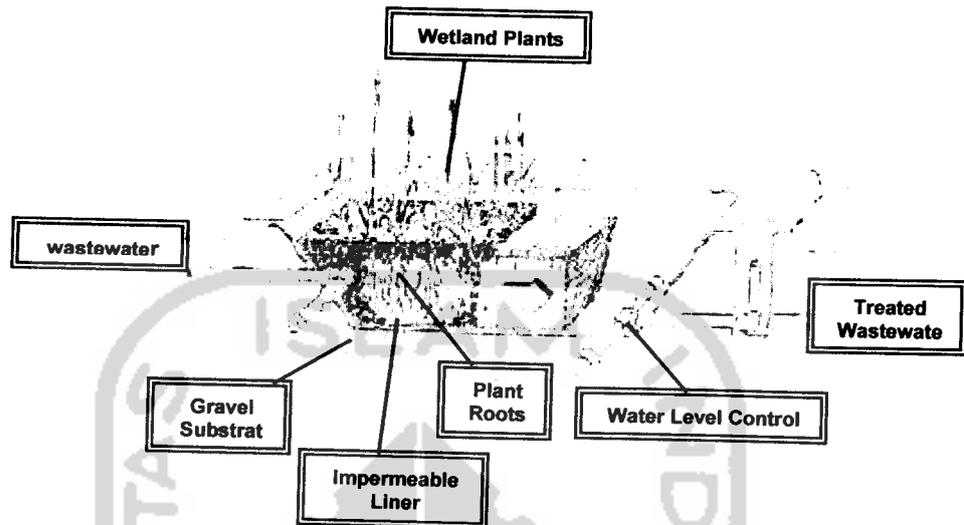
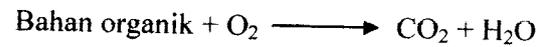
1. *Solid* (padatan)

Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed 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).

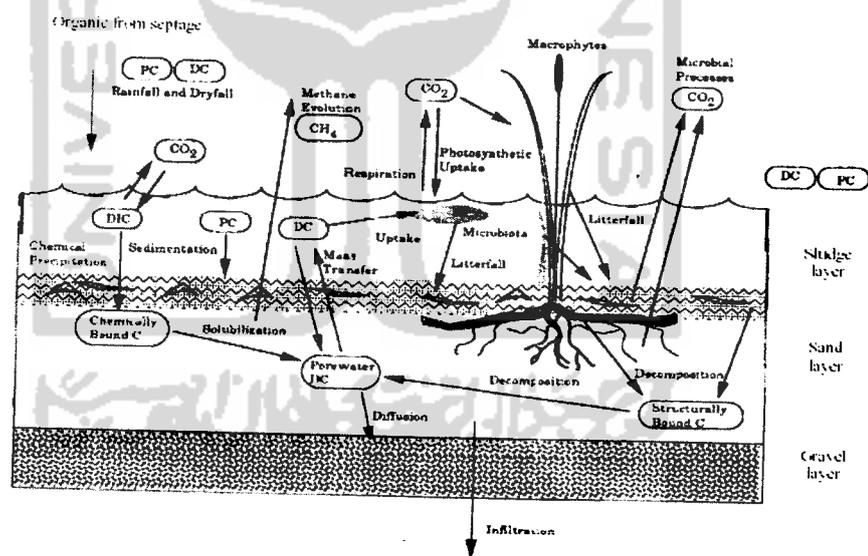
2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetlands*. 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 :



Gambar 2.3 Reaktor Sistem *Constructed Wetland*



Gambar 2.4 Mekanisme penguraian bahan organik pada *Constructed Wetlands* (Kadlec & Knight, 1995)

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 wetland* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20⁰C - 30⁰C (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 :

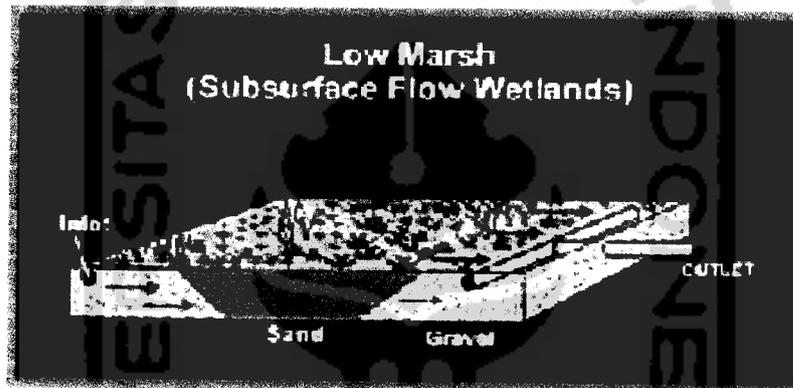
1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Tempat berkembang biaknya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

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.

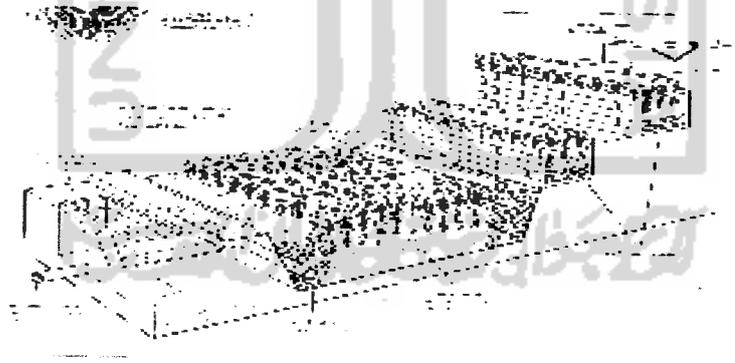
Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *Constructed Wetlands* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

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 2.5 Reaktor Sistem *Constructed Wetlands*



Gambar 2.6 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,1996).

Dengan demikian *fitoremediasi* dapat didefinisikan sebagai : penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, 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

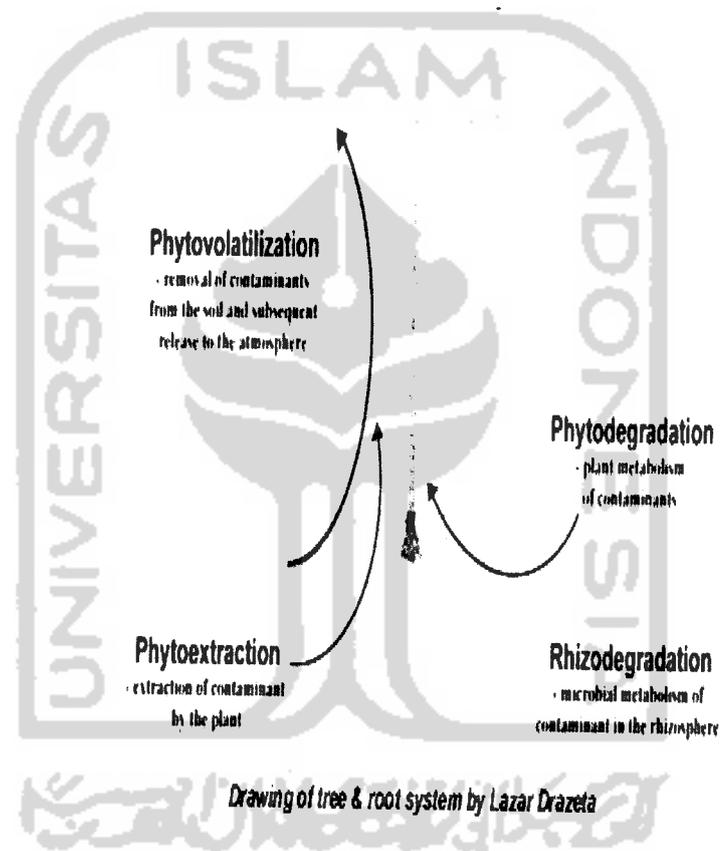
Ini merupakan pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah.

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 2.7 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) dipcairan 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 digunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng Gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering Eceng Gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widianto dan Suselo, 1986). Eceng gondok baik untuk mengolah logam berat tembaga, krom, dan kadmium, tetapi kurang baik digunakan untuk logam timbal dan nikel (El-Gendy, A.S, Biswas, N, Bewtra, J.K).

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, 1985).

b) Daun

Daun eceng gondok tergolong dalam makrofit 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 CO_2 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 di dalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (*xylem dan floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih (Pandey, 1980).

d) Bunga

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung 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 berkembang biak 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 2.8 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 6.5 – 7.5, pH yang baik untuk penyerapan dalam tanaman eceng gondok pada pH 6.5 (El-Gendy, A.S, Biswas, N, Bewtra, J.K)

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 nutrien 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 6,5 – 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 Eceng 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 transpirasi 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 :

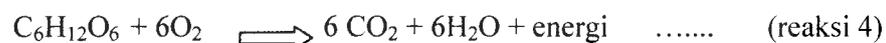


Klorofil

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 sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983 dalam Fapriyanie, 2007), reaksi kimia adalah :



2.4.3. Manfaat Eceng Gondok

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

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

2.4.4. Kerugian Eceng Gondok

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

- Meningkatnya evapotranspirasi.
- Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO: *Dissolved Oxygens*).

- Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
- 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 *hidragyrum* (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 dalam Meri Mayasari, 2007) mengusulkan untuk mengelompokkan logam kedalam tiga 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 kompleksnya 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^{3+} , sedangkan asam lemah seperti, Hg^{2+} 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 akuatis.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar, 1994) :

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

Besarnya bahwa limbah tersebut bersifat racun terhadap badan penerima, unsur kimia ini bervariasi tingkat bahayanya dari daya pencemarnya. (Bowen, 1966 dalam Meri Mayasari, 2007) 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 *oxygen- seeking* metal.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (*sulfur*) atau disebut juga nitrogen/sulfur seeking metal.
- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

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

berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh. Contoh dari logam-logam berat isensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn) dan nikel (Ni).

2.5.3. Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 proses yang berkesinambungan (Baker 1999, dalam Dian Amalia dan Alia Damayanti, 2005) untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut, yaitu :

a. Penyerapan Oleh Akar

Agar tumbuhan dapat menyerap logam , maka logam harus dibawa ke dalam larutan disekitar akar (*Rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya:

- Perubahan Ph
- Ekskresi zat khelat
- Pembentukan reduktase spesifik logam

b. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam di bawa masuk ke dalam sel akan selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu *xylem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yang terikat pada Ni (kramer at al., 1996 dalam Fapriyanie, 2007) dan hitokhelatin-glutatium yang terikat pada Cd (zhu et el.,1999 dalam Fapriyanie, 2007).

c. Lokalisasi logam pada jaringan

Untuk mencegah penurunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar (untuk Cd pada *silene divica*)[Grunt et al.,1998]), trikhoma (untuk Cd [salt et al., 1995]), dan lateks (untuk Ni pada *serberia acuminata* [collins,1999]).

2.5.4. Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok

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

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

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu *xylem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar.

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

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

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

2.6. Cr (Kromium) pada *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 Vagueine 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 limpa dan ginjal serta kanker paru-paru (prangtington,1957 dalam Fapriyanie, 2007).

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

Tabel 2.1. 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 ($^{\circ}C$)	1890
Titik didih ($^{\circ}C$)	2475
Bilangan oksidasi	2,3,6
Potensial elektroda (V)	
$M^{2+} (ag) + 2e \rightarrow M(s)$	-0,56
$M^{3+} (ag) + e \rightarrow M^{2+} (ag)$	-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 dalam Fapriyanie, 2007). 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 (FeOCr_2O_3). Kadang-kadang pada batuan mineral chromite juga ditemukan logam-logam Mg (magnesium), Al (aluminium) dan senyawa SiO_3 (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.

Chrom pada umumnya bisa berbentuk padatan (kristal CrO_2 CrO_3 , larutan uap dan dikromat). Chrom 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 chrom dalam bentuk *trivalen* ini tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk *heksavalen*, namun dikhawatirkan adalah apabila bertemu dengan oksidator yang akan

mengubah chrom *trivalen* menjadi chrom *heksavalen*. Chrom *heksavalen* dari buangan industri terdapat dalam bentuk kromat (CrO_4) dan dikromat (CrO_3) (Martopo, 1990 dalam Fapriyanie, 2007).

2.6.1 Khromium (Cr) Dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada stata 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 batu bara 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 plating*) yang memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan yang mana khromium plating ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi. (Breck, W.G and Brown, R.C, 1997 dalam Fapriyanie, 2007).

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 Cr 51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penanda sel-sel darah-darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar, 1994).

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 aktivitas atau kegiatan diatas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses limbah TPA Piyungan 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 $K_3Cr_2O_7$ 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 ke selaput 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 Analisa 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 dwikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). 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 penanganannya diperlukan zat pereduksi, yaitu dari khrom valensi 6 menjadi valensi 3. Mereduksi khrom 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 pengolahanya 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 yang peka terhadapnya (Elizabeth, M. I., 1992 dalam Fapriyanie, 2007).

Penelitian yg dilakukan oleh Zamzam D, 1990, terdapat kerusakan pada morfologi tanaman eceng gondok parameter kualitatif yang memperlihatkan perbedaan antara kontrol dengan tanaman yang diperlakukan dengan logam Cr, pada kontrol 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 jelas. 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 membran plasma 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 terlampaui 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 biokimiawai 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 essential seperti Cu, Zn, dan Se dan yang non essential seperti Hg, Pb, Cd, Cr, dan As. Terjadi keracunan logam paling sering disebabkan pengaruh pencemaran lingkungan oleh logam berat. Toksisitas logam pada makhluk hidup kebanyakan terjadi karena logam berat non essential saja,

walaupun tidak menutup kemungkinan adanya keracunan logam non esensial yang melebihi dosis (Darmono, 1995).

2.8. Spektrofotometer Serapan Atom

Dalam penelitian ini digunakan pengukuran Spektrofotometer Serapan Atom dengan sistem pengatoman dengan menggunakan nyala api dan campuran bahan bakar 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 nutrien-nutrien logam dan substansi trace organic dari air (Anonymous, 1981 dalam Fapriyanie, 2007).

2.8.1 Analisa 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 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 asetelin.
- 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 "blink" paling tidak dilakukann 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

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 1000 mg/L menjadi 10 mg/L.
- 2) Pipet masing-masing sejumlah larutan diatas (no.1) dan masukkan masing-masing kedalam 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 Cr sesuai dengan petunjuk penggunaan alat.
- 2) Siapkan larutan standar satu per satu ke dalam 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 diatas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

Penentuan Contoh Uji

Penentuan logam terlarut dan logam total adalah sbb :

1) Pengujian Logam Terlarut

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air SK SNI M-02-1989-F.
- b) Saring 100 mL contoh uji secara duplo dengan saringan membran berpori 0,45 μm , air saringan merupakan benda uji.
- c) Masukkan benda uji ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 20 mL
- d) Benda uji siap diuji.

2) Pengujian Logam Total

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Sediakan contoh uji yang diambil sesuai dengan metode pengambilan Contoh Uji Kualitas.
- b) Kocok contoh uji dan ukur 50 mL secara duplo, kemudian masukkan masing-masing ke dalam gelas piala 100 mL.
- c) Tambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15-20 mL.

- d) Tambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji dan panaskan lagi.
- e) Lanjutkan penambahan asam dan pemanasan sampai semua logam larut, atau sampai larutan menjadi bening.
- f) Tambah lagi 2 mL asam nitrat pekat dan panaskan kira-kira 10 menit.
- g) Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya kedalam labu ukur 50 mL, tambahkan air suling sampai tepat tamda tera.
- h) Pindahkan benda uji ke dalam tabung reaksi.
- i) Benda uji siap di uji.

Catatan

- 1) Sebaiknya analisis logam-logam tersebut didalam air dilakukan sebagai logam total. Karena, secara umum kondisi 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 μm . Hal tersebut dilakukan untuk menghindari

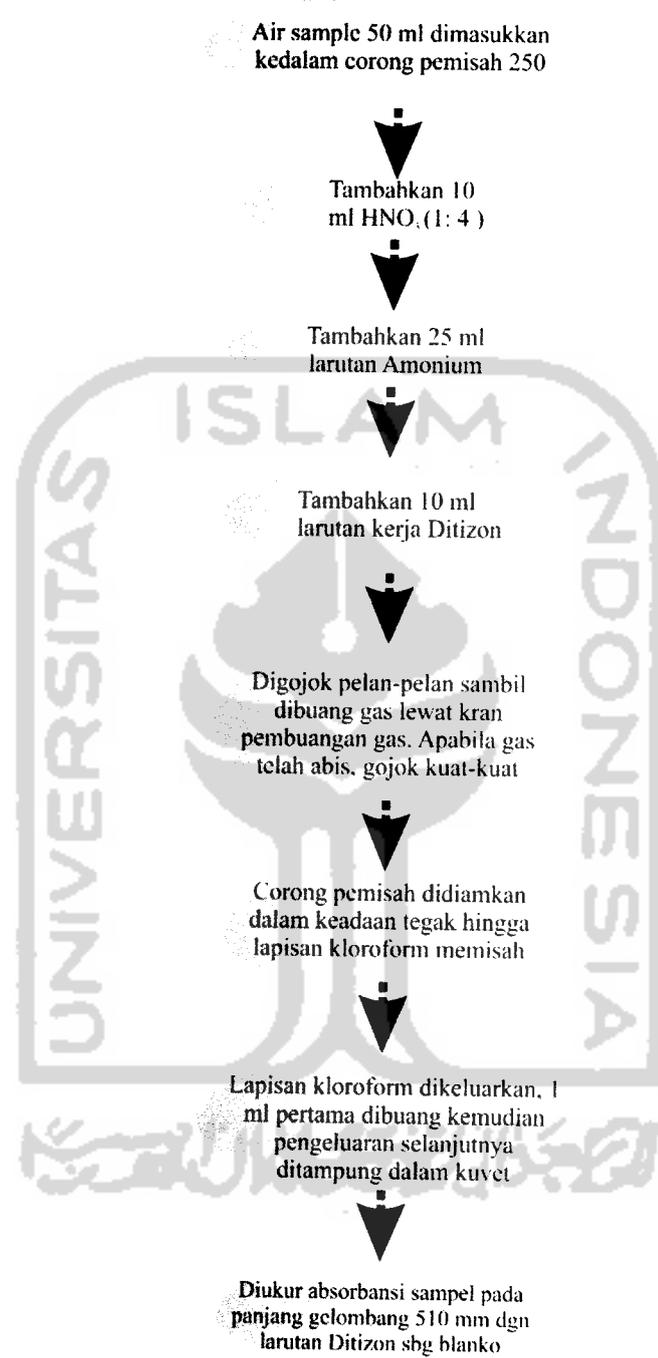
penyumbatan pada saluran aspirator alat SSA, yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan pada alat tersebut.

4. Perhitungan

Hitung kadar logam 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 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 standar, ulangi pengujian dengan menggunakan metode ekstraksi atau metode Tungku karbon.

Pemeriksaan kandungan Cr (krom)



Gambar 2.9 Diagram cara kerja uji kandungan Cr (kromium)

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 effisiensinya adalah :

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

Tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) memiliki syarat untuk 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 nutrien dan energi. Peranan tanaman didalam sistem pengolahan *Constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan organik dalam air limbah cair industri penyamakan kulit menjadi nutrien 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 mikroorganisme 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 mikroorganisme pengurai limbah.

- 3) Penelitian yang dilakukan oleh Widyanto dan Susilo (1986) 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 Satroustomo (1991) 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 Xiaomei Lu dkk (2003) tentang phytoremediasi dengan menggunakan eceng gondok untuk menurunkan kadmium (Cd) dan seng (Zn). Penelitian menunjukkan pertambahan konsentrasi logam yang paling tinggi di akar (2044 mg/kg) untuk Cd, sedangkan untuk logam Zn konsentrasi logam yang paling tinggi di akar (9652.1 mg/kg). Penelitian dilakukan dengan menggunakan waktu detensi sampai 12 hari.
- 6) Penelitian yang dilakukan oleh Baiq Diana (2006) dilakukan pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman kangkung air ternyata mampu menurunkan konsentrasi kandungan limbah pada pabrik tahu selama 12 hari, pada konsentrasi 100% kadar BOD₅ sebesar 32.25%, sedangkan nitrat sebesar 35%, dan total fosfat sebesar 96.86%.
- 7) Penelitian yang dilakukan oleh Irma Tania (2006) dilakukan pengolahan dengan memanfaatkan tanaman kiapo untuk menurunkan parameter TSS, Cr, Cr dalam lumpur, dan pH dengan menggunakan *constructed wetlands* untuk mengolah limbah cair industri penyamakan kulit dapat mengolah limbah dengan efisiensi pada hari ke-12 adalah TSS sebesar 51.85%, dan Cr sebesar 74.29%.
- 8) Penelitian yang dilakukan oleh Noor Kumalasari (2005), penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN dari limbah cair tapioka dengan *constructed wetlands* menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea Aquatica*) dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tapioka dengan efisiensi pada hari ke-10 adalah BOD sebesar 87.99%, COD sebesar

85.37%, TSS sebesar 80.65% dan CN sebesar 99.91%. Tanaman kangkung air berperan dalam penurunan konsentrasi tersebut.

- 9) Penelitian yang dilakukan oleh M. Arnis Fauzi (2006) dengan menggunakan tanaman kangkung air pada sistem *constructed wetlands* yang digunakan untuk mengolah limbah cair pabrik tahu menunjukkan peningkatan penyerapan dengan meningkatnya berat nitrat dan fosfat yang terdapat pada 1 gr berat kangkung sampai hari ke-12 adalah nitrat sebesar 0.099 mg/gr, dan fosfat sebesar 0.033 mg/gr.
- 10) Penelitian yang dilakukan oleh Dian Amalia dan Alia Damayanti (2005), menggunakan tanaman eceng gondok untuk menurunkan kandungan Cr^{6+} pada air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik, kecuali pada konsentrasi terbesar.

2.10. Lindi (*Leacheate*)

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah merupakan sesuatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan serta lingkungan, dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. (UU RI.No.23/97,1997 pasal 1).

Setiap harinya sekitar 300 rit atau truk ukuran besar pengangkut sampah masuk di lokasi TPA Piyungan, dan sekitar 250 – 270 sit adalah sampah-sampah yang berasal dari kota. Hal ini dapat dimaklumi karena kota penuh dengan pasar,

hotel, mall dan permukiman padat penduduk sehingga tidak menyisakan lahan untuk pembuangan sampah. Jika petugas pengangkut sampah di Kabupaten Bantul dan Sleman bekerja sesuai dengan jam kerja (pagi-sore) petugas dari kota 24 jam harus *stand by* membawa sampah ke TPA.

Volume sampah setiap tahun yang didrop ke TPA Piyungan dari ketiga daerah itu memang beragam. Dari Kota Yogyakarta sebanyak 122.732 ton atau 79,87 persen dengan kontribusi Rp 1.035.636.080, Kabupaten Sleman 20.668 ton atau 13,45 persen dengan kontribusi Rp 174.399.716 dan Kabupaten Bantul 10.265 ton atau 6,68 persen dengan kontribusi Rp 86.616.364.

Fasilitas di TPA Piyungan itu dibangun atas hibah dari pemerintah pusat melalui Proyek Lingkungan Permukiman (PLP) Direktorat Penyehatan Lingkungan Dirjen Ciptakarya dan selesai dibangun Agustus 1995 dan beroperasi Januari 1996. Sebagian alat berat yang diperlukan untuk operasi TPA Piyungan dibeli dengan hibah dari Pemerintah Swiss melalui *Swiss Agency for Development and Cooperation* (SDC).

Pada musim kemarau seperti sekarang ini memang tak akan terjadi luapan air lindi. Namun pada musim hujan air lindi memang sering meluap karena kapasitas bak penampung tak mampu menampung. Sementara permasalahan yang timbul, terutama pencemaran udara, air tanah dan air permukaan. Bau tak sedap setiap hari muncul sekitar pukul 19.00 – 21.00. Hal itu disebabkan oleh timbunan sampah yang belum diolah meski sistem *sanitary landfill* mensyaratkan sampah yang dibuang harus dipadatkan untuk kemudian ditutup tanah setiap hari.

Sehingga dari data anggaran biaya TPA sampah Piyungan di Bappeda Bantul menunjukkan bahwa jumlah belanja untuk pengadaan urug adalah yang paling besar. Untuk kebutuhan ini setiap tahun membutuhkan biaya Rp 394.200.000. Sedangkan biaya lain yang cukup besar adalah pemeliharaan alat-alat berat disusun kemudian upah pekerja harian lepas yang mencapai Rp 128,115 juta.

Sedangkan pencemaran air tanah yang juga disebabkan timbunan sampah yang belum diolah, memang harus dilakukan pengecekan lebih teliti. Ceking tersebut harus dilakukan melalui sumur-sumur pantau yang ada di sekitar TPA Piyungan. Untuk pencemaran air permukaan lebih disebabkan oleh limpahan air hujan yang masuk ke dalam sistem pengolahan air lindi. Indikasi dari pencemaran ini adalah timbulnya bau tidak sedap dan perubahan warna (*discoloration*) air yang mengalir melalui anak Kali Opak.

Limbah yang digunakan dalam *Contracted Wetlands* adalah limbah yang berasal dari TPA Piyungan yang merupakan hasil dari aktifitas yang dilakukan masyarakat di Yogyakarta dan sekitarnya, dimana sebagian besar masyarakat tersebut menggunakan bahan-bahan yang berbahaya bagi lingkungan apabila limbah yang dihasilkan tidak diolah terlebih dahulu. Limbah tersebut mengandung berbagai zat organik dan logam, diantaranya logam Cr (Kromium).

Seperti umumnya TPA, pada proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindian (*Leachate*). Lindian mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik dan sejumlah bakteri patogen, dalam lindi tersebut mengandung Amoniak, Timbal dan

mikroba parasit seperti kutu air (*Sarcoptes sp*) yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. Dengan demikian, buangan lindi ini mempunyai potensi menimbulkan pencemaran. Sedangkan, lindi yang berwarna keruh, antara lain mengandung logam berat, BOD dan Amoniak yang tinggi melebihi Baku Mutu Limbah Cair sehingga dapat mencemari sungai.

Secara lebih lengkap mengenai karakteristik lindi dari TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Limbah cair (*Lindi*) TPA Piyungan Yogyakarta

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yg diperbolehkan	Metode uji	Hasil Pemeriksaan
A. Fisika				
Zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	2000	Gravimetri	5245
Temperatur	°C	30	Pemuaian	30.1
Zat padat tersuspensi (TDS)	Mg/l	200	Spektofotometri	179
Air Raksa	Mg/l	0.002	AAS	ttd
Arsen	Mg/l	0.1	Spektofotometri	ttd
Barium	Mg/l	2	AAS	0.089
Kadmium	Mg/l	0.05	AAS	ttd
Kromium (vol 6)	Mg/l	0.1	Spektofotometri	4.675
Tembaga	Mg/l	2	AAS	0.86
Sianida	Mg/l	0.05	Spektofotometri	ttd
Florida	Mg/l	2	Spektofotometri	ttd
Timbal	Mg/l	0.1	Spektofotometri	<0.5
Nikel	Mg/l	0.2	AAS	0.1932
Nitrat	Mg/l	20	Spektofotometri	1.5436
Nitrit	Mg/l	1	Spektofotometri	0.3835
Ammonia	Mg/l	1	Spektofotometri	10
Besi	Mg/l	5	Spektofotometri	11.8
Mangan	Mg/l	2	Spektofotometri	3.45
Sulfida	Mg/l	0.05	Spektofotometri	-
Klorrin bebas	Mg/l	1	Gravimetri	ttd
Seng	Mg/l	5	AAS	4.1
Krom Total	Mg/l	0.5	Spektofotometri	13.67
BOD	Mg/l	50	Titrimetri	6.895
COD ₅	Mg/l	100	Titrimetri	11961
phenol	Mg/l	0.5	Spektofotometri	2.945
Cobalt	Mg/l	0.4	AAS	0.29

(sumber : TPA Piyungan 11 Juli 2006)

2.11. Hipotesis

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

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



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel dilaksanakan pada TPA Piyungan yang terletak di dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul Yogyakarta pada inlet bak penampung pertama lindi (leachate) sedangkan analisa sampel dilakukan di halaman laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UII, Sleman, Yogyakarta dan pengujian sampel dilakukan di Badan Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL) Yogyakarta.

3.2. Jenis Penelitian

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

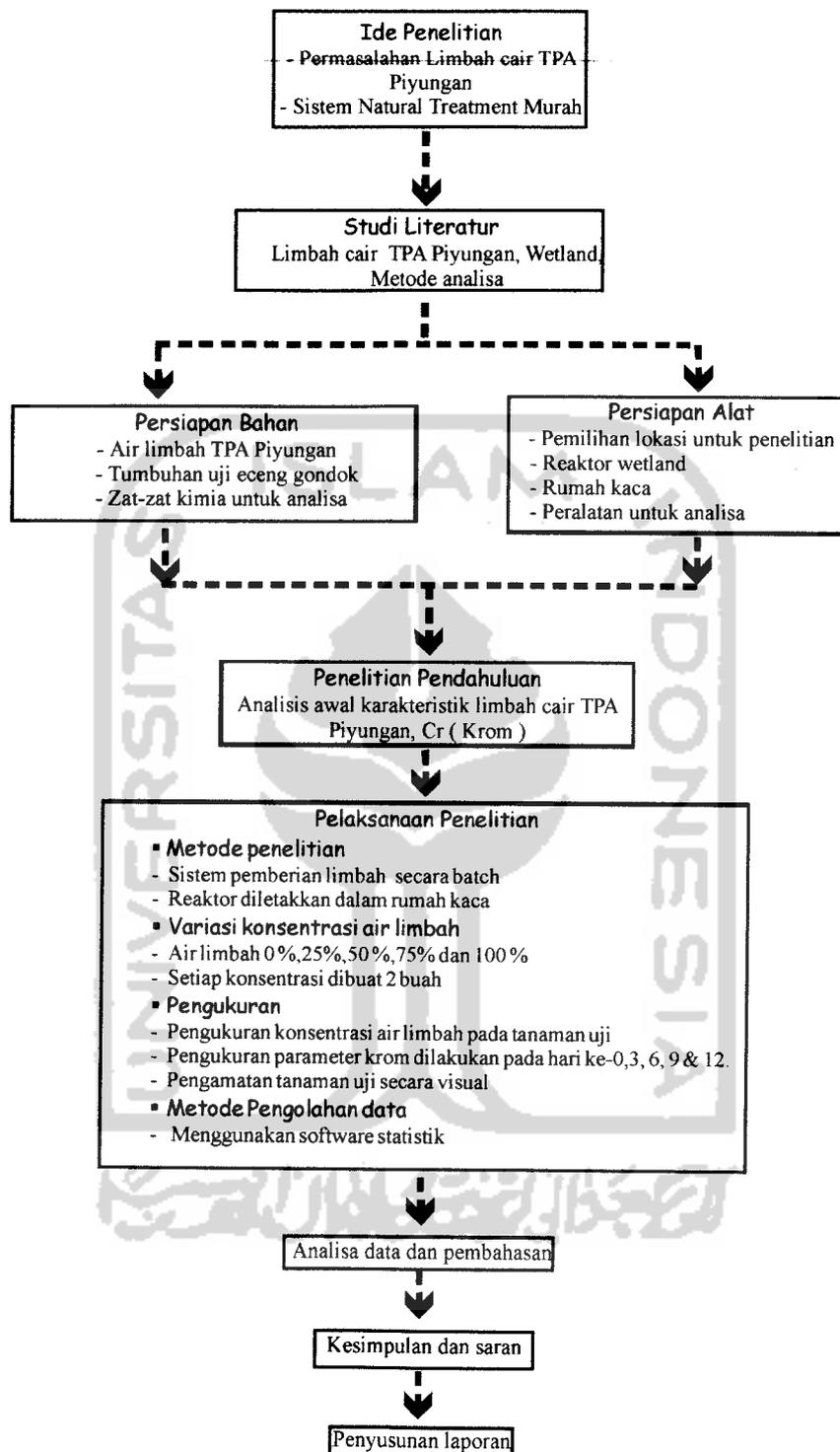
3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan di mulai dari bulan Desember – Juni 2007 yang terdiri dari tahap persiapan penelitian, destilasi tanaman eceng gondok , pembuatan reaktor, penanaman eceng gondok dalam reaktor, pengambilan sampel air limbah pada tiap-tiap reaktor, dari tahapan-tahapan diatas dilakukan pada bulan Desember, sedangkan proses penelitian dilakukan pada bulan januari dan pemeriksaan di laboratorium, analisa data dan penyusunan laporan dilakukan pada bulan Februari – Juni 2007.

3.4 Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat dalam gambar di bawah ini:





Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.5. Desain Constructed Wetlands

Pembuatan reactor *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 dengan ketinggian kondisional, dimana air tersebut merupakan pencampuran antara air dengan limbah. Penelitian ini dilakukan di dalam rumah tanaman.

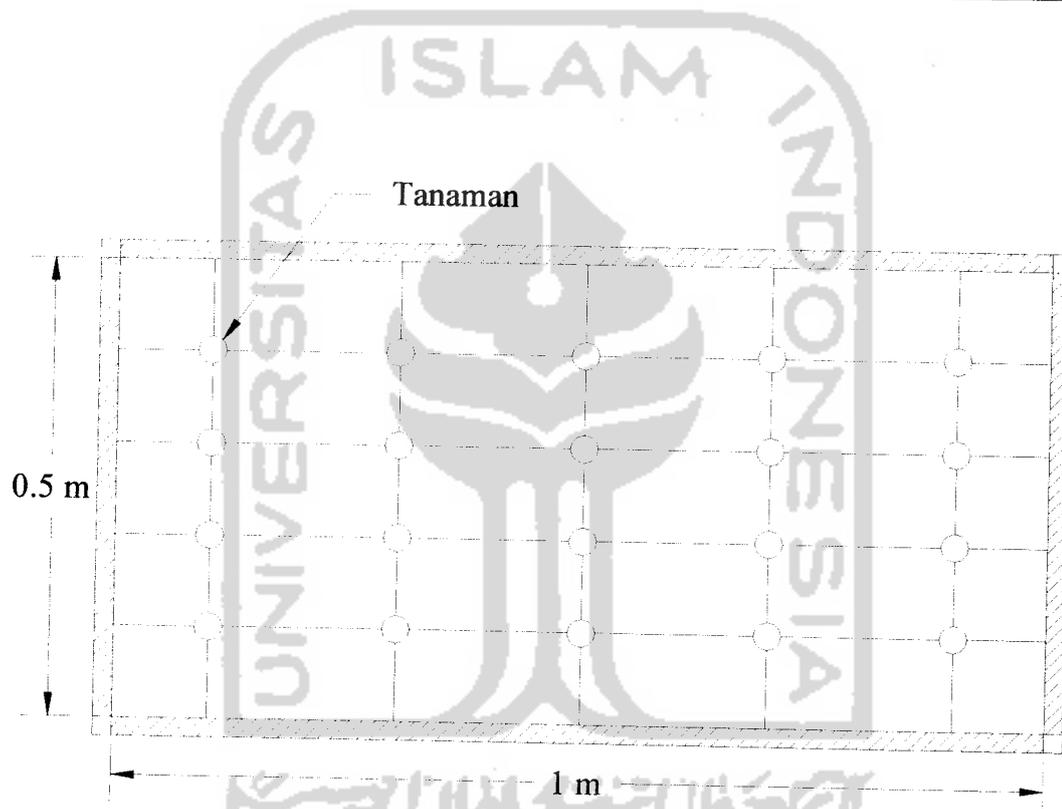
b. Dimensi Reaktor

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.

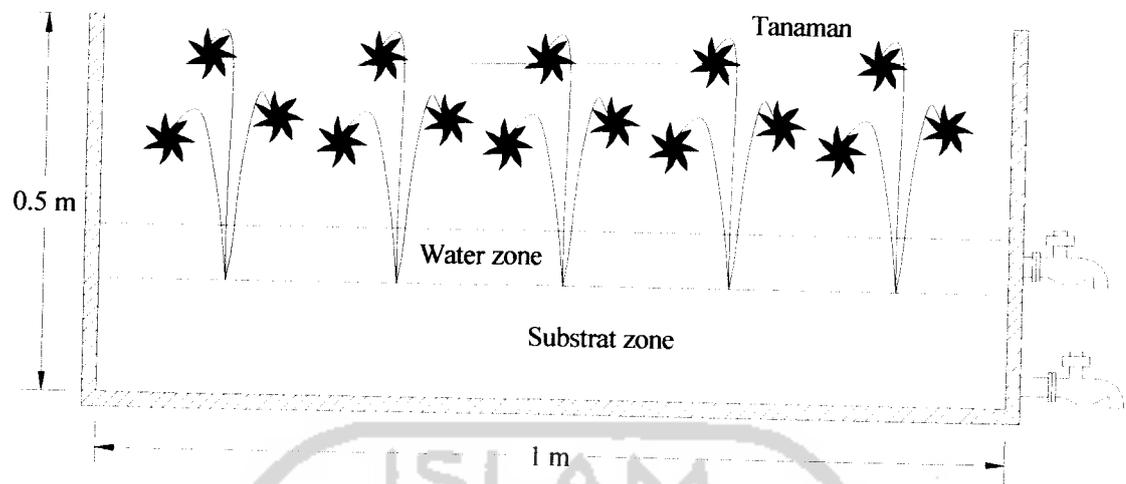
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch Constructed Wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Kriteria Desain Reaktor

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



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 *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah cair TPA Piyungan, 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 ledeng. 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	80	0
2	75	75	60	20
3	50	50	40	40
4	25	25	20	60
5	0	0	0	80

3.6.2 Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diperoleh dari daerah Maguwo Sleman, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan tanaman eceng gondok 100 gram per satu batangnya, pemisalan ini dimaksudkan agar menggunakan eceng gondok yang memiliki berat yang sama. 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 Pengambilan Sampling

Pengambilan sampling meliputi :

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

3.6.5 Destruksi

Pada analisis dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), cuplikan harus dalam bentuk larutan. Apabila cuplikan berbentuk padatan agar dapat dianalisis maka dilakukan destruksi basah atau kering.

3.6.6 Spektrofotometer Serapan Atom

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

3.9. Metode Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat penyerapan dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat penyerapan) 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
- $\alpha < 0,05$ maka ditolak



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Khrom merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya di lingkungan membahayakan manusia. Salah satunya adalah keberadaan khrom di dalam badan air(sungai). Parameter air baku/air limbah yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar khrom (Cr Total), air limbah yang berasal dari air limbah TPA Piyungan, Yogyakarta.

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Konsentrasi awal Logam Cr Total dalam Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan dan Tanaman Eceng Gondok

Hasil pengujian awal terhadap seluruh parameter yang akan diamati yaitu khrom pada limbah cair TPA Piyungan yang berasal dari seluruh aktifitas tempat pembuangan yang menghasilkan limbah cair, yang mana konsentrasi awal logam Cr Total ini adalah 0.5721 mg/L lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Parameter Awal Cr Total

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/L)	Metode
1	0%	0.0007	0.014	AAS
2	25%	0.0010	0.043	AAS
3	50%	0.0022	0.1719	AAS
4	75%	0.0030	0.2517	AAS
5	100%	0.0062	0.5721	AAS

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan dari kualitas I TPA Piyungan untuk parameter Cr Total belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih dibawah standar yaitu 0,05 mg/L dari PP No.82 th. 2001.

Tanaman eceng gondok diambil dari daerah Maguwo Sleman, dalam penelitian ini eceng gondok ditanam pada reaktor yang mana masing-masing reaktor terdapat sekitar 14 eceng gondok yang berat panjang serta ukurannya diperkirakan sama, ini dikarenakan agar dalam proses penyerapan tanaman bisa mempunyai kemampuan yang sama. Tanaman eceng gondok tersebut dibiarkan beradaptasi dengan lingkungannya selama 3 hari (sterilisasi). Untuk mengetahui konsentrasi khrom 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	0.0016	0.109	AAS
2	Daun	0.0008	0.027	AAS

Sumber : Data primer 2007

Penelitian ini dilakukan selama 12 hari dimana pengamatan dilakukan setiap hari, akan tetapi untuk pengambilan sampelnya dilakukan selang 3 hari, ini bertujuan untuk bisa lebih mengetahui perbandingan penyerapannya yang lebih baik. Adapun konsentrasi limbah yang berbeda-beda yaitu konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Untuk mengetahui konsentrasi Cr Total pada tanaman eceng gondok baik pada akar dan daun dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini:

4.1.2 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Limbah cair TPA Piyungan Setelah Perlakuan

Berikut ditampilkan hasil dari pengujian kandungan Cr Total Limbah cair TPA Piyungan selama 12 hari penelitian pada akar tanaman eceng gondok.

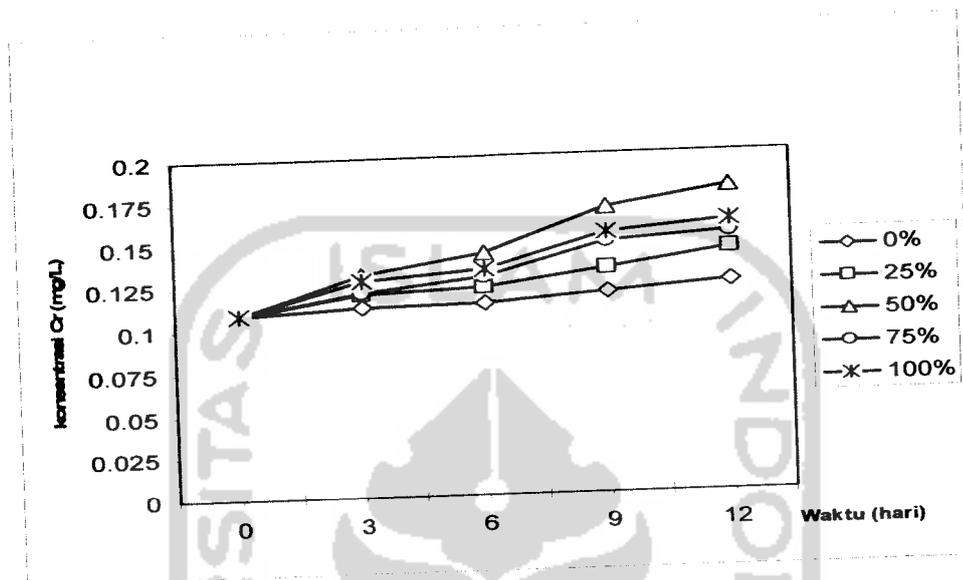
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Akar	hari ke 0		hari ke 3		hari ke 6		hari ke 9		hari ke 12	
	Cr		Cr		Cr		Cr		Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.109	-	0.1123	0.1131	0.1130	0.1123	0.1185	0.1194	0.1236	0.1229
25%	0.109	-	0.1196	0.1189	0.1227	0.1235	0.1318	0.1325	0.1427	0.1421
50%	0.109	-	0.1309	0.1316	0.1423	0.1415	0.1679	0.1671	0.1792	0.1798
75%	0.109	-	0.1211	0.1218	0.1285	0.1278	0.1478	0.1469	0.1524	0.1531
100%	0.109	-	0.1278	0.1268	0.1329	0.1335	0.1531	0.1539	0.1589	0.1597

Sumber : Data primer 2007

Dapat dilihat bahwa kandungan Cr Total pada akar tanaman eceng gondok mengalami kenaikan dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-12. Setiap reaktor variasi konsentrasi limbah memiliki kemampuan daya serap akar tanaman terhadap kandungan logam khromium total yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan bahwa logam Cr dapat diserap oleh akar tanaman eceng gondok.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan antara penyerapan kandungan khrom dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Dapat dilihat pada Grafik 4.1 konsentrasi logam Cr Total dalam akar dari hari ke-0 sampai hari ke-12 mengalami kenaikan setiap konsentrasinya. Konsentrasi Cr Total terbesar pada konsentrasi 50% dan kandungan Cr Total terkecil pada konsentrasi 0%. Untuk konsentrasi 50% mengalami kenaikan yang stabil dan konsentrasi Cr Total paling besar dari konsentrasi lainnya. Ini disebabkan semakin besar kandungan logam Cr Total semakin besar pula logam Cr Total yang diserap oleh akar. Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel yaitu secara osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Jadi jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar terkandung pada

jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tanaman eceng gondok, berarti semakin banyak ion-ion logam tersebut masuk ke dalam tubuh tanaman (Supradata,1992 dalam Fapriyanie, 2007).

Semakin lama eceng gondok ditanam, semakin banyak logam yang terserap sehingga yang tersisa dalam media tanam semakin kecil. Apabila konsentrasi logam yang tersedia semakin kecil, maka yang terserap lebih kecil menyebabkan kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam Cr Total terbatas. Peningkatan konsentrasi logam Cr Total yang semakin tinggi menyebabkan toksisitas pada tanaman eceng gondok mampu menyerap logam berat lebih tinggi pada hari yang ke-12.

Pada Tabel 4.4 di bawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan konsentrasi Cr Total pada daun tanaman eceng gondok pada reaktor dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :

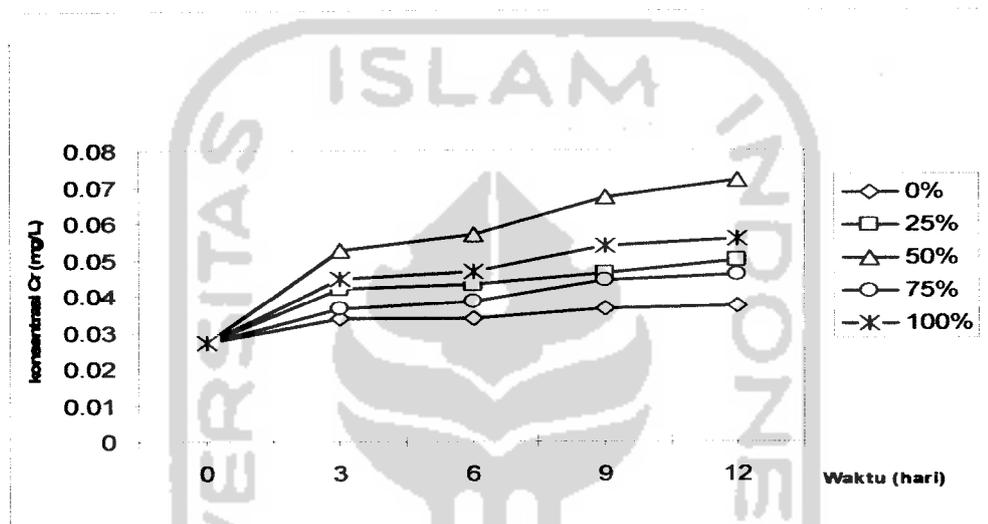
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kandungan Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

Daun	hari ke 0		hari ke 3		hari ke 6		hari ke 9		hari ke 12	
	Cr		Cr		Cr		Cr		Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0.0269	-	0.0337	0.0342	0.0339	0.0332	0.0366	0.0372	0.0371	0.0379
25%	0.0269	-	0.0419	0.0425	0.0429	0.0421	0.0461	0.0453	0.0499	0.0503
50%	0.0269	-	0.0524	0.0517	0.0569	0.0573	0.0672	0.0681	0.0717	0.0722
75%	0.0269	-	0.0363	0.0371	0.0386	0.0392	0.0443	0.0438	0.0457	0.0461
100%	0.0269	-	0.0447	0.0454	0.0465	0.0472	0.0536	0.0543	0.0556	0.0563

Sumber : Data primer 2007

Dapat dilihat bahwa kandungan Cr Total pada daun tanaman eceng gondok mengalami kenaikan dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-12. dapat di simpulkan bahwa logam Cr dapat diserap oleh daun tanaman eceng gondok.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dibuat grafik hubungan antara penyerapan kandungan Cr Total dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan variasi waktu kontak 0, 3, 6, 9 dan 12 hari sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Daun Tanaman Eceng

Dari Gambar 4.1 dan 4.2 dapat diketahui bahwa penyerapan kandungan Cr Total terbesar dari akar dan daun tanaman eceng gondok terjadi pada konsentrasi 50% pada hari ke-12. Penyerapan oleh akar dan daun dengan konsentrasi 50% mengalami serapan logam Cr Total dengan stabil. Hal ini dikarenakan semakin besar kandungan logam Cr Total semakin besar pula logam Cr Total yang diserap oleh akar dan daun tanaman eceng gondok. Penyerapan pada konsentrasi 75% dan 100% mengalami kejenuhan pada tanaman sehingga kemampuan tanaman eceng

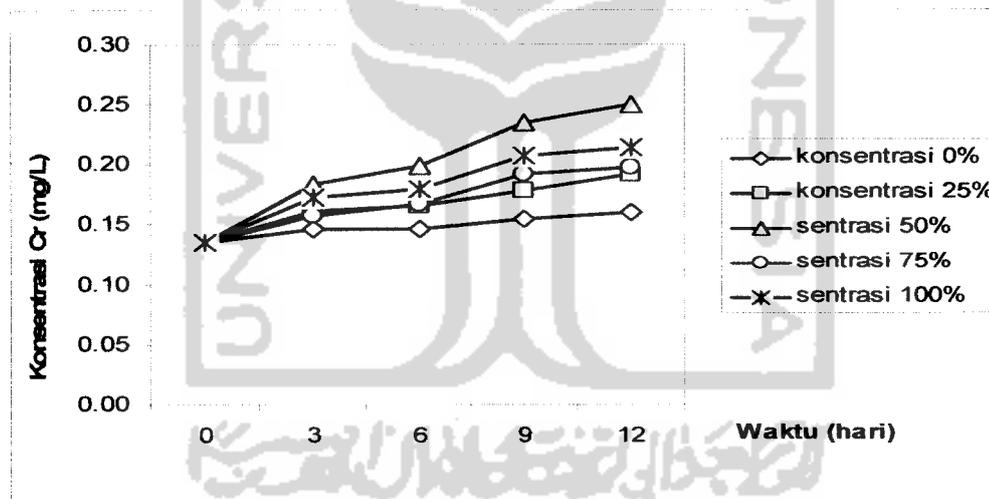
gondok menyerap logam Cr Total menurun yang disebabkan pengaruh konsentrasi limbah yang terlalu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik.

Tabel 4.5 Konsentrasi Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0.1359	0.1460	0.1469	0.1551	0.1607
25%	0.1359	0.1615	0.1656	0.1779	0.1926
50%	0.1359	0.1833	0.1992	0.2351	0.2509
75%	0.1359	0.1574	0.1671	0.1921	0.1981
100%	0.1359	0.1725	0.1794	0.2067	0.2145

Sumber : Data primer 2007

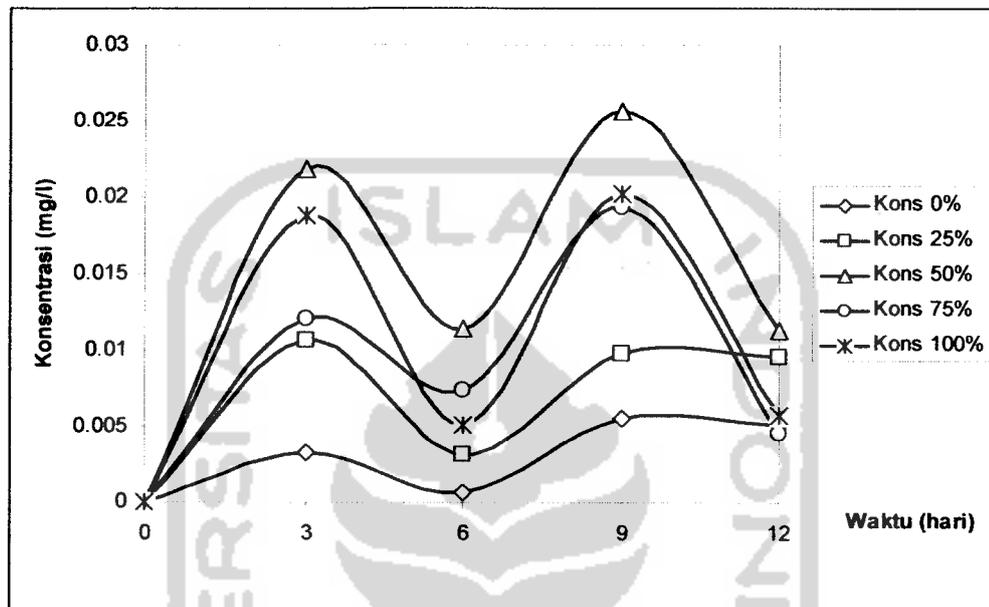
Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik konsentrasi Cr Total baik pada akar maupun pada daun oleh tanaman eceng gondok yang didapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Penyerapan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Pada Tanaman Eceng Gondok

Dapat dilihat dari Gambar 4.3 di atas daya serap total tanaman eceng gondok tidak sama antara satu konsentrasi dengan konsentrasi yang lainnya.

Dari Tabel 4.6 di atas menunjukkan akar tanaman eceng gondok mampu menyerap logam Cr Total maksimal 0,0256 mg/l pada konsentrasi limbah 50%. Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan akar eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.4 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.4 di atas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh akar tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 akar tanaman eceng gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0033 mg/L , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0106 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0219 mg/l pada konsentrasi limbah 75% sebesar 0.0121 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0188 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan terbesar hari ke-9 pada konsentrasi 50%.

Tanaman eceng gondok ada saatnya mengalami kejenuhan untuk menyerap limbah, dan pada saat tanaman itu mengalami kejenuhan kemudian tumbuh tunas-tunas baru sehingga dengan adanya tunas-tunas baru tersebut tanaman dapat menyerap dengan baik kembali. Hal ini dapat dilihat dari gambar di atas ditunjukkan dengan grafik yang turun naik, hal ini disebabkan karena pada hari ke-6 tanaman mengalami kejenuhan untuk menyerap limbah, dan pada saat tanaman mengalami kejenuhan kemudian tumbuh tunas-tunas baru, ditandakan pada hari ke-9 tanaman kembali menyerap limbah dengan baik karena adanya tunas-tunas baru. Dan pada hari ke-12 tanaman kembali mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menyerap secara maksimal.

4.2.2 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Daun Eceng Gondok

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

Tabel 4.8 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/l)

Daun	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.0068	0.0007	0.0027	0.0005
Konsentrasi 25%	0	0.0150	0.0031	0.0040	0.0038
Konsentrasi 50%	0	0.0255	0.0114	0.0102	0.0045
Konsentrasi 75%	0	0.0094	0.0074	0.0058	0.0014
Konsentrasi 100%	0	0.0178	0.0051	0.0071	0.0020

Sumber : Data primer 2007

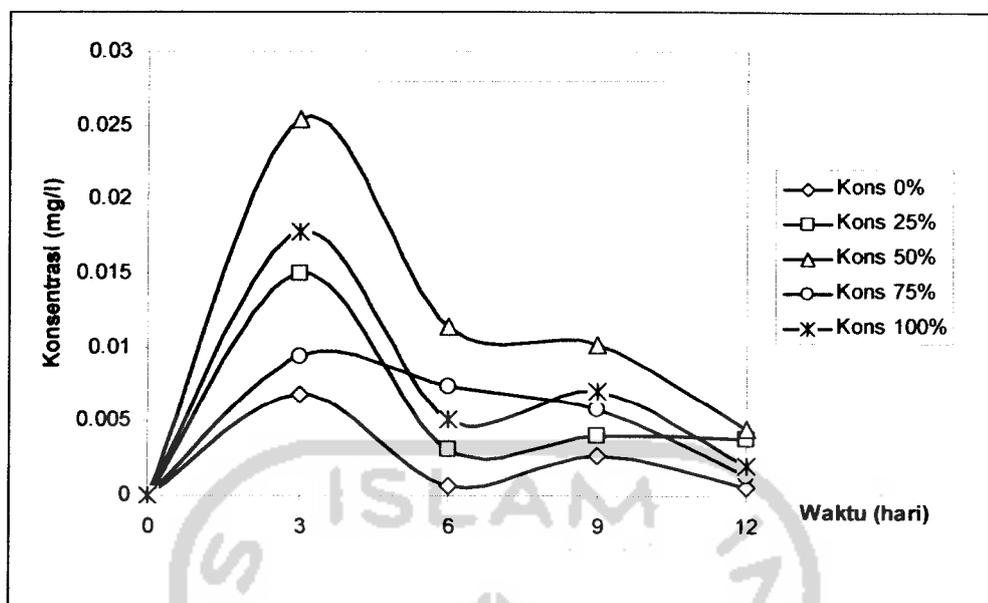
Tabel 4.9 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/g)

Daun	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/g)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
Konsentrasi 0%	0	0.000057	0.000006	0.000022	0.000004
Konsentrasi 25%	0	0.000125	0.000026	0.000034	0.000032
Konsentrasi 50%	0	0.000212	0.000095	0.000085	0.000038
Konsentrasi 75%	0	0.000079	0.000062	0.000048	0.000012
Konsentrasi 100%	0	0.000149	0.000042	0.000059	0.000017

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.8 di atas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh daun tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 daun tanaman eceng gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0068 mg/L, pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0150 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0255 mg/L pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.0094 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0178 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan daun terbesar hari ke-3 pada konsentrasi 50%.

Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan daun eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.5 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

4.2.3 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

Berikut ini adalah tabel tingkat penyerapan tanaman (akar dan daun) eceng gondok secara keseluruhan dalam menyerap kandungan logam pada setiap variasi waktu pengambilan sampel.

Tabel 4.10 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/l)

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	0.0101	0.0014	0.0081	0.0056
konsentrasi 25%	0	0.0256	0.0062	0.0138	0.0134
konsentrasi 50%	0	0.0474	0.0228	0.0358	0.0158
konsentrasi 75%	0	0.0215	0.0148	0.0251	0.0060
konsentrasi 100%	0	0.0366	0.0102	0.0273	0.0078

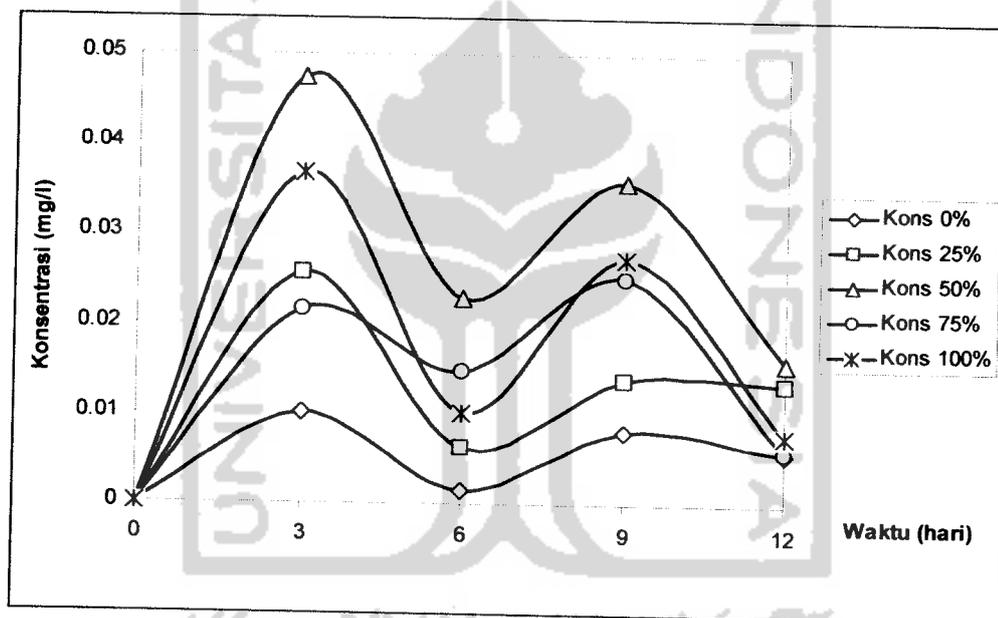
Sumber : Data primer 2007

Tabel 4.11 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Dalam (mg/g)

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/g)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
konsentrasi 0%	0	0.000084	0.000012	0.000068	0.000047
konsentrasi 25%	0	0.000213	0.000052	0.000115	0.000112
konsentrasi 50%	0	0.000395	0.000190	0.000299	0.000132
konsentrasi 75%	0	0.000179	0.000123	0.000209	0.000050
konsentrasi 100%	0	0.000305	0.000085	0.000227	0.000065

Sumber : Data primer 2007

Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penyerapan total tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.6 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok

Hasil analisis pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa tingkat penyerapan tanaman eceng gondok logam khromium (Cr) total mengalami penyerapan kenaikan dan penurunan. Dari Gambar 4.6 diatas dapat dilihat tingkat penyerapan oleh tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 akar tanaman eceng

gondok mampu menyerap limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0101 mg/L , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0256 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0474 mg/l pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.0215 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0366 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan terbesar hari ke-3 pada konsentrasi 50%, dimana tanaman eceng gondok mengalami adaptasi dan mulai menyerap kandungan logam khromium total.

Tanaman eceng gondok ada saatnya mengalami kejenuhan untuk menyerap limbah, dan pada saat tanaman itu mengalami kejenuhan kemudian tumbuh tunas-tunas baru sehingga dengan adanya tunas-tunas baru tersebut tanaman dapat menyerap dengan baik kembali. Hal ini dapat dilihat dari gambar di atas ditunjukkan dengan grafik yang turun naik, hal ini disebabkan karena pada hari ke-6 tanaman mengalami kejenuhan untuk menyerap limbah, dan pada saat tanaman mengalami kejenuhan kemudian tumbuh tunas-tunas baru, ditandakan pada hari ke-9 tanaman kembali menyerap limbah dengan baik karena adanya tunas-tunas baru. Dan pada hari ke-12 tanaman kembali mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menyerap secara maksimal.

Tabel 4.12 Hasil Penyerapan Logam Cr Total Pada Akar dan Daun Tanaman Eceng Gondok Di Hari Ke-12

Konsentrasi Limbah	Serapan terhadap logam Cr Total (mg/L)	
	Akar	Daun
0%	0.1236	0.0371
25%	0.1427	0.0499
50%	0.1792	0.0717
75%	0.1524	0.0457
100%	0.1589	0.0556

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cr Total pada akar lebih tinggi dibandingkan dengan daun. Hal ini disebabkan karena akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam Cr Total dan akar melalui bulu akar akan ditransport menuju daun melalui pembuluh kayu (*xylem*) (Dwidjoseputro, 1986 dalam Fapriyanie, 2007) kemudian untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, tumbuhan melakukan detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Collins, 1999 dalam Fapriyanie, 2007). Akumulasi ion toksik pada akar jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian pucuk (Loveless, 1987 dalam Fapriyanie, 2007). Di dalam fitoremediasi tanaman eceng gondok termasuk dalam golongan tumbuhan rizofiltrasi. Fitoremediasi berarti penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Dimana rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Sehingga logam Cr Total yang terserap oleh tanaman eceng gondok cenderung terakumulasi di akar.

4.2.4 Analisa Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penurunan Kandungan Logam Cr Total Pada Limbah

Dari Tabel 4.10 di atas dapat diketahui tingkat penyerapan logam khromium (Cr) total oleh tanaman eceng gondok, maka dapat kita bandingkan dengan penelitian mengenai penurunan kandungan logam khromium (Cr) total itu

sendiri pada limbah TPA Piyungan Yogyakarta. Penurunan kandungan Cr Total tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.13 Tingkat Penurunan Kandungan Logam Cr Total Pada Limbah

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	0.0055	0.0067	0.0018	0
25%	0	0.0177	0.0228	0.0025	0
50%	0	0.0365	0.0555	0.0799	0
75%	0	0.0202	0.0325	0.0647	0.0723
100%	0	0.0313	0.0398	0.0735	0.0832

Sumber : Data primer 2007

Dari hasil perbandingan antara Tabel 4.10 dengan Tabel 4.13 terlihat perbedaan antara besarnya tingkat serapan eceng gondok dengan besarnya tingkat penurunan kandungan logam Cr Total pada air limbah.

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 0.0313 mg/l dan tingkat penyerapan eceng gondok sebesar 0.0365 mg/l. Disini terlihat tingkat penyerapan eceng gondok lebih besar dibandingkan dengan tingkat penurunan limbah. Hal ini menunjukkan eceng gondok mampu menyerap kandungan logam khromium total dari air limbah sebesar 0.0313 mg/l dan kandungan logam khromium total lainnya dapat berasal dari zona substrat. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada zona substrat yaitu tanah itu sendiri telah mengandung logam khromium (Cr) total.

4.3 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Terhadap Limbah

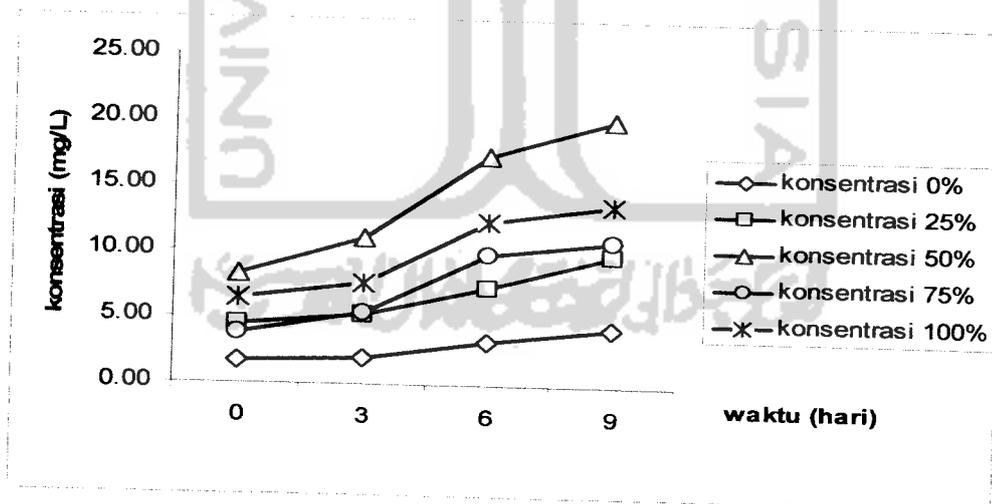
Dari hasil penelitian besarnya penyerapan logam Cr Total oleh tanaman, dapat diketahui tingkat penyerapan tanaman terhadap limbah dan dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.14 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Pada Tanaman Eceng Gondok Terhadap Limbah

Variasi Konsentrasi	Satuan	Waktu			
		3	6	9	12
Air Limbah (%)					
0	%	1.76	1.92	3.35	4.33
25	%	4.47	5.20	7.35	9.92
50	%	8.28	11.07	17.33	20.10
75	%	3.76	5.44	9.83	10.88
100	%	6.40	7.61	12.37	13.74

Sumber : Data Primer 2007

Dari Tabel 4.14 diatas maka dapat dibuat grafik tingkat penyerapan logam Cr Total oleh tanaman eceng gondok terhadap limbah yang didapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Terhadap Limbah

Dari Gambar 4.7 di atas dapat dilihat bahwa tingkat penyerapan logam Cr Total oleh tanaman eceng gondok terhadap limbah pada hari ke-12 terbesar adalah pada konsentrasi 50%.

Selain dilakukan penelitian serapan tanaman eceng gondok, juga dilakukan penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok Hasil penelitian terhadap fisik tanaman eceng gondok sebagai berikut:

4.4 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok

Hasil penelitian terhadap fisik Tanaman Eceng Gondok meliputi panjang akar, panjang batang, panjang daun, lebar daun, warna akar, warna batang, warna daun, pH.

Tabel 4.15 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	15	15	15	15	15	15	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
	25	15	15	15	15	15	15	15	15	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
	50	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	75	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	100	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Panjang Daun (Cm)	0	16	16	16	16	16	16	16	16	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
	25	15	15	15	15	15	15	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
	50	16	16	16	16	16	16	16	16	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
	75	16	16	16	16	16	16	16	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
	100	15	15	15	15	15	15	15	15	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
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	50	50	50	50.5	50.5	51	51	51.5	52	52	52.5	53	53
	25	50	50	50	51	51	51.5	51.5	51.5	52	52	52	52	52
	50	50	50	50	50	50	50.5	50.5	51	51	52	52	52	52
	75	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	100	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Sumber : Data Primer 2007

Terlihat pada tabel di atas bahwa pertumbuhan akar tanaman eceng gondok sangat tergantung pada tingkat konsentrasi limbah yang digunakan, dimana semakin kecil konsentrasi limbah maka akar tanaman akan semakin panjang. Selain faktor kandungan logam yang terdapat pada limbah, pengaruh kadar oksigen dalam air limbah juga mempengaruhi pertumbuhan daya serap akar.

Selain penelitian terhadap fisik Tanaman Eceng Gondok meliputi panjang akar, panjang batang, panjang daun, lebar daun, warna akar, warna batang, warna daun juga dilakukan penelitian terhadap pH. Didapatkan hasil sebagai berikut:

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	6	6	6.5	6.5	6.5	6	6.5	6.5	6	6	6	6
25	6	6	6.5	6.5	6.5	6	6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
50	6.5	6.5	7	7	7	7	6.5	6.5	7.5	7	7	7	6.5
75	7	7	8	8	8	8	8	8	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
100	6	6	7	7.5	4	7.5	7.5	7.5	8	8	7.5	7.5	7.5

Sumber : Data Primer 2007

Perubahan pH diakibatkan adanya penimbunan logam pada membran sel pada akar tanaman eceng gondok yang membentuk suatu zat pengikat, sehingga apabila penyerapan yang terlalu tinggi atau rendah dapat menaikkan atau menurunkan pH dari tanaman.

Tabel 4.17 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	segar, hijau
	75	segar, hijau	layu, kering, bewarna kuning kecoklatan
	100	segar, hijau	agak layu, berwarna hijau kekuningan
Akar	0	hitam kecoklatan	hitam kecoklatan
	25	hitam kecoklatan	hitam kecoklatan
	50	hitam kecoklatan	coklat tua
	75	hitam kecoklatan	coklat muda
	100	hitam kecoklatan	coklat muda
Batang	0	hijau	hijau
	25	hijau	hijau
	50	hijau	hijau
	75	hijau	layu, kering, berwarna kecoklatan
	100	hijau	lumayan segar, kekuningan

Sumber : Data Primer 2007

Dari hasil pengamatan Tabel 4.15 dan Tabel 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 panjang akar, panjang daun, panjang batang, lebar daun dan pertambahan 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.

4.5 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.

4.5.1 Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Akar Tanaman Eceng Gondok

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

Tabel 4.18 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,008 ^a	8	,001	14,161	,000
Intercept	,428	1	,428	5780,301	,000
LIMBAH	,003	4	,001	8,960	,001
WAKTU	,006	4	,001	19,362	,000
Error	,001	16	,000		
Total	,438	25			
Corrected Total	,010	24			

a. R Squared = ,876 (Adjusted R Squared = ,814)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 8,960 dengan probabilitas $0,001 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 19,362 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat

perbedaan rata-rata kadar Cr Total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

4.5.2 Uji Statistik Parameter Cr Total Pada Daun Tanaman Eceng Gondok

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

Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Akar dan Waktu Terhadap Penyerapan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,003 ^a	8	,000	15,561	,000
Intercept	,046	1	,046	1763,450	,000
LIMBAH	,001	4	,000	12,590	,000
WAKTU	,002	4	,000	18,531	,000
Error	,000	16	,000		
Total	,049	25			
Corrected Total	,004	24			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,829)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 12,590 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 18,531 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ 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

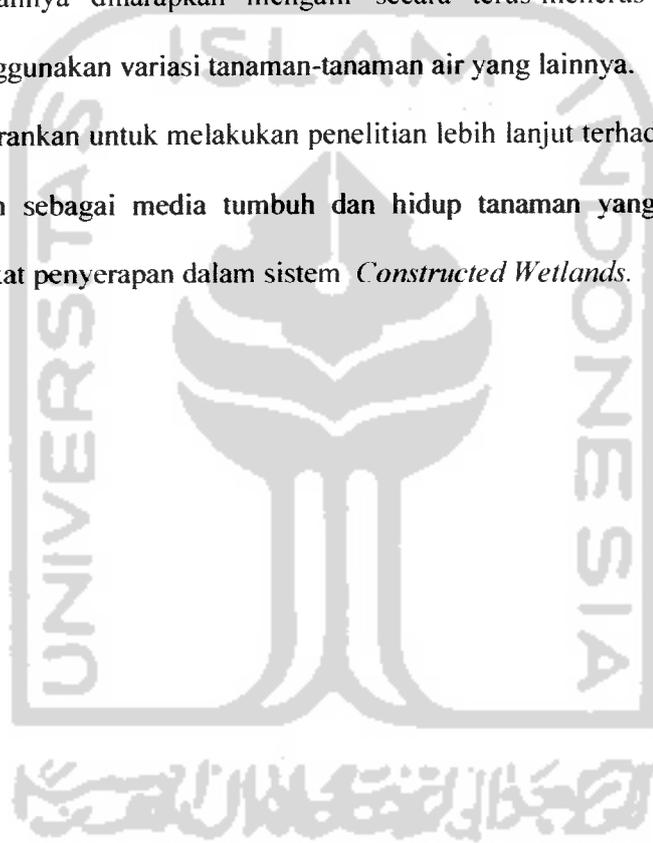
Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat penyerapan logam Cr Total pada tanaman eceng gondok selama 12 hari, pada konsentrasi 100% mampu menyerap Cr Total dengan tingkat penyerapan sebesar 0.000065 mg/g, konsentrasi 75% sebesar 0.000050 mg/g, konsentrasi 50% sebesar 0.000132 mg/g, konsentrasi 25% sebesar 0.000112 mg/g dan konsentrasi 0% sebesar 0.000047 mg/g.
2. Tingkat penyerapan Logam Cr Total pada tanaman eceng gondok terbesar pada konsentrasi 50% dengan waktu kontak hari ke-3, tingkat penyerapan logam khrom pada tanaman eceng gondok sebesar 0.000395 mg/g, dimana kondisi tanaman masih hidup.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Disarankan untuk sebelum diolah dengan menggunakan sistem *Constructed Wetlands*, agar limbah cair TPA Piyungan dilakukan pengolahan awal terlebih dahulu.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk sistem pengaliran limbahnya diharapkan mengalir secara terus-menerus (*continue*) dan menggunakan variasi tanaman-tanaman air yang lainnya.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap zona substrat tanah sebagai media tumbuh dan hidup tanaman yang mempengaruhi tingkat penyerapan dalam sistem *Constructed Wetlands*.



DAFTAR PUSTAKA

- Amalia. D, dan D. Alia, 2005, "*Studi Keefektifan Penurunan Kromium (Cr⁶⁺) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Eceng Gondok*", Skripsi ITS, Surabaya.
- 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.
- Baker, A.J.M. (1999). "*Metal Hyperaccumulator Plants a Biological Resources for Exploitation in the Phytoextration of Metal Polluted Soils*" . (http://ibewww.epfl.ch/C0st837/WG2_abstracts.html) Tanggal 25 Mei 2005, pukul 06.30 WIB
- Darmono, 1994, "*Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*", UI Press, Jakarta.
- Dhahiyat, 1974, "*Aspek Ekologi Gulma Air Dalam analisa Dampak Lingkungan Kursus Dasar-dasar Analisa Lingkungan*", Lembaga Ekologi Universitas Padjajaran, Bandung.
- Diana. A.B, 2007, "*Pengolahan Air Limbah Pabrik Tahu dengan Memanfaatkan Tanaman Kangkung Air (Ipomea Aquatica) dalam Constructed Wetlands*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta.
- El-Gandy, A.S. Biswas, N. Bewtra, J.K, 2005, "*Municipal Landfill Leachate Treatment for Metal Removal Using Water Hyacinth in a Floating Aquatic System*", Journal of Environmental Engineering and science, NRC Research Press, Ingenta Connect (diakses tanggal 25 Juni 2007).
- Faisal. 2005, "*Studi Pengolahan Limbah Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Eceng Gondok*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.

- Fapriyanie.R, 2007, "*Tingkat penyerapan Khromium Total (Cr Total) Dari Limbah Laboratorium Kualitas Lingkungan UII Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes)*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Fauzi,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.
- Fitter, A, H, dan R, K, M, Hay, 1991, "*Fisiologi Tanaman*", Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Foth.A.H, 1991, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Gajah Mada University Press, yogyakarta
- Kadlec, R.H, and R.L.Knight, 1996, "*Treatment Wetlands*", CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo.
- Kumalasari, N, 2005,"*Penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta.
- Lu. X, 2003, "*Removal of Cadmium and Zinc by Water Hyacinth*", Journal Scene Asia (diakses tanggal 25 Juni 2007).
- Mayasari, M, 2007, "*Tingkat Penyerapan Pb dari Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia Dengan Constructed Wetlands System Menggunakan Tanaman Eceng Gondok*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta.
- Metcalf & Eddy, 1993, "*Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*", Mc Graw – Hill Comp.
- Moenandir.J dan hidayat.S, 1993, *Peranan eceng gondok dan kangkung air pada peningkatan mutu air limbah*, agrivita vol 16 no.2 (diakses pada tanggal 7 february 2007)
- Palar. H, 1994, *Pencemaran dan toksikologi logam berat*, Rineka Cipta, Jakarta
- Pandey.B.P.,1980, *Plant Anatomi*, S Chard dan Co, Ltdramnage, New Delhi.
- Sastroutomo, 1991, "*Ekologi Gulma*", Gramedia, Jakarta.

Soerjani.S.W, 1975, *Eceng Gondok Sebagai Penyerap Pencemar*, SEAMEO, Biotrop, Bogor

Syafi'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.

Tjitrosoedirjo dan Sastroutomo, 1985, *Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat*, jurnal purifikasi, bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm. (diakses pada tanggal 1 agustus 2004)

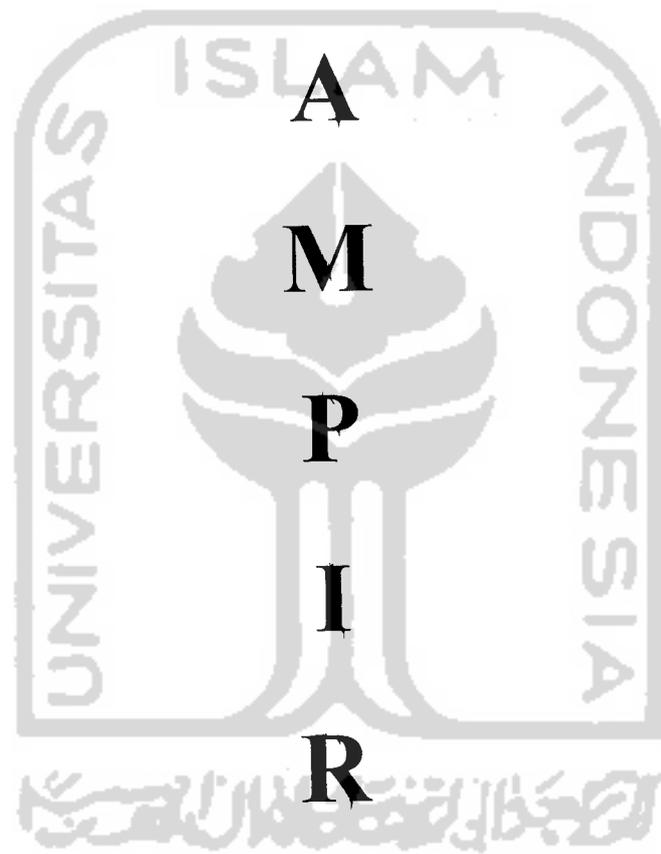
Wardhana, W.A., 2001, "*Dampak Pencemaran Lingkungan*", Andi Offset, Jogjakarta.

Widianto. L.S, 1986, "*The Effect Of Heavy Metal On The Growth Of WaterHyacinth*", Proceed Symposium on Pest Ecology and Pest management, Seameo-Biotrop, Bogor, indonesia.

www. iptek. net. id, "*Pengelolaan Lindian (Leachate) TPA Piyungan Sebagai Upaya Pencegahan Sungai Opak Jogjakarta*", (diakses pada tanggal 10 Desember 2006)

www. Kartamantul. Pemda-diy. go.id, "*Kerjasama Pengolahan Prasarana dan Sarana Persampahan Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul*", (diakses pada tanggal 10 Desember 2006)

L



A

M

P

I

R

A

N

LAMPIRAN I

STANDAR AIR BUANGAN



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 II

HASIL UJI LABORATORIUM





PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWAHANJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Akar) 0 hari

No	Pengamatan I		Pengamatan II	
	Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0,0016	0,1090	0.0016	0,1061

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 (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Daun) 0 hari

No	Pengamatan I		Pengamatan II	
	Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0,0008	0,0269	0,0008	0,0264

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) 439622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

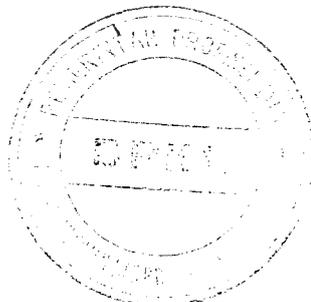
Sample : (Akar) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0017	0,1123	0,0017	0,1131
2	25%	0,0017	0,1196	0,0017	0,1189
3	50%	0,0018	0,1309	0,0019	0,1316
4	75%	0,0017	0,1211	0,0018	0,1218
5	100%	0,0018	0,1278	0,0018	0,1268

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 (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Daun) 3 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0009	0,0337	0,0009	0,0342
2	25%	0,0010	0,0419	0,0010	0,0425
3	50%	0,0011	0,0524	0,0011	0,0517
4	75%	0,0009	0,0363	0,0009	0,0371
5	100%	0,0010	0,0447	0,0010	0,0454

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

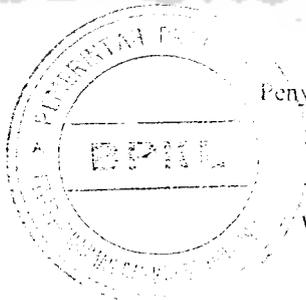
HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Akar) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0017	0,1130	0,0017	0,1123
2	25%	0,0018	0,1227	0,0018	0,1235
3	50%	0,0020	0,1423	0,0019	0,1415
4	75%	0,0018	0,1285	0,0018	0,1278
5	100%	0,0019	0,1329	0,0019	0,1335

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 MAGLIMOHARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 499822

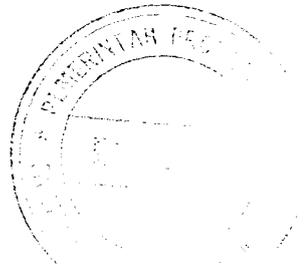
HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Daun) 6 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0009	0,0339	0,0009	0,0332
2	25%	0,0010	0,0429	0,0010	0,0421
3	50%	0,0011	0,0569	0,0011	0,0573
4	75%	0,0009	0,0386	0,0009	0,0392
5	100%	0,0010	0,0465	0,0010	0,0472

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 (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah

Sample : (Daun) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0009	0,0366	0,0009	0,0372
2	25%	0,0010	0,0461	0,0010	0,0453
3	50%	0,0012	0,0672	0,0012	0,0681
4	75%	0,0010	0,0443	0,0010	0,0438
5	100%	0,0011	0,0536	0,0011	0,0543

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897





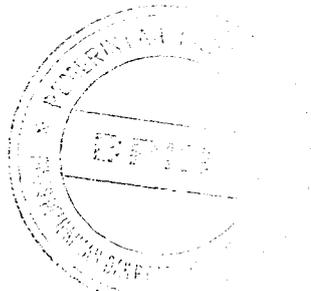
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah
Sample : (Akar) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0017	0,1185	0,0017	0,1194
2	25%	0,0019	0,1318	0,0019	0,1325
3	50%	0,0022	0,1679	0,0022	0,1671
4	75%	0,0020	0,1478	0,0020	0,1469
5	100%	0,0021	0,1531	0,0021	0,1539

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 SAGUWOHARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahmad Febriansyah
Sample : (Akar) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0.0018	0,1236	0.0018	0,1229
2	25%	0.0020	0,1427	0.0020	0,1421
3	50%	0.0023	0,1792	0.0023	0,1798
4	75%	0.0021	0,1524	0.0021	0,1531
5	100%	0.0021	0,1589	0.0021	0,1597

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 MAGLUMOHARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL (Cr)

Pengirim : Ahm..d Febriansyah

Sample : (Daun) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0009	0,0371	0,0009	0,0379
2	25%	0,0010	0,0499	0,0010	0,0503
3	50%	0,0013	0,0717	0,0013	0,0722
4	75%	0,0010	0,0457	0,0010	0,0461
5	100%	0,0011	0,0556	0,0011	0,0563

Yogyakarta, Februari 2017

Diperiksa Oleh:
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897

LAMPIRAN III

HASIL PERHITUNGAN STATISTIK



Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
LIMBAH	0	0%	5
	1	25%	5
	2	50%	5
	3	75%	5
	4	100%	5
WAKTU	0	0 HARI	5
	1	3 HARI	5
	2	6 HARI	5
	3	9 HARI	5
	4	12 HARI	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.AKAR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,008 ^a	8	,001	14,161	,000
Intercept	,428	1	,428	5780,301	,000
LIMBAH	,003	4	,001	8,960	,001
WAKTU	,006	4	,001	19,362	,000
Error	,001	16	,000		
Total	,438	25			
Corrected Total	,010	24			

a. R Squared = ,876 (Adjusted R Squared = ,814)

Post Hoc Tests LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.AKAR

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) LIMBAH	(J) LIMBAH				Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	0%	25%	,009880	,0054437	,399	-,026558	,006798
		50%	-,030580*	,0054437	,000	-,047258	-,013902
		75%	-,016480	,0054437	,054	-,033158	,000198
		100%	-,021060*	,0054437	,010	-,037738	-,004382
	25%	0%	,009880	,0054437	,399	-,006798	,026558
		50%	-,020700*	,0054437	,012	-,037378	-,004022
		75%	-,006600	,0054437	,745	-,023278	,010078
		100%	-,011180	,0054437	,286	-,027858	,005498
	50%	0%	,030580*	,0054437	,000	,013902	,047258
		25%	,020700*	,0054437	,012	,004022	,037378
		75%	,014100	,0054437	,119	-,002578	,030778
		100%	,009520	,0054437	,434	-,007158	,026198
	75%	0%	,016480	,0054437	,054	-,000198	,033158
		25%	,006600	,0054437	,745	-,010078	,023278
		50%	-,014100	,0054437	,119	-,030778	,002578
		100%	-,004580	,0054437	,914	-,021258	,012098
	100%	0%	,021060*	,0054437	,010	,004382	,037738
		25%	,011180	,0054437	,286	-,005498	,027858
		50%	-,009520	,0054437	,434	-,026198	,007158
		75%	,004580	,0054437	,914	-,012098	,021258
Bonferroni	0%	25%	-,009880	,0054437	,883	-,027583	,007823
		50%	-,030580*	,0054437	,000	-,048283	-,012877
		75%	-,016480	,0054437	,080	-,034183	,001223
		100%	-,021060*	,0054437	,014	-,038763	-,003357
	25%	0%	,009880	,0054437	,883	-,007823	,027583
		50%	-,020700*	,0054437	,016	-,038403	-,002997
		75%	-,006600	,0054437	1,000	-,024303	,011103
		100%	-,011180	,0054437	,567	-,028883	,006523
	50%	0%	,030580*	,0054437	,000	,012877	,048283
		25%	,020700*	,0054437	,016	,002997	,038403
		75%	,014100	,0054437	,197	-,003603	,031803
		100%	,009520	,0054437	,995	-,008183	,027223
	75%	0%	,016480	,0054437	,080	-,001223	,034183
		25%	,006600	,0054437	1,000	-,011103	,024303
		50%	-,014100	,0054437	,197	-,031803	,003603
		100%	-,004580	,0054437	1,000	-,022283	,013123
	100%	0%	,021060*	,0054437	,014	,003357	,038763
		25%	,011180	,0054437	,567	-,006523	,028883
		50%	-,009520	,0054437	,995	-,027223	,008183
		75%	,004580	,0054437	1,000	-,013123	,022283

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.AKAR

LIMBAH	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} 0%	5	,115280		
25%	5	,125160	,125160	
75%	5	,131760	,131760	,131760
100%	5		,136340	,136340
50%	5			,145860
Sig.		,054	,286	,119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

b. Alpha = ,05.



WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.AKAR

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) WAKTU	(J) WAKTU				Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	0 HARI	3 HARI	-,013340	,0054437	,152	-,030018	,003338
		6 HARI	-,018880*	,0054437	,023	-,035558	-,002202
		9 HARI	-,034820*	,0054437	,000	-,051498	-,018142
		12 HARI	-,042360*	,0054437	,000	-,059038	-,025682
	3 HARI	0 HARI	,013340	,0054437	,152	-,003338	,030018
		6 HARI	-,005540	,0054437	,844	-,022218	,011138
		9 HARI	-,021480*	,0054437	,009	-,038158	-,004802
		12 HARI	-,029020*	,0054437	,001	-,045698	-,012342
	6 HARI	0 HARI	,018880*	,0054437	,023	,002202	,035558
		3 HARI	,005540	,0054437	,844	-,011138	,022218
		9 HARI	-,015940	,0054437	,065	-,032618	,000738
		12 HARI	-,023480*	,0054437	,004	-,040158	-,006802
	9 HARI	0 HARI	,034820*	,0054437	,000	,018142	,051498
		3 HARI	,021480*	,0054437	,009	,004802	,038158
		6 HARI	,015940	,0054437	,065	-,000738	,032618
		12 HARI	-,007540	,0054437	,645	-,024218	,009138
12 HARI	0 HARI	,042360*	,0054437	,000	,025682	,059038	
	3 HARI	,029020*	,0054437	,001	,012342	,045698	
	6 HARI	,023480*	,0054437	,004	,006802	,040158	
	9 HARI	,007540	,0054437	,645	-,009138	,024218	
Bonferroni	0 HARI	3 HARI	-,013340	,0054437	,261	-,031043	,004363
		6 HARI	-,018880*	,0054437	,032	-,036583	-,001177
		9 HARI	-,034820*	,0054437	,000	-,052523	-,017117
		12 HARI	-,042360*	,0054437	,000	-,060063	-,024657
	3 HARI	0 HARI	,013340	,0054437	,261	-,004363	,031043
		6 HARI	-,005540	,0054437	1,000	-,023243	,012163
		9 HARI	-,021480*	,0054437	,012	-,039183	-,003777
		12 HARI	-,029020*	,0054437	,001	-,046723	-,011317
	6 HARI	0 HARI	,018880*	,0054437	,032	,001177	,036583
		3 HARI	,005540	,0054437	1,000	-,012163	,023243
		9 HARI	-,015940	,0054437	,098	-,033643	,001763
		12 HARI	-,023480*	,0054437	,005	-,041183	-,005777
	9 HARI	0 HARI	,034820*	,0054437	,000	,017117	,052523
		3 HARI	,021480*	,0054437	,012	,003777	,039183
		6 HARI	,015940	,0054437	,098	-,001763	,033643
		12 HARI	-,007540	,0054437	1,000	-,025243	,010163
12 HARI	0 HARI	,042360*	,0054437	,000	,024657	,060063	
	3 HARI	,029020*	,0054437	,001	,011317	,046723	
	6 HARI	,023480*	,0054437	,005	,005777	,041183	
	9 HARI	,007540	,0054437	1,000	-,010163	,025243	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.AKAR

	WAKTU	N	Subset			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b}	0 HARI	5	,109000			
	3 HARI	5	,122340	,122340		
	6 HARI	5		,127880	,127880	
	9 HARI	5			,143820	,143820
	12 HARI	5				,151360
	Sig.		,152	,844	,065	,645

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

b. Alpha = ,05.



Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
LIMBAH	0	0%	5
	1	25%	5
	2	50%	5
	3	75%	5
	4	100%	5
WAKTU	0	0 HARI	5
	1	3 HARI	5
	2	6 HARI	5
	3	9 HARI	5
	4	12 HARI	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.DAUN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,003 ^a	8	,000	15,561	,000
Intercept	,046	1	,046	1763,450	,000
LIMBAH	,001	4	,000	12,590	,000
WAKTU	,002	4	,000	18,531	,000
Error	,000	16	,000		
Total	,049	25			
Corrected Total	,004	24			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,829)

Post Hoc Tests LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.DAUN

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
(I) LIMBAH	(J) LIMBAH				Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	0%	25%	-,007900	,0032233	,152	-,017775	,001975
		50%	-,021380*	,0032233	,000	-,031255	-,011505
		75%	-,004720	,0032233	,598	-,014595	,005155
		100%	-,011820*	,0032233	,015	-,021695	-,001945
	25%	0%	,007900	,0032233	,152	-,001975	,017775
		50%	-,013480*	,0032233	,005	-,023355	-,003605
		75%	,003180	,0032233	,857	-,006695	,013055
		100%	-,003920	,0032233	,743	-,013795	,005955
	50%	0%	,021380*	,0032233	,000	,011505	,031255
		25%	,013480*	,0032233	,005	,003605	,023355
		75%	,016660*	,0032233	,001	,006785	,026535
		100%	,009560	,0032233	,060	-,000315	,019435
	75%	0%	,004720	,0032233	,598	-,005155	,014595
		25%	-,003180	,0032233	,857	-,013055	,006695
		50%	-,016660*	,0032233	,001	-,026535	-,006785
		100%	-,007100	,0032233	,228	-,016975	,002775
	100%	0%	,011820*	,0032233	,015	,001945	,021695
		25%	,003920	,0032233	,743	-,005955	,013795
		50%	-,009560	,0032233	,060	-,019435	,000315
		75%	,007100	,0032233	,228	-,002775	,016975
Bonferroni	0%	25%	-,007900	,0032233	,261	-,018382	,002582
		50%	-,021380*	,0032233	,000	-,031862	-,010898
		75%	-,004720	,0032233	1,000	-,015202	,005762
		100%	-,011820*	,0032233	,021	-,022302	-,001338
	25%	0%	,007900	,0032233	,261	-,002582	,018382
		50%	-,013480*	,0032233	,007	-,023962	-,002998
		75%	,003180	,0032233	1,000	-,007302	,013662
		100%	-,003920	,0032233	1,000	-,014402	,006562
	50%	0%	,021380*	,0032233	,000	,010898	,031862
		25%	,013480*	,0032233	,007	,002998	,023962
		75%	,016660*	,0032233	,001	,006178	,027142
		100%	,009560	,0032233	,091	-,000922	,020042
	75%	0%	,004720	,0032233	1,000	-,005762	,015202
		25%	-,003180	,0032233	1,000	-,013662	,007302
		50%	-,016660*	,0032233	,001	-,027142	-,006178
		100%	-,007100	,0032233	,426	-,017582	,003382
	100%	0%	,011820*	,0032233	,021	,001338	,022302
		25%	,003920	,0032233	1,000	-,006562	,014402
		50%	-,009560	,0032233	,091	-,020042	,000922
		75%	,007100	,0032233	,426	-,003382	,017582

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.DAUN

	LIMBAH	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a, b}	0%	5	,033640		
	75%	5	,038360	,038360	
	25%	5	,041540	,041540	
	100%	5		,045460	,045460
	50%	5			,055020
	Sig.		,152	,228	,060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

b. Alpha = ,05.



WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.DAUN

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 HARI	3 HARI	-,014900*	,0032233	,002	-,024775	-,005025
		6 HARI	-,016860*	,0032233	,001	-,026735	-,006985
		9 HARI	-,022660*	,0032233	,000	-,032535	-,012785
		12 HARI	-,025100*	,0032233	,000	-,034975	-,015225
	3 HARI	0 HARI	,014900*	,0032233	,002	,005025	,024775
		6 HARI	-,001960	,0032233	,972	-,011835	,007915
		9 HARI	-,007760	,0032233	,164	-,017635	,002115
		12 HARI	-,010200*	,0032233	,041	-,020075	-,000325
	6 HARI	0 HARI	,016860*	,0032233	,001	,006985	,026735
		3 HARI	,001960	,0032233	,972	-,007915	,011835
		9 HARI	-,005800	,0032233	,407	-,015675	,004075
		12 HARI	-,008240	,0032233	,127	-,018115	,001635
	9 HARI	0 HARI	,022660*	,0032233	,000	,012785	,032535
		3 HARI	,007760	,0032233	,164	-,002115	,017635
		6 HARI	,005800	,0032233	,407	-,004075	,015675
		12 HARI	-,002440	,0032233	,939	-,012315	,007435
	12 HARI	0 HARI	,025100*	,0032233	,000	,015225	,034975
		3 HARI	,010200*	,0032233	,041	-,000325	,020075
		6 HARI	,008240	,0032233	,127	-,001635	,018115
		9 HARI	,002440	,0032233	,939	-,007435	,012315
Bonferroni	0 HARI	3 HARI	-,014900*	,0032233	,003	-,025382	-,004418
		6 HARI	-,016860*	,0032233	,001	-,027342	-,006378
		9 HARI	-,022660*	,0032233	,000	-,033142	-,012178
		12 HARI	-,025100*	,0032233	,000	-,035582	-,014618
	3 HARI	0 HARI	,014900*	,0032233	,003	,004418	,025382
		6 HARI	-,001960	,0032233	1,000	-,012442	,008522
		9 HARI	-,007760	,0032233	,285	-,018242	,002722
		12 HARI	-,010200	,0032233	,060	-,020682	,000282
	6 HARI	0 HARI	,016860*	,0032233	,001	,006378	,027342
		3 HARI	,001960	,0032233	1,000	-,008522	,012442
		9 HARI	-,005800	,0032233	,908	-,016282	,004682
		12 HARI	-,008240	,0032233	,211	-,018722	,002242
	9 HARI	0 HARI	,022660*	,0032233	,000	,012178	,033142
		3 HARI	,007760	,0032233	,285	-,002722	,018242
		6 HARI	,005800	,0032233	,908	-,004682	,016282
		12 HARI	-,002440	,0032233	1,000	-,012922	,008042
	12 HARI	0 HARI	,025100*	,0032233	,000	,014618	,035582
		3 HARI	,010200	,0032233	,060	-,000282	,020682
		6 HARI	,008240	,0032233	,211	-,002242	,018722
		9 HARI	,002440	,0032233	1,000	-,008042	,012922

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.DAUN

WAKTU	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	0 HARI	5	,026900	
	3 HARI	5		,041800
	6 HARI	5		,043760
	9 HARI	5		,049560
	12 HARI	5		,052000
Sig.		1,000	,164	,127

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

b. Alpha = ,05.



LAMPIRAN IV

HASIL PENGAMATAN VISUAL



TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 100 %

Hari pada Reaktor Control 100%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-1	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-2	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-3	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-4	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-5	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-6	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-7	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-8	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-9	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-10	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-11	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-12	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5

Sumber : Data Primer 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH RAKTOR KONTROL 75 %

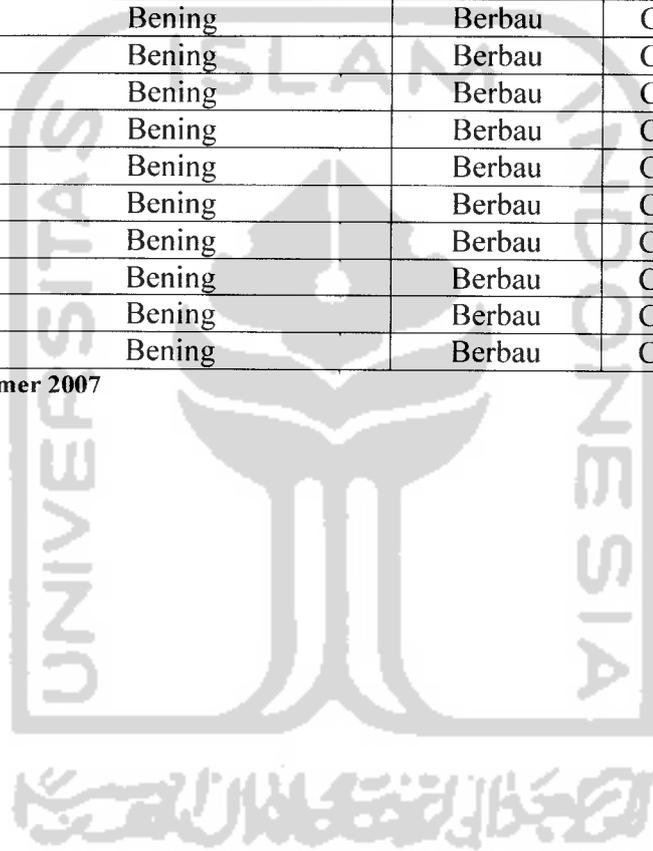
Hari pada Reaktor Control 75 %	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
Hari ke-0	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-1	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-2	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-3	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-4	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-5	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-6	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-7	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	8
Hari ke-8	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-9	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-10	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-11	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5
Hari ke-12	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7,5

Sumber : Data Primer 2007

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	Bening	berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-1	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-2	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-3	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-4	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-5	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-6	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-7	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-8	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7.5
Hari ke-9	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-10	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-11	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	7
Hari ke-12	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5

Sumber : Data Primer 2007



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	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-1	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-2	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-3	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-4	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-5	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-6	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6
Hari ke-7	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-8	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-9	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-10	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-11	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5
Hari ke-12	Bening	Berbau	Coklat kehitaman	6.5

Sumber : Data Primer 20

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	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6
Hari ke-1	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6
Hari ke-2	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6
Hari ke-3	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6,5
Hari ke-4	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6,5
Hari ke-5	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6,5
Hari ke-6	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6,5
Hari ke-7	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6.5
Hari ke-8	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6.5
Hari ke-9	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6.5
Hari ke-10	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6
Hari ke-11	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6
Hari ke-12	Bening	Tidak berbau	Putih Bening	6

Sumber : Data Primer 2007

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 coklat, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15.5x17.5 cm	0	14	6
Hari ke-1	Normal, berwarna coklat, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15 x17cm	0	14	6
Hari ke-2	Normal, berwarna coklat, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x16cm	0	14	7
Hari ke-3	Normal, berwarna coklat, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x15.5 cm	0	14	7.5
Hari ke-4	Normal, berwarna coklat, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x15.5 cm	0	14	8
Hari ke-5	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 64 cm	Segar, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x15.5cm	0	14	7.5
Hari ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 63 cm	Mulai Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x15cm	0	14	7.5
Hari ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 63 cm	Mulai Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x15cm	0	14	7.5
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 63 cm	Mulai Layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12.5x15cm	1	13	8
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 62 cm	Mulai Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12x15cm	1	13	8

Hari ke-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 62 cm	Kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12x15cm	1	13	7.5
Hari ke-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 62 cm	Kecoklatan, tumbuh bunga, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 11.5x14.5cm	2	12	7.5
Hari ke-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 62 cm	Kecoklatan, tumbuh bunga, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 11x14.5cm	2	12	7.5

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 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 75 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x19.5 cm	0	14	7
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 75 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x19.5 cm	0	14	7
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 75 cm	Mulai layu, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x19 cm	0	14	8
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 75 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x19 cm	0	14	8
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 75 cm	Mulai layu, sebagian hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 14x18.5 cm	0	14	8
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna hijau kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13.5x18cm	1	13	8
Hari ke-6	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna hijau kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x18cm	1	13	8
Hari ke-7	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna hijau kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 13x18cm	1	13	8
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 12x17cm	2	12	7.5
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Layu, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 11x16cm	2	12	7.5

Hari ke-10	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Kering, kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 11x15cm	3	11	7.5
Hari ke-11	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 10.5x14cm	3	11	7.5
Hari ke-12	Berwarna coklat muda, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Layu, kering, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 75 cm	Coklat, kering, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 10x14cm	4	10	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 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x19 cm	0	14	6.5
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x19 cm	0	14	6.5
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x19 cm	0	14	7
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x19 cm	0	14	7
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x18.5 cm	0	14	7
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 20x18.5 cm	0	14	7
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 65cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, daun 20x18cm	0	14	6.5
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 64.5 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 20x18cm	0	14	7
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 64.5 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, Jumlah 5-6 helai, daun 19.5x18cm	0	14	7.5
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 64.5 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 19.5x18cm	0	14	7

Hari ke-10	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan , panjang batang rata-rata 64 cm	Mulai layu, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 19.5x18cm	0	14	7
Hari ke-11	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 64 cm	Mulai layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 19x18cm	0	14	7
Hari ke-12	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna kecoklatan, panjang batang rata-rata 64 cm	Mulai layu, hijau kecoklatan, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 19x18cm	0	14	6.5

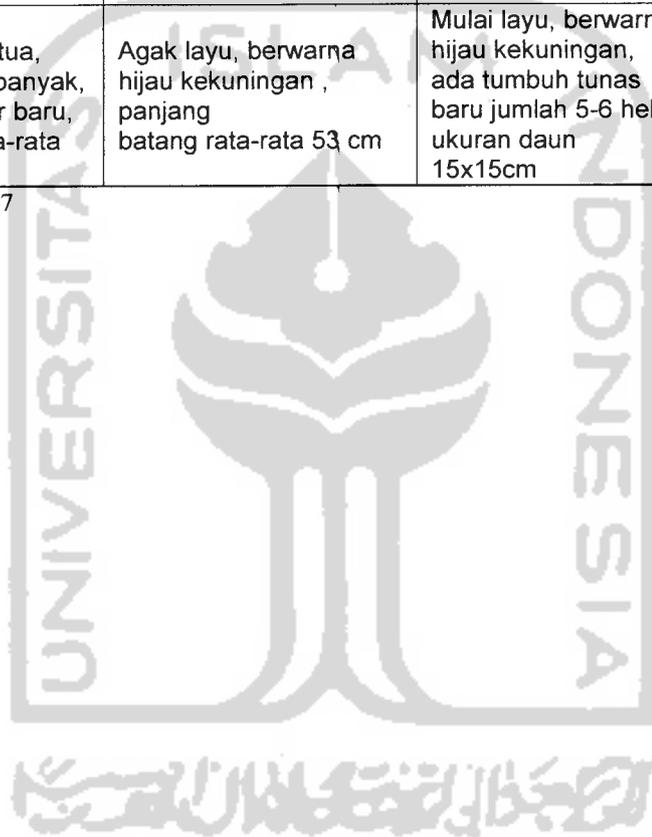
Sumber : Data Primer 2007



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 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6.5
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6.5
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15 cm	0	14	6
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, daun 16x15cm	0	14	6
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, daun 16x15cm	0	14	6.5
Hari ke-8	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang Batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, Jumlah 5-6 helai, daun 16x15cm	0	14	6.5
Hari ke-9	Normal, berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 54 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 16x15cm	0	14	6.5

Hari ke-10	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 53.3 cm	Mulai layu, berwarna hijau kekuningan, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15.5x15cm	0	14	6.5
Hari ke-11	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan , panjang batang rata-rata 53.2 cm	Mulai layu, berwarna hijau kekuningan, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15.5x15cm	0	14	6.5
Hari ke-12	Berwarna coklat tua, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15 cm.	Agak layu, berwarna hijau kekuningan , panjang batang rata-rata 53 cm	Mulai layu, berwarna hijau kekuningan, ada tumbuh tunas baru jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x15cm	0	14	6.5

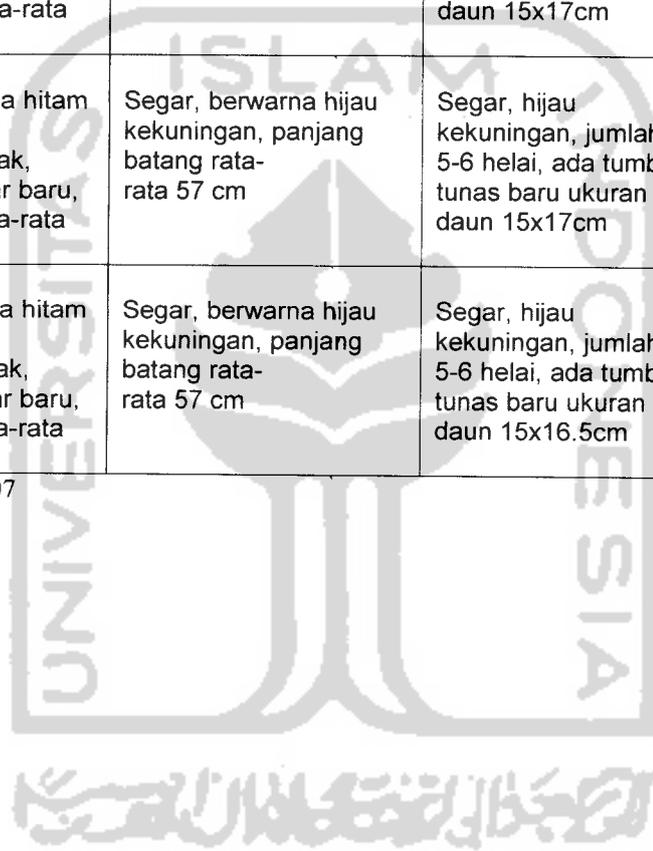
Sumber : Data Primer 2007



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 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x17 cm	0	14	6
Hari ke-1	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x17 cm	0	14	6
Hari ke-2	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x17 cm	0	14	6
Hari ke-3	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x17 cm	0	14	6.5
Hari ke-4	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17 cm	0	14	6.5
Hari ke-5	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17 cm	0	14	6.5
Hari ke-6	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17cm	0	14	6
Hari ke-7	Normal, berwarna hitam kecoklatan, berserabut banyak, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17 cm	0	14	6.5
Hari ke-8	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, ada tunas baru, jumlah 5-6 helai, ukuran daun 15x17 cm	0	14	6.5

Hari ke-9	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17cm	0	14	6
Hari ke-10	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau, panjang batang rata-rata 57cm	Segar, hijau, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17cm	0	14	6
Hari ke-11	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15cm.	Segar, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x17cm	0	14	6
Hari ke-12	Normal, berwarna hitam kecoklatan, akar berserabut banyak, Adanya akar-akar baru, panjang akar rata-rata 15 cm.	Segar, berwarna hijau kekuningan, panjang batang rata-rata 57 cm	Segar, hijau kekuningan, jumlah 5-6 helai, ada tumbuh tunas baru ukuran daun 15x16.5cm	0	14	6

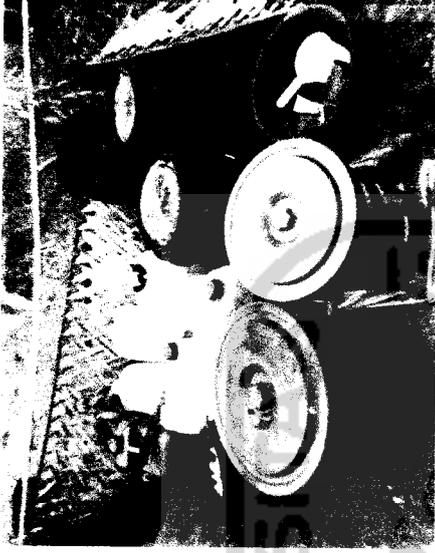
Sumber : Data Primer 2007



LAMPIRAN V

DOKUMENTASI





Gambar Limbah Sebelum Perlakua



Gambar Eceng Gondok Sebelum Perlakuan

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-0



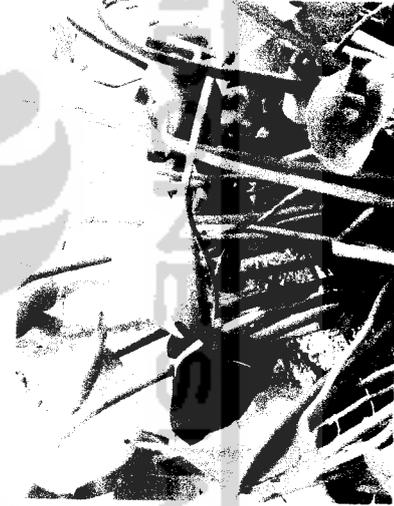
Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-3



Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-6



Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-9



Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

14/16/07	Abstract - ds besungkul	J. Rus	
16/16/07	Simp/Rec miter hady		
18/16/07	Ldhan Nauruganto, Saphin Xumar		
20/16/07	Bisa juga penalaran		

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-12



Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

No	Kegiatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Pendaftaran						
2	Pemilihan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

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



Yogyakarta, 7 Februari 2007
 Koordinator TA

(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :