

TA/TL/2007/0221

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HASILAN/REK
TGL. TERIMA : 12-12-2007
NO. JUDUL : 2769
NO. INVENTORIS : 5120002769001
NO. INVENTORIS : 802769

**TINGKAT PENURUNAN CROMIUM TOTAL (Cr)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA DENGAN
CONSTRUCTED WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG
GONDOK
(*Eichornia Crassipes*)**

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



Oleh:

NUGROHO ANDHOKO

02 513 093



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

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
TINGKAT PENURUNAN CROMIUM TOTAL (Cr)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA DENGAN
CONSTRUCTED WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG
GONDOK
(*Eichornia Crassipes*)

Disusun oleh :

NAMA : NUGROHO ANDHOKO
No.Mahasiswa : 02 513 093
POGRAM STUDI : TEKNIK LINGKUNGAN

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



IR. H. KASAM, MT

Tanggal : 26-11-07

Dosen Pembimbing II



EKO SISWOYO, ST

Tanggal : 27-11-2007

Menggetahui

Ketua Program Studi



LUQMAN HAKIM, ST, M.Si

Tanggal : 29/11/07

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

Allah S.W.T.

Karena segala yang ada 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 Adek - adeku yang merupakan anugerah illahi dalam hidupku, karena kalian-Lah aku bisa seperti sekarang.

NISHI DR

"Kemarin aku katakan, hari ini kukatakan lagi, kalau kemarin, hari ini dan selamanya aku akan selalu menyayangimu & mencintaimu, semoga engkau adalah pelengkap tulang rusuk ku..Allahumma amin".

".. Sahabatku.."

"Jadilah hijau terus agar selalu bertumbuh jangan pernah menjadi matang karena akan menjadi busuk "

"Persahabatan itu seperti tangan dengan mata. Saat tangan terluka, mata menangis. Saat mata menangis tangan menghapus "

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

MOTTO

Katakanlah Muhammad, "Sungguh salatku, ibadahku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta Alam"

(QS. Al. An'aam : 162)

Sungguh Allah telah membeli jiwa dan harta orang mukmin dengan surga bagi mereka. Mereka berperang di jalan Allah; baik membunuh atau terbunuh, janji Allah sudah pasti; ini ketetapan Allah dalam Taurat, Injil dan Alqur'an. Tak ada yg lebih setia menepati janji daripada Allah. Maka, bergembiralah dengan janji yang telah kamu buat. Itulah suatu kemenangan yang unggul besar.

(QS. At. Taubah : 111)

Sungguh, bersama kesukaran itu pasti ada kemudahan

(QS. Asy Syarh : 6)

Hai orang - orang yang beriman, kalau betul-betul kamu menolong agama Allah, Allah pasti akan menolongmu dan mengokohkan kedudukanmu

(QS. Muhammad : 7)

Setiap orang ada malaikat yang di depan dan di belakangnya; Sungguhnya Allah tidak akan mengubah apa - apa yang ada pada

suatu kaum sampai mereka mengubah dirinya. Dan apabila Allah menghendaki keburukan suatu kaum, tidak ada yang mampu menolaknya, dan tidak ada pelindung bagi mereka kecuali Allah

(QS. Ar Ra'd : 11)

Takut akan cinta adalah takut akan hidup. Dan siapa yang takut hidup berarti dia telah tiga perempat mati

(Bertrand Russe1)

Tengadah ke angkasa Ilmu Allah yang tak bertepi, Berpijaklah rendah hati di bumiNya

Pilihlah kehilangan kekayaan daripada kehilangan kejujuran;

yang pertama akan mengganggu pikiran anda untuk sementara waktu;

yang belakangan akan mendatangkan penyesalan yang lama kepada anda

(Chilo)

Seorang patriot sejati tidak akan menangis dalam kesedihan tapi dia akan menagis dalam kebahagiaan karena cita-citanya tercapai

(Ir. Soekarno)

Jenius adalah 5% dari inspirasi dan 95% keringat

(Thomas A Edison)

Bukan kemampuan kita yang menunjukkan siapa diri kita,
Tapi pilihan kitalah yang menunjukkan
Siapa sebenarnya diri kita ini.

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

"Sungguh, bersama kesukaran pasti ada kemudahan,
Sungguh, bersama kesukaran pasti ada kemudahan,
oleh karna itu, jika kamu telah selesai dari suatu tugas,
Kerjakan tugas lain dengan sungguh-sungguh,
dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu memohon dan
mengharap".

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

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

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

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

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

1. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah memberikan masukan dan kesabaran hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah memberikan kesempatan, bimbingan dan pengarahan kepada kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Andik Yulianto, ST, Bapak Hudori ST, Mas Agus dan seluruh Dosen yang mengajar di Jurusan Teknik Lingkungan, Terima kasih atas ilmunya selama ini.
6. Mas Iwan, terima kasih atas kerjasamanya di laboratorium.
7. Ibu Rosdiana dan staf BPKL, terima kasih atas semua pelayanan dalam menganalisis hasil penelitian.
8. Dengan sepenuh hati, cinta dan sayang Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada Ayahanda DARMAWAN , Ibu SUZAWARTINI, dan semua Sodara-sodara ayah 'n mama tercinta atas dorongan, semangat, dukungan, nasihat, pengertian, perhatian, kasih sayang dan cinta yang tiada pernah henti serta do'a untuk kebaikan dan keberhasilanku.
9. Adek – adek kandungku ARIOLAH 'n GITAMUTIARA DINDA terima kasih sudah menjadi inspirasi terbesar dalam kuliahku
10. dr. Nishi Dewi Ruci yang selalu setia menemani dalam suka dan duka, semoga ALLAH menyatukan kita di dunia dan akhirat serta selalu memberi kita kemudahan dan perlindungan-Nya. Amien
11. Sahabat seperjuangan (Anto ji, Bobby kimung dan Rian kul), terima kasih atas kerjasama dan pikirannya.
12. Semua anak-anak TL 2002 Fadli tatang, Bang Lai, Andi, Ria, Dian, Maya, Uci dan masih banyak lagi yang tidak bisa di sebutkan satu-persatu, trima kasih kerjasamanya selama kuliah di TL UII.

13. Buat SUPRAPTO AKSAMEDIANSYAH alm, Semoga Allah menggampuni semua dosa ‘n menempatkanmu pada golongan orang-orang yang beriman. Amin

13. 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.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, September 2007

Penulis,

NUGROHO ANDHOKO

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
INTISARI.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	7

2.2	Mekanisme Pengolahan	10
2.3	Logam Berat.....	15
2.3.1	Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan.....	17
2.3.2	Penyerapan Logam Berat Oleh eceng gondok.....	19
2.4	Cr Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	20
2.4.1	Keracunan Khromium (Cr).....	24
2.4.2	Prinsip Analisis Logam Khromium.....	25
2.5	Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>), Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea Aquatica Forks</i>) dan Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>).....	28
2.6	Spektrofotometer Scrapan Atom (SSA).....	32
2.6.1	Analisa AAS.....	33
2.7	Tanaman Eceng Gondok.....	35
2.7.1	Ciri-ciri Fisiologi Eceng Gondok	43
2.7.2	Manfaat Eceng Gondok	45
2.7.3	Kerugian Eceng Gondok	46
2.8	Lindi (Leacheate).....	47
2.9	Hipotesis.....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		51
3.1	Lokasi Penelitian.....	51
3.2	Jenis Penelitian.....	51
3.3	Waktu Penelitian.....	51

3.4	Metodologi Penelitian.....	52
3.5	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	54
3.6.	Metode Pelaksanaan Penelitian.....	56
3.6.1	Kualitas Air Limbah.....	56
3.6.2	Tanaman Eceng Gondok.....	57
3.6.3	Desain Sampling.....	57
3.6.4	Pengambilan Sampel.....	57
3.6.5	Destruksi.....	58
3.6.6	Spektrofotometer Serapan Atom	58
3.7	Metode Analisa Laboratorium.....	59
3.8	Metode Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Penurunan Limbah.....	60
3.9	Metode Analisis Data	60
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	62
4.1	Hasil Penelitian.....	62
4.1.1	Konsentrasi awal Logam Cr Total dalam Limbah Cair TPA Piyungan dan Tanaman Eceng Gondok.....	62
4.2	Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Air Limbah Dalam Reaktor.....	64
4.3	Analisa Parameter Cr Total Pada Limbah Cair TPA Piyungan.....	74
4.4	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total.....	77
4.4.1	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Air Limbah TPA Piyungan.....	77
4.4.2	Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh	

Tanaman Eceng Gondok.....	80
4.4.3 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok Dengan Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok.....	81
4.5 Efisiensi Penurunan Logam Cr Total.....	82
4.6 Analisa Tanaman Eceng Gondok.....	83
4.6.1 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok.....	85
4.7 Uji Statistik Parameter Pencemar.....	87
4.7.1 Uji Statistik Parameter Cr Total Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	88
4.7.2 Uji Statistik Parameter Cr Total Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	90
5.1 Kesimpulan.....	90
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	92
LAMPIRAN.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium	21
Tabel 2.2	Limbah cair (<i>Lindi</i>) TPA Piyungan Yogyakarta.....	50
Tabel 3.1	Kriteria Desain Reaktor	55
Tabel 3.2	Variasi Konsentrasi Limbah Cair.....	57
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total	63
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Konsentrasi Awal Cr Total Yang Terdapat Pada Tanaman Eceng Gondok	63
Tabel 4.3	Kondisi Air Limbah 100%.....	65
Tabel 4.4	Kondisi Pertumbuhan Eceng Gondok 100%.....	66
Tabel 4.5	Kondisi Air Limbah 75%.....	67
Tabel 4.6	Kondisi Pertumbuhan Eceng Gondok 75%.....	68
Tabel 4.7	Kondisi Air Limbah 50%.....	69
Tabel 4.8	Kondisi Pertumbuhan Eceng Gondok 50%.....	70
Tabel 4.9	Kondisi Air Limbah 25%.....	71
Tabel 4.10	Kondisi Pertumbuhan Eceng Gondok 25%.....	72
Tabel 4.11	Kondisi Air Limbah 0%.....	73
Tabel 4.12	Kondisi Pertumbuhan Eceng Gondok 0%.....	73
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Cr Total Tanpa Tanaman.....	74
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Cr Total Dengan Tanaman	75
Tabel 4.15	Tingkat Penurunan Logam Cr Total Tanpa Tanaman	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Constructed Wetlands</i> tipe FWS	9
Gambar 2.2	<i>Constructed Wetlands</i> tipe SSF.....	9
Gambar 2.3	Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	11
Gambar 2.4	Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>Constructed Wetlands</i>	11
Gambar 2.5	Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	14
Gambar 2.6	Reaktor Sistem <i>Constructed Wetlands</i> Bertingkat.....	15
Gambar 2.7	Diagram cara kerja uji kandungan Cr (kromium).....	27
Gambar 2.8	Eceng Gondok.....	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	53
Gambar 3.2	Reaktor Tampak Atas (Tanpa Skala)	55
Gambar 3.3	Reaktor Tampak Samping (Tanpa Skala)	56
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Tanpa Tanaman Eceng Gondok	74
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr total Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Menggunakan Tanaman Eceng Gondok	75
Gambar 4.3	Grafik Tingkat Penurunan Kandungan Cr Total Tanpa Tanaman Eceng Gondok.....	78

Gambar 4.4	Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Tanaman Ecceng Gondok	80
Gambar 4.5	Grafik Effisiensi Penurunan Cr Total Reaktor Uji.....	82
Gambar 4.6	Grafik Effisiensi Penurunan Cr Total Reaktor Kontrol.....	83



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



**TINGKAT PENURUNAN KROM TOTAL (Cr)
DARI LIMBAH CAIR TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA DENGAN
CONSTRUCTED WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG
GONDOK (*Eichornia Crassipes*)**

Kasam¹⁾, Eko Siswoyo²⁾, Nugroho Andhoko³⁾

INTISARI

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari adanya lindi atau leachate di TPA Piyungan yaitu pencemaran pada sungai, dan air tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan dengan sistem Constructed Wetlands dengan menggunakan tanaman eceng gondok sebagai media untuk menurunkan konsentrasi Krom (Cr). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi Cr yang terdapat dalam limbah cair TPA Piyungan dan untuk mengetahui apakah limbah cair TPA Piyungan mempengaruhi pertumbuhan 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 air limbah dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom)

Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa tingkat penurunan logam Cr pada hari ke-12, yaitu sebesar 0.0786 mg/L pada konsentrasi 100%, 0.0723 mg/L pada konsentrasi 75%, sedangkan 50%, 25% dan 0% sudah tidak dapat terdeteksi karena batas minimum pembacaan AAS hanya sampai 0,001 mg/L.

Kata kunci : *Constructed Wetlands, Cr Total, eceng gondok, limbah cair TPA Piyungan*

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.

**DECREASING LEVEL OF TOTAL CHROMIUM (Cr)
CONCENTRATION FROM LIQUID WASTE TPA PIYUNGAN WITH
CONSTRUCTED WETLANDS SYSTEM USING WATER HYACINTH
(EICHORNIA CRASSIPES)**

Kasam¹⁾, Eko Siswoyo²⁾, Nugroho Andhoko³⁾

ABSTRACT

One of the environmental problem that was caused by leachate in TPA Piyungan is pollution in water body, like as river, and ground water. This research was carried out by processing the constructed wetlands system using water hyacinth (Eichhornia Crassipes) as the absorbent of total chromium concentrate. The purpose of research is to know the descent level concentration of Total Cr in wastewater of TPA Piyungan and to know is it the wastewater of TPA Piyungan may influenced the growth of water hyacinth (Eichhornia Crassipes) .

This research use reactor made from wood that covered by 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 variation of concentration (100%, 75%, 50%, 25%, and 0%), and sampling time (0, 3, 6, 9, 12 days). The research was carried out of wastewater with using AAS (Atomic Absorption Spectrofotometri).

Based on the research, it is received that the level of total chromium decreasing of the water hyacinth plant on 12 days with 100% concentration was 0.0786 mg/L, 75% concentration was 0.0723 mg/L, but 50%, 25 % and 0 % concentration aren't able to be detected because the lowest reading of AAS only get till 0,001 mg/L

Keyword: Constructed Wetlands, total chromium, water hyacinth (Eichhornia Crassipes), TPA Piyungan.

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.

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 kedalam 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).

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, 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 prosentase daur ulang 20 %. Apabila prosentase 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, date 10/12/2006 time 17:19).

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 pathogen. 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, date 10/12/2006 time 17:18).

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 dari ini sangat potensial, yaitu :

- a. Secara fisik mampu menahan atau menangkap kandungan kandungan polutan yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.

- b. Memanfaatkan (*Utilization*) dan sebagai *transformation* dari berbagai macam jenis mikroorganisme.
- c. Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang sangat rendah dan mudah untuk menghasilkan pengolahan yang baik.

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

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah sistem *Constructed Wetlands* dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat menurunkan konsentrasi Cr yang terkandung dalam limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta?
2. Berapakah efisiensi penurunan konsentrasi Cr pada limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta dengan *Constructed Wetlands* ?
3. Apakah limbah cair TPA Piyungan Yogyakarta akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok (*Eichornia 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 tingkat penurunan konsentrasi 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.

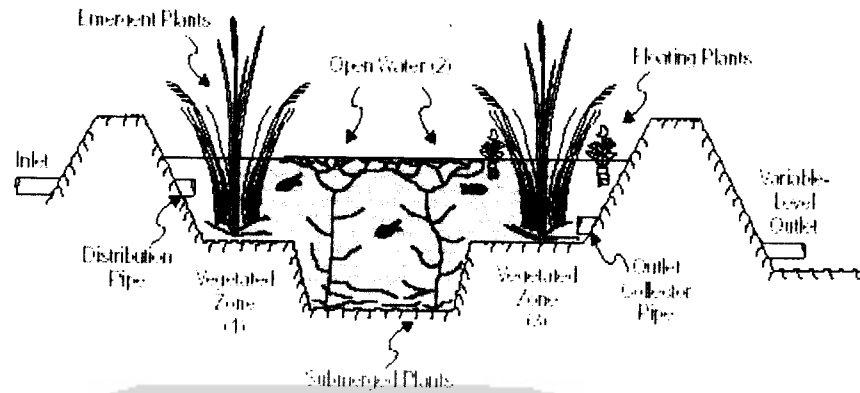
Berdasarkan definisi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

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

Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

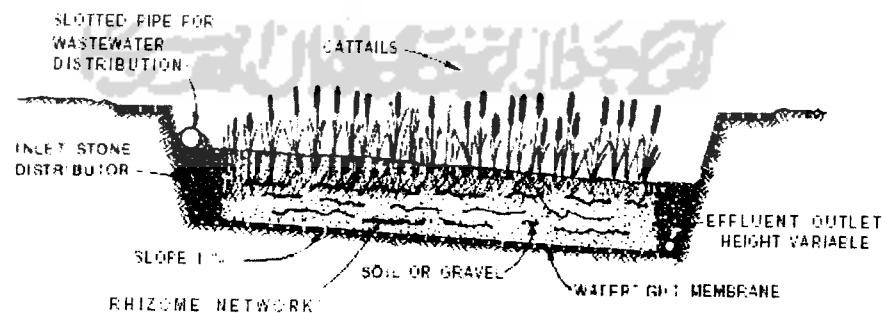
- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)
- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang



Gambar 2.1 *Constructed wetland* tipe FWS

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

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



Gambar 2.2 *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 :

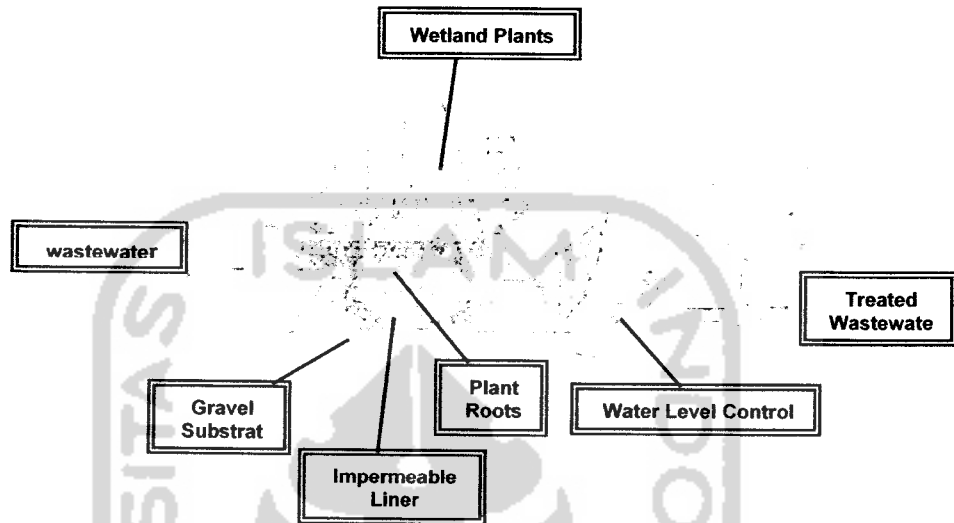
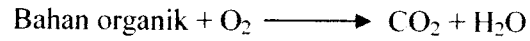
1. Solid (padatan)

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

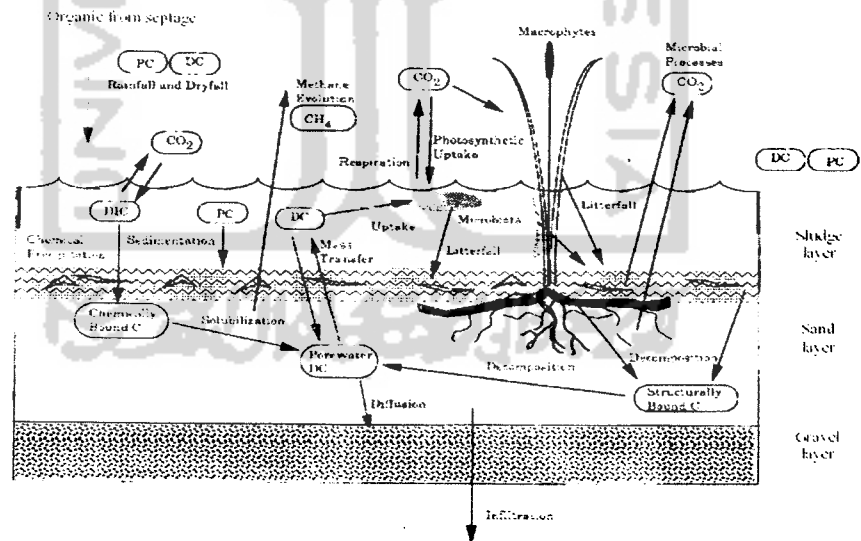
2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan biologis dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Fauzi, 2006).

Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



Gambar 2.3 Reaktor Sistem *Constructed Wetland*



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

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

1. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan *microbial*. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel *suspended*. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds*, *cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *constructed wetland*. Jika menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis, karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Faisal, 2005).

2. Media Reaktor

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

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

3. Mikroorganism

Mikroorganism yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganism *heterotropik aerobic*, sebab pengolahan dengan mikroorganism ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal,1999 dalam Faisal, 2005). Untuk menunjang kehidupan mikroorganism 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 mikroorganism 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 mikroorganism 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 :

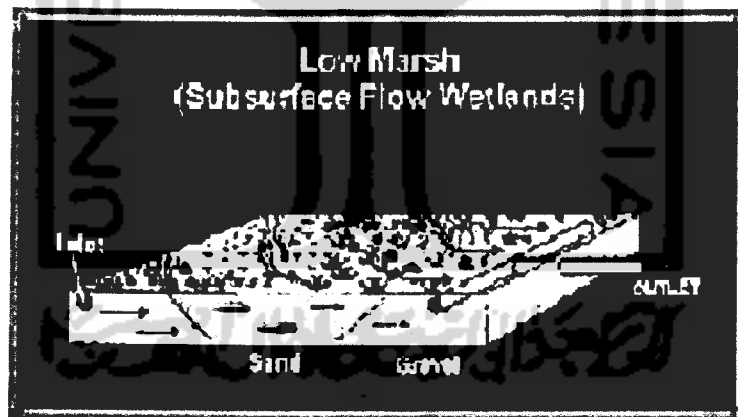
1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Tempat berkembang biaknya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

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.

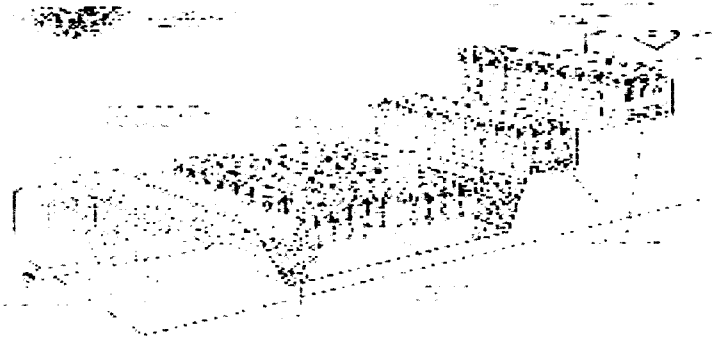
Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *Constructed Wetlands* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

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

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

2.3.1. Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 proses yang berkesinambungan (Bakcr 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 kedalam 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 kedalam 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) dan hitokhelatin-glutatium yang terikat pada Cd (zhu et el.,1999).

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]).

2.3.2. Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok

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

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan 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 kedalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia. (Foth, 1991).

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa kedalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar.

Sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu *xylem* dan *floem*, kebagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan 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).

2.4. 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 Vauquelin pada tahun 1797. Logam Cr dapat masuk ke semua strata lingkungan yaitu strata perairan, tanah, dan udara sebagai logam berat. Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun

tinggi, keracunan akut yang disebabkan oleh Cr pada manusia menyebabkan terjadi pembengkakan pada hati, lendir dari jalur pernapasan, perubahan pada limfa dan ginjal serta kanker paru-paru. (prangtington,1957)

Senyawa 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 (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2,3,6
Potensial elektroda (V)	
M ²⁺ (ag) + 2e → M(s)	-0,56
M ³⁺ (ag) + e → M ²⁺ (ag)	-0,41

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

Kromium (Cr) merupakan unsur yang termasuk dalam grup A dalam sistem periodik unsur, dengan berat jenis 7,14 g/ml; titik lebur 1840 °C; titik didih

2200 °C (Iswanto, 1992). Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk chromite (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 $\text{Cr}(\text{OH})_3$. 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).

Kegunaan chrom adalah sebagai bahan kimia pembantu pada pabrik tinta sebagai zat pewarna, pada pabrik cat dan industri lain dengan proses pencelupan dan penyamakan kulit. Senyawa chrom ini sangat berbahaya karena dapat merusak protein dengan cepat. Distribusi yang berbeda-beda antara 0,4 ppm sampai dengan 11 ppm dan apabila dikonsumsi manusia selama satu tahun akan terakumulasi dengan jumlah besar berada di limpa, tulang, ginjal dan liver.

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.

Kontaminasi chrom dapat terjadi melalui :

1. Pengisian udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar chrom 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 chrom pada kulit dan luka akan membengkak berubah selama beberapa minggu. Selain itu karakter luka akibat kontak langsung dengan chrom dapat pula terjadi pada hidung, lalu merambat keselaput lendir dan pembengkakan pada saluran pernapasan.

3. Makanan dan minuman

Chrom 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 chrom akan dengan cepat menyebar ke pembuluh darah.

Chrom merupakan salah satu unsur logam berat yang sangat beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia, sehingga ditetapkan batas ambang chrom untuk udara $0,1 \text{ mg/m}^3$ dan untuk air ditetapkan $0,05 \text{ ppm}$.

2.4.1 Toksisitas Cr (kromium)

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 (III) dan Cr (II). Sifat racun yang dibawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $\text{K}_3\text{Cr}_2\text{O}_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine.

Kontaminasi logam Khromium dapat terjadi melalui :

- Penghisapan udara tercemar

Dalam menghisap udara yang tercemar akan menyebabkan peradangan dan kanker paru-paru.

- Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang disebabkan oleh kontak dengan kromat pada kulit, dan luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu.

- Makanan dan minuman

Khromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan tertimbun di lever, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker (Palar, 1994).

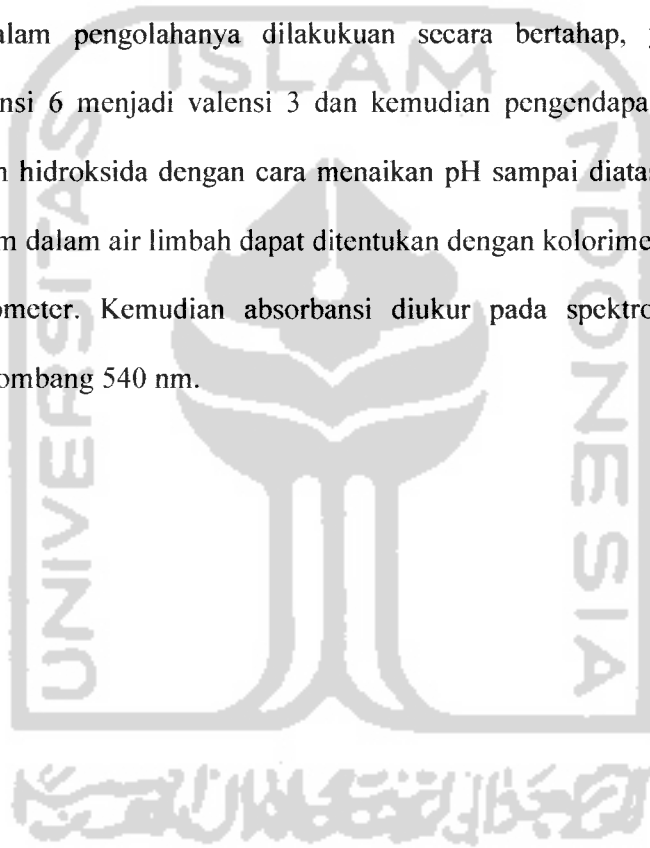
2.4.2 Prinsip Analisis Logam Khromium

Kromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. Untuk mengenal sifat dari khrom mudah berubah dari krom 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.

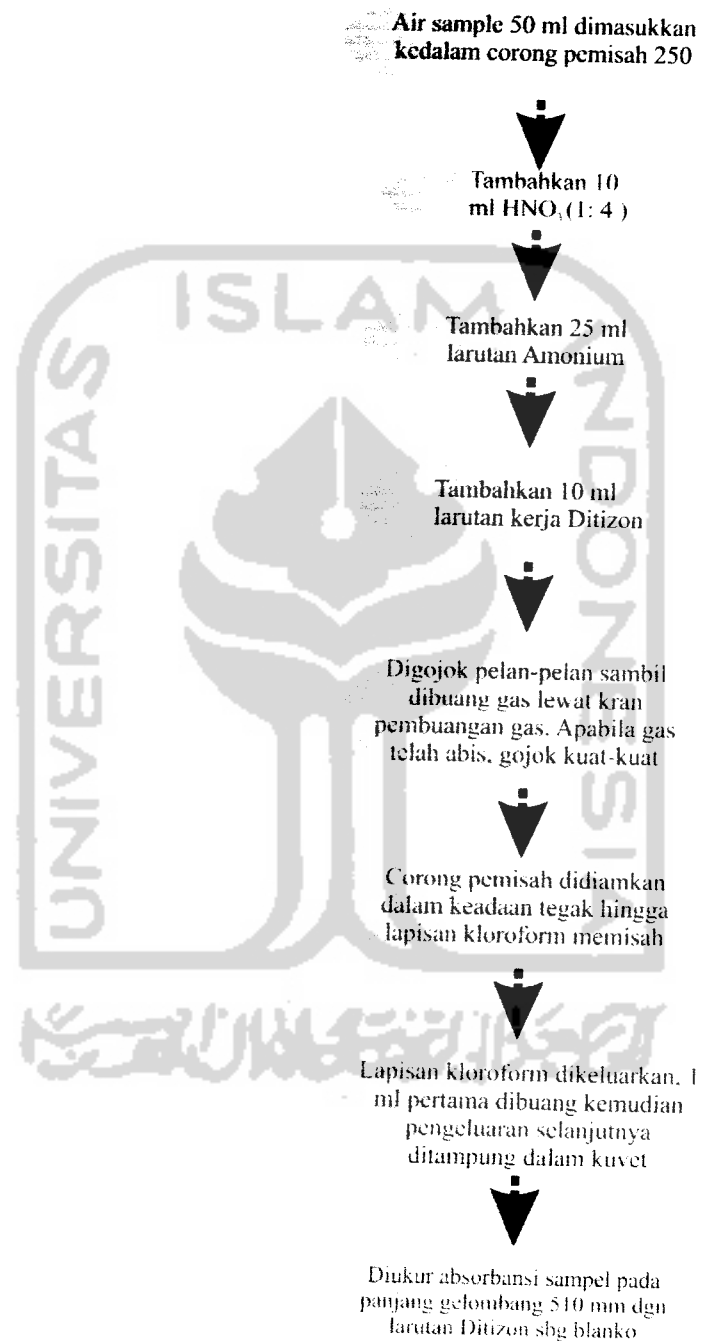
Khrom valensi 3 dapat mengendap dalam bentuk hidroksidanya. Pada khrom hidroksida ini tidak larut dalam air, optimalnya pada kondisi pH = 8,5 - 9,5. khrom hidroksida ini melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau

asam. Khrom valensi 6 sulit dalam pengendapannya, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi, yaitu dari khrom valensi 6 menjadi valensi 3. mereduksi krom valensi 6 menjadi valensi 3 pada cairan 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.



Pemeriksaan kandungan Cr (krom)



Gambar 2.7 Diagram cara kerja uji kandungan Cr (kromium)

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

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

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

Tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) memiliki syarat 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 (1981) melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam cadmium (Cd), merkuri (Hg), masing-masing sebesar 1.35 mg/g dan 1.77 mg/g bila logam tidak tercampur. Eceng gondok juga menyerap Cd 1.23 mg/g.
- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Tjitrosoedirdjo dan Satroustomo (1985) mengemukakan hasil penelitiannya bahwa Pb pada konsentrasi 10 ppm tidak mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok, tetapi Cd pada konsentrasi 10 ppm menghambat pertumbuhan eceng gondok. Lubis dan Sofyan (1986) menyimpulkan logam Cr dapat diserap oleh eceng gondok secara maksimal pada pH 7.

- 5) Penelitian yang dilakukan oleh Zazam (1990) terdapat kerusakan pada morfologi eceng gondok yang disebabkan oleh Cr, namun pada konsentrasi 5-10 mg/L Cr terlihat sangat jelas. Daya serap eceng gondok juga dilakukan terhadap logam Cd, Co, Ni dan Pb dengan konsentrasi yang bervariasi (0,1-5,0 ppm). Pada penelitian ini pola tanam yang digunakan berbeda yaitu dengan menggantikan tanaman yang sudah diletakan didalam pot selama dua hari masa penyerapan dengan tanaman yang baru (Alboulroos dkk,2002).
- 6) Penelitian yang dilakukan oleh Soud dkk (2004) dilakukan analisis cemaran logam Cd, Co, Ni dan Pb, pada tanaman eceng gondok dan *Cerotopylium demersum*. Konsentrasi logam yang ditambahkan 0,1-5 mg/L dengan menggantikan tanaman setiap dua harinya ternyata mampu menyerap seluruh logam setelah 24 dan 36 hari.
- 7) Penelitian yang dilakukan oleh Yanti (2004) menyimpulkan bahwa logam Cu dengan konsentrasi lebih dari 15 ppm ternyata menghambat pertumbuhan eceng gondok. Semakin besar konsentrasi logam yang terserap oleh tumbuhan maka akan mengganggu metabolisme dan pertumbuhan tanaman itu sendiri.
- 8) Penelitian yang dilakukan oleh Mashita (2005). menunjukkan bahwa perbedaan waktu kontak cukup berpengaruh terhadap serapan Logam Cr. Pada pola tanam *sequential harvesting* kadar logam pada akar eceng gondok dari hari ke-7, 14 dan 21 semakin meningkat secara signifikan. Kadar logam Cr sebesar 82,8 ug/g berat kering untuk kontak 7 hari, 191,68

ug/g berat kering untuk waktu kontak 14 hari dan 249.76 ug/g berat kering untuk waktu kontak 21 hari.

- 9) Penelitian yang dilakukan oleh Kumar dkk (1995) menyebutkan sebagian kecil tanaman liar dapat mengakumulasi logam berat melalui proses *fitoekstraksi*. *Fitoekstraksi* logam berat Pb, Cr⁶⁺, Cd, Ni, Zn dan Cu dalam tumbuhan *Brassica Juncea (L) Czern*. Penyerapan terbesar untuk logam Pb pada tanaman *Brassica juncea (L) Czern* yaitu 108,3 mg Pb/g DW dalam akar dan 34,5 mg Pb/g DW dalam batang.
- 10) Penelitian yang dilakukan oleh Dian Amalia dan Alia Damayanti (2005), menggunakan tanaman eceng gondok untuk menurunkan kadungan Cr⁶⁺ pada air limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik, kecuali pada konsentrasi terbesar.

2.6. Spektrofotometer Serapan Atom

Dalam penelitian ini digunakan pengukuran Spektrofotometer Serapan Atom dengan system 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).

2.6.1 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 μ L.
- 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, HNO₃ 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 dispiked.
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 tahaapan sebagai berikut :

- 1) Tuangkan larutan logam sebanyak 1,0 g dari kemasan ke dalam labu ukur 1000 mL, tambahkan HNO₃ (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 optimaalkan untuk pengukuran logam Cr sesuai dengan petunjuk penggunaan alat.
- 2) Siapkan larutan standar satu per satu kedalam alat SSA melalui pipa kapiler, kemudian baca dan catat masing-masing serapan masuknya, mulai pada konsentrasi rendah.
- 3) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih dari 2% periksa alat dan ulangi langkah 1) dan 2) apabila perbedaan lebih kecil atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya.
- 4) Buat kurva kalibrasi dari data 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 $0,45 \mu\text{m}$, 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 kedalam 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 :

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

2.7. Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

A. Kedudukan dan taksonomi

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

- ✓ Divisi : Spermatophyta
- ✓ Subdivisi : Angiospermae
- ✓ Kelas : Monocotyledoneae
- ✓ Ordo : Farinosae
- ✓ Familia : Pontederiaceae
- ✓ Genus : *Eichornia*
- ✓ Spesies : *Eichornia crassipes*

B. Deskripsi tanaman

Akar : Akar tumbuhan ini adalah akar serabut. Akar eceng gondok mempunyai rambut berjumlah banyak sesuai dengan fungsinya yaitu menyerap zat hara yang terkandung dalam air.

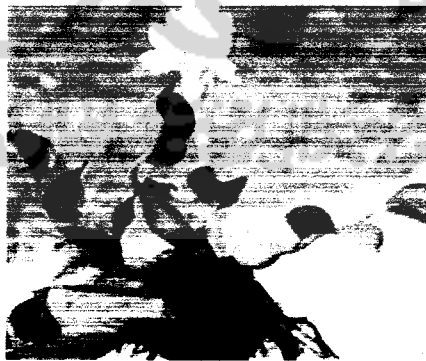
Batang : Batang sangat pendek dan tidak mempunyai percabangan dengan jaringan palisade yang berupa jaringan bunga karang, berfungsi sebagai rongga udara.

Daun : Daun terbentuk dalam roset, helaian daun bulat telur pada yang muda dan berbentuk jantung pada yang dewasa, sedangkan tulang daun melengkung rapat. Permukaan daunnya dilapisi oleh zat lilin sebagai pelindung terhadap

kelimpahan air ditempat hidupnya. Pada daun dan tangkai daun terdapat aerenkim yang berfungsi sebagai alat pengapung tubuh dan dapat melakukan fotosintesis karena adanya klorofil.

Bunga : Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung, bertangkai panjang dan berbunga 6 – 35, tangkai bunga dengan dua daun pelindung (spatha) yang duduknya sangat dekat. Bagian pangkal berwarna hijau, perigonium tersusun atas 2 lingkaran masing-masing dengan 3 tepala berwarna ungu.

Distribusi tanaman ini meliputi daerah yang sangat luas, karena didukung oleh sifatnya yang dengan mudah memisahkan diri dari kelompok (Daubermine, 1974 ; Weaver, 1980)



Gambar 2.8 Eceng gondok

C. Penurunan logam berat oleh eceng gondok

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

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada medium sekitarnya dan biasanya bermuatan negatif. Penurunan ini melibatkan energi sebagai konsekuensi dari keberadaannya.

Hasil labnya menunjukkan eceng gondok mampu mengikat unsur logam dalam air. Makanya tanaman ini hanya cocok hidup di air yang kotor dibandingkan air bersih (LIPI Balipost).

D. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan eceng gondok:

1. Cara berkembang biak dan penyebarannya.

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

2 Ketenangan air (fluktuasi air)

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

3 Cahaya matahari, pH dan suhu

Eceng gondok sangat memerlukan sinar matahari dengan suhu optimum $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. Untuk pertumbuhan yang lebih baik Eceng Gondok memerlukan pH 7 – 7,5 pH yang baik untuk penyerapan dalam tanaman eceng gondok pada pH 6.5 (El-Gendy, A.S, Biswas, N, Bewtra, J.K)

4 Unsur hara

Eceng Gondok ini sangat tahan terhadap kadar unsur hara yang rendah dalam air tetapi responnya terhadap kadar hara tinggi juga sangat besar, N dan P seringkali merupakan faktor pembatas, kedua unsur hara ini adalah unsur yang sangat penting dan diperlukan dalam jumlah yang besar.

5 Salinitas

Eceng Gondok sampai 100 m dari pantai dalam kondisi air sungai yang mempunyai salinitas kurang lebih 1% masih dapat tumbuh.

6 Faktor biotik

Pertumbuhan massal suatu jenis gulma air tergantung dari jenis tumbuhan lain yang bersamanya. Eceng Gondok yang berasal dari Amerika Serikat ini dapat tumbuh baik di Indonesia.

7. Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

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

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

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

2.7.1. 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 di tanah 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 :

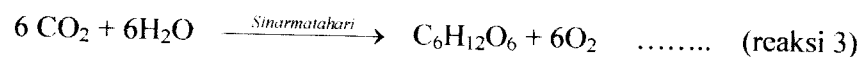
a. Transpirasi

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 factor 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 :

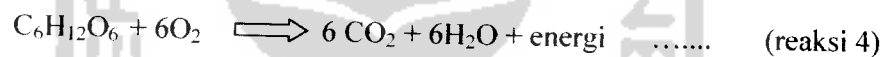


Dalam proses fotosintesis ini tanaman membutuhkan CO_2 dan H_2O dan dengan bantuan sinar matahari akan menghasilkan glukosa dan

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 ($C_6H_{12}O_6$) diubah menjadi zat-zat sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983), reaksi kimia adalah :



2.7.2. Manfaat Eceng Gondok

Little (1968) dan Lawrence dalam Mocnandir (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 ammonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.
4. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
5. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
6. Sebagai bahan baku karbon aktif.

2.7.3 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.

2.8. 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).

Limbah yang digunakan dalam *Contracted Wetland* 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).

Setiap harinya sekitar 300 rit atau truk ukuran besar pengangkut sampah masuk di lokasi TPA Piyungan, dan sekitar 250 – 270 rit 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 Penychatan 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, 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 system *sanitary landfill* mensyaratkan sampah yang dibuah 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 disusul 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 system pengolahan air lindi. Indikasi dari pencemaran ini adalah timbulnya bau tidak sedap dan perubahan warna (discoloration) air yang mengalir melalui anak Kali Opak.

Seperti umumnya TPA, pada proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut Lindi (*Leachate*). Lindi 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	-
Klorin 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)

2.9. 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 di lakukan di halaman laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UIH, Sleman, Yogyakarta dan pengujian sampel di lakukan di Badan Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL) Yogyakarta.

3.2. Jenis Penelitian

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

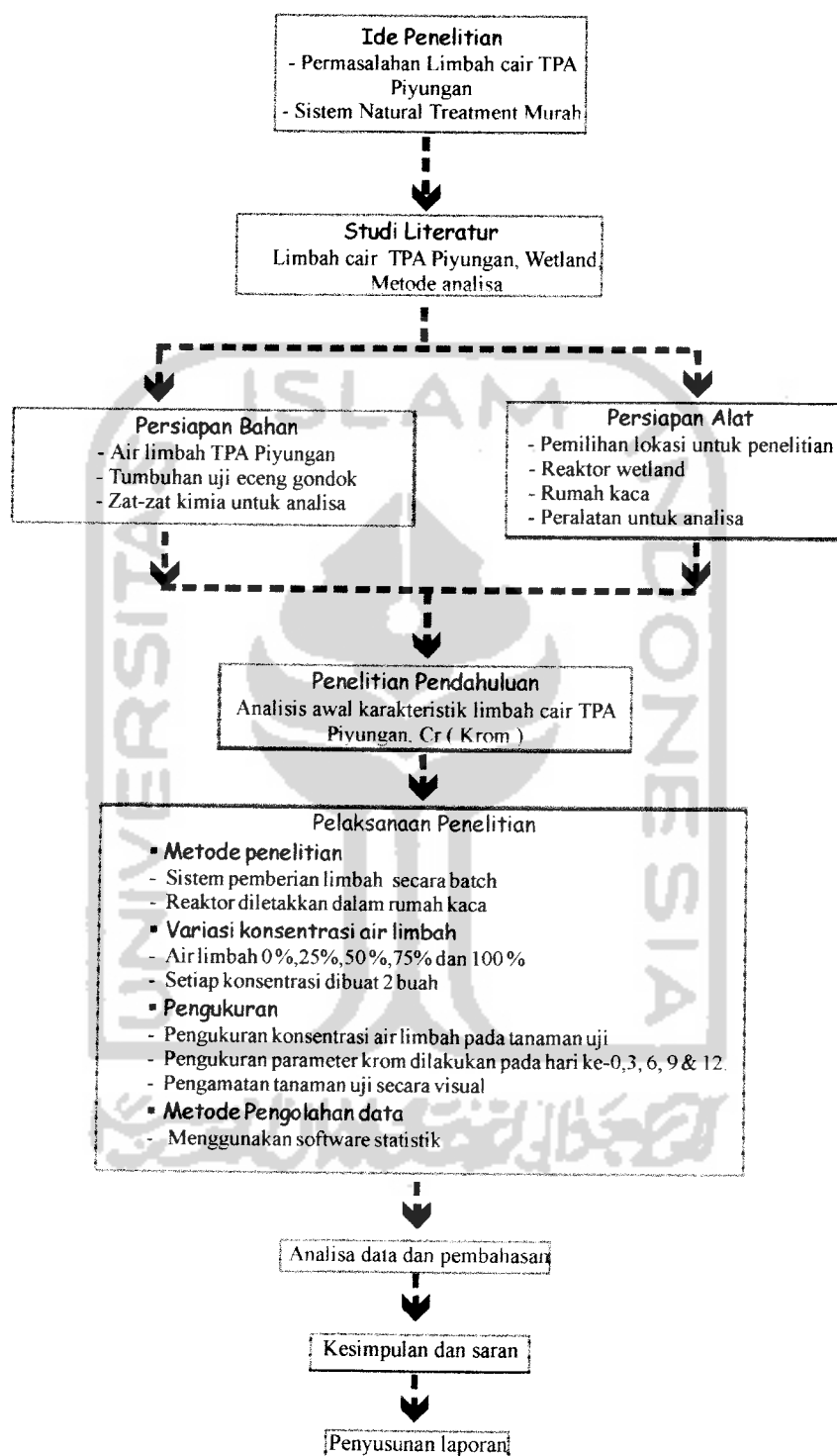
3.3 Waktu Penelitian

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 setinggi 10 cm dari permukaan tanah, dimana air tersebut merupakan pencampuran antara air dengan limbah. Penelitian ini dilakukan di dalam rumah tanaman.

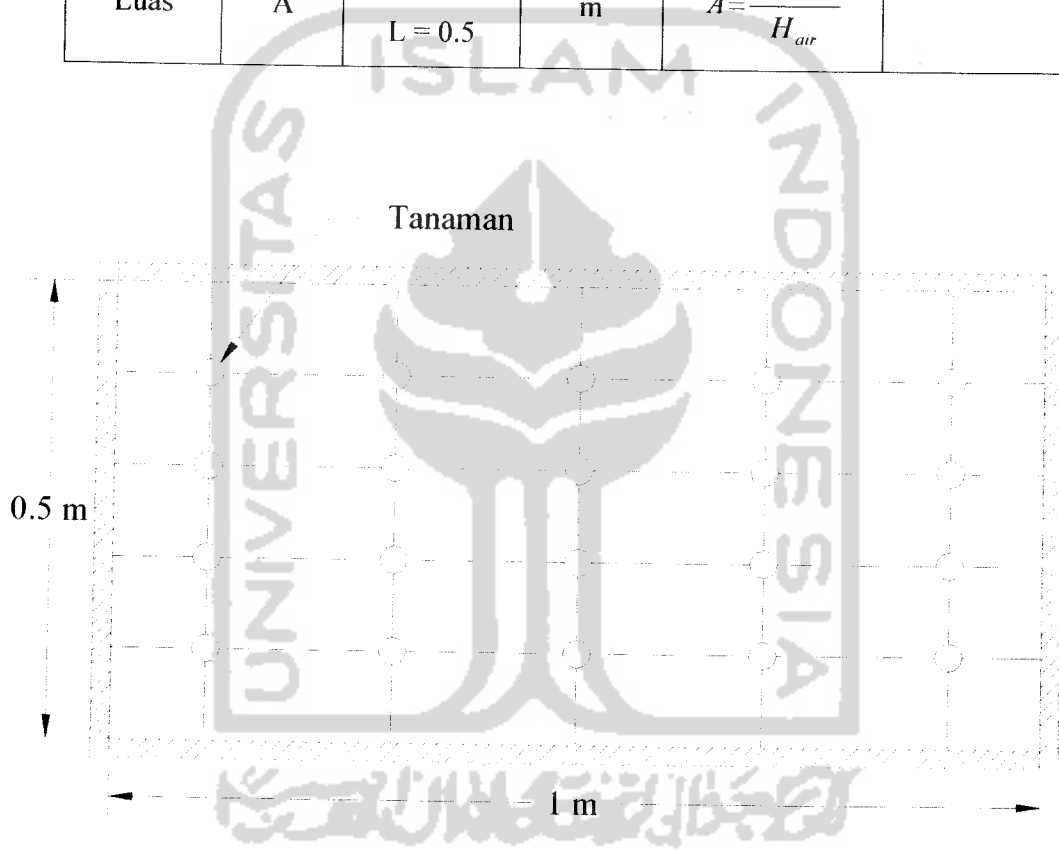
b. Dimensi Reaktor

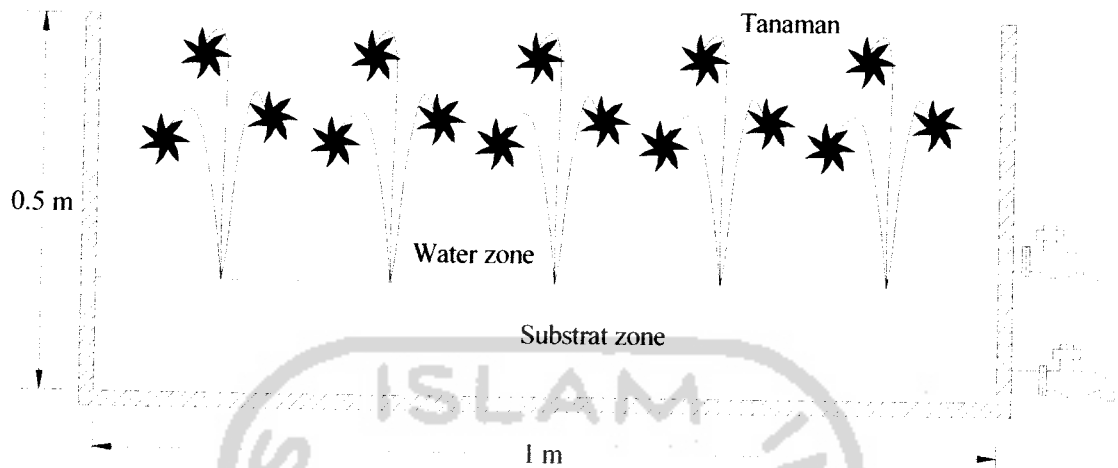
Reaktor terbuat dari kayu dan dilapisi plastik sebagai lapisan kedap air. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah reaktor. Tiap reaktor akan diberi perlakuan konsentrasi limbah yang berbeda. Reaktor diatas terbagi atas reaktor kontrol, dimana reaktor ini diberi limbah namun tidak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

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

Tabel 3.1. 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 3.3 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 sumur. Pengaliran limbah cair pada reaktor dilakukan selama 12 hari, kemudian dilakukan analisa 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 di sawah-sawah maupun di perairan lainnya, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor (destilasi). 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 konsentrasi logam Cr

Penentuan kandungan logam Cr dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat spektrofotometer serapan atom model AA - 782 Nippon Jarel Ash. Adsorbansi logam Cr diukur dengan menggunakan metode nyala (flame) pada kondisi optimum. Standarisasi alat AAS digunakan larutan blangko dan dapat dibuat deret larutan standar, dimana dari deret larutan standar ini akan diperoleh kurva baku atau kurva standar linear yang dibuat berdasarkan

adsorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Cr dengan konsentrasi yang telah diketahui (perhitungan di lampiran 1). Perhitungan konsentrasi hasil pengukuran (C_{regresi}) dengan metode standar kalibrasi dilakukan dengan cara memasukan harga serapan sampel Y , sehingga :

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

Kadar unsur dalam sampel dihitung dengan persamaan :

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

Dengan :

x = Kadar unsur (mg/mL)

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

V = Volume larutan sampel (mL)

P = Faktor pengenceran

g = Sarat sampel

3.7. Metode Analisa Laboratorium

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

1. Analisa awal, dilakukan pada saat pengambilan limbah 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 Konsentrasi

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 efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat penurunan) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji dan air limbah). Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan *software* statistik, misalnya analisa varians (ANOVA). Data-data tersebut diolah dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan *software* SPSS 11.5 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 TPA Piyungan 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 Konsentrasi Awal Cr Total

No.	Sample	Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/L)	Metode
1	0%	0.0007	0.0140	AAS
2	25%	0.0010	0.0430	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 TPA Piyungan untuk parameter Cr Total belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh di atas standart 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 atau destilasi selama 3 hari. 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

Pemanfaatan tanaman eceng gondok untuk pengolahan limbah cair TPA Piyungan dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan volume 200 L

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

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

Dimana : S_0 = Kadar pencemar sebelum perlakuan

S_1 = Kadar pencemar sesudah perlakuan

Hasil perhitungan dapat dilihat pada daftar lampiran

4.2 Analisa Pertumbuhan Tanaman dan Air Limbah Dalam Reaktor

Proses pengolahan limbah cair TPA Piyungan dengan system *Constructed Wetland* yang menggunakan tanaman eceng gondok sebagai media utama didalam meremoval kandungan pencemar air limbah ditentukan dengan terjadinya penurunan konsentrasi Krom (Cr) .

Dengan variasi dan kondisi tanaman dalam reaktor sebagai berikut :

- a. Reaktor limbah tanpa eceng gondok dengan konsentrasi limbah 100% sebagai kontrol, proses yang terjadi pada reaktor ini adalah proses filtrasi melalui media tanah dalam reaktor dan terjadinya evaporasi dari efek sinar matahari. Untuk kondisi warna dan bau limbah cair tidak terjadi perubahan yang signifikan, artinya bahwa dari hari ke 0, 3, 6, 9 sampai 12 kondisi warna dan bau limbah cair relatif sama yakni warna coklat kehitam-hitaman dengan kondisi bening dan berbau. Berikut Tabel 4.3 kondisi air limbah dalam reaktor kontrol.

Tabel 4.3 Kondisi Air Limbah 100%

Hari dengan konsentrasi limbah 100%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau	Warna	pH
Hari ke- 0	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6
Hari ke- 3	bening	berbau	Cokelat kehitam hitaman	7.5
Hari ke- 6	bening	berbau	Cokelat kehitam hitaman	7.5
Hari ke- 9	bening	berbau	Cokelat kehitam hitaman	8
Hari ke- 12	bening	berbau	Cokelat kehitam hitaman	7.5

Sumber : Data primer 2007

b. Reaktor dengan Eceng Gondok dengan Konsentrasi limbah 100%, dimana dalam reaktor ini diharapkan terjadinya proses meremoval kandungan limbah oleh tanaman dan media dalam reaktor. Proses-proses yang terjadi adalah penguraian limbah menjadi nutrisi bagi tanaman yaitu bahan organik yang terkandung dalam air limbah berupa karbohidrat dengan adanya oksigen akan menghasilkan karbondioksida dan air berikut reaksinya :



proses filtrasi limbah oleh media tanam. Penguraian limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh di dalam limbah yang diharapkan berupa mikroorganisme aerob karena mikroorganisme ini selain mengurai limbah juga akan mempertahankan kandungan oksigen dalam air limbah yang akan mengurangi bau dari limbah cair. Pertumbuhan tanaman Eceng Gondok pada reaktor ini dihari ke-0 sampai ke-6 masih cukup baik sehingga pada kondisi ini proses penguraian limbah cukup efektif hal ini

di pengaruhi oleh daya serap akar tanaman terhadap limbah masih cukup baik, sedangkan pada hari ke-6 dan seterusnya terjadi penurunan tingkat meremoval air limbah oleh tanaman di akibatkan karena tanaman Eceng Gondok mengalami penurunan daya tahan hidupnya hal ini terlihat dengan semakin layunya tanaman dan mengalami fase kematian akibat tingginya konsentrasi air limbah, untuk kondisi pH pada reaktor ini berkisar antara 6 - 8 atau relatif normal jadi tidak terlalu mempengaruhi daya tahan eceng gondok. Berikut Tabel 4.2 gambaran kondisi pertumbuhan tanaman eceng gondok dengan konsentrasi air limbah 100%.

Tabel 4.4 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok 100%

Hari pada Reaktor limbah 100%	Kondisi dan Jumlah Komponen dari Eceng Gondok				
	Akar	Batang	Daun	Mati	Hidup
Hari ke- 0	15 cm segar Cokelat	64 cm hijau segar	(15.5 x 17.5) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 3	15 cm segar coklat	64 cm hijau segar	(13 x 15,5) cm hijau agak segar	0	14
Hari ke- 6	15 cm segar coklat	63 cm hijau kekuningan segar	(13 x 15) cm Hijau kekuningan dan agak segar	0	14
Hari ke- 9	15 cm Segar coklat	62 cm kecoklatan layu	(12 x 15) cm Hijau kekuningan agak segar	1	13
Hari ke- 12	15 cm Segar coklat	62 cm kecoklatan layu	(11 x 14.5) cm hijau kekuningan agak segar	2	12

Sumber : Data primer 2007

c. Reaktor limbah tanpa Eceng Gondok dengan konsentrasi limbah 75% sebagai kontrol, proses yang terjadi pada reaktor ini juga terjadi proses filtrasi melalui media tanah dalam reaktor dan terjadinya evaporasi dari efek sinar matahari. Untuk kondisi warna dan bau limbah cair tidak terjadi perubahan yang signifikan, artinya bahwa dari hari ke 0, 3, 6, 9 sampai 12 kondisi warna dan bau limbah cair relatif sama yakni warna cokelat kehitam-hitaman dengan kondisi bening dan berbau. Sedangkan kondisi pH berkisar antara 7-8. berikut Tabel 4.3 gambaran kondisi reaktor tanpa tanaman Eceng Gondok dalam konsentrasi 75%.

Tabel 4.5 Kondisi Air Limbah 75%

Hari dengan konsentrasi limbah 75%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau	Warna	pH
Hari ke- 0	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7
Hari ke- 3	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7.5
Hari ke- 6	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7.5
Hari ke- 9	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7.5
Hari ke- 12	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7.5

Sumber : Data primer 2007

d. Reaktor dengan Tanaman eceng gondok konsentrasi limbah 75% proses yang terjadi dalam reaktor ini juga seperti pada reaktor yang pertama yaitu proses penguraian bahan organik dengan mikroorganisme aerobik dan proses filtrasi oleh media tanah. Pertumbuhan tanaman eceng gondok pada hari ke-0 sampai 6 masih relatif baik sehingga penguraian konsentrasi

limbah terjadi puncaknya pada hari ke-3, hal ini di karenakan media tanaman belum terpengaruh oleh adanya racun krom dan kandungan oksigen daklam air limbah relatif masih normal. Sedangkan pada hari ke-6 sampai 12 pertumbuhan tanaman eceng gondok semakin menurun, ini disebabkan karena kadar O_2 semakin berkurang serta pengaruh dari logam berat seperti Cr. Untuk kondisi pH pada reaktor 75% ini adalah yang paling tinggi yaitu 7-8. Berikut Tabel 4.4 gambaran kondisi tanaman eceng gondok dalam reaktor konsentrasi 75%.

Tabel 4.6 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Konsentrasi 75%

Hari pada Reaktor limbah 75%	Kondisi dan Jumlah Komponen dari Eceng Gondok				
	Akar	Batang	Daun	Mati	Hidup
Hari ke- 0	15 cm segar Cokelat	75 cm hijau segar	(16 x 19,5) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 3	15 cm segar Cokelat	75 cm hijau segar	(14 x 19) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 6	15 cm segar Cokelat	75 cm hijau segar	(13 x 18) cm Hijau agak layu	1	13
Hari ke- 9	15 cm segar Cokelat	75 cm hijau segar	(11,5 x 18) cm hijau layu	2	12
Hari ke- 12	15 cm segar Cokelat	73 cm hijau segar	(11 x 17) cm hijau layu	4	10

Sumber : Data primer 2007

e. Reaktor limbah tanpa Eceng Gondok dengan konsentrasi limbah 50% sebagai kontrol, proses yang terjadi pada reaktor ini juga sama dengan proses yang terjadi pada reaktor sebelumnya yaitu proses filtrasi melalui media tanah dalam reaktor dan terjadinya evaporasi dari efek sinar matahari. Untuk kondisi warna dan bau limbah cair juga tidak terjadi perubahan yang signifikan, artinya bahwa dari hari ke 0, 3, 6, 9 sampai 12

kondisi warna dan bau limbah cair relatif sama yakni warna cokelat kehitam-hitaman dengan kondisi bening dan berbau. Sedangkan kondisi pH berkisar antara 6.5 - 7.5. berikut Tabel 4.5 gambaran kondisi reaktor tanpa tanaman eceng gondok dalam konsentrasi 50%.

Tabel 4.7 Kondisi Air Limbah 50%

Hari dengan konsentrasi limbah 50%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau	Warna	pH
Hari ke- 0	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5
Hari ke- 3	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7
Hari ke- 6	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5
Hari ke- 9	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	7
Hari ke- 12	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5

Sumber : Data primer 2007

f. Reaktor dengan Tanaman Eceng Gondok dengan konsentrasi limbah 50%, proses-proses removal limbah pada reaktor ini lebih meningkat dari reaktor-reaktor sebelumnya. Pertumbuhan media eceng gondok pada hari ke-0 sampai ke-4 cukup baik sedangkan pada hari ke 6 kondisi eceng gondok layu agak layu hal ini terlihat pada bagian batang eceng gondok agak berwarna cokelat kehijauan sedangkan daunnya sebagian berwarna kuning dan sebagian lagi berwarna hijau, sedangkan pada hari ke-8 sampai 12 kondisi tanaman sudah kurang efisien lagi, hal ini dapat dilihat dari komponen tanaman yang sudah berwarna cokelat berikut Tabel 4.6

gambaran kondisi reaktor dengan tanaman eceng gondok dalam konsentrasi 50%.

Tabel 4.8 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Konsentrasi 50%

Hari pada Reaktor limbah 50%	Kondisi dan Jumlah Komponen dari Eceng Gondok				
	Akar	Batang	Daun	Mati	Hidup
Hari ke- 0	15 cm segar Cokelat	65 cm hijau segar	(20 x 19) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 3	15 cm segar Cokelat	65 cm hijau segar	(20 x 18) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 6	15 cm segar Cokelat	64 cm Cokelat kehijauan	(20 x 18) cm Hijau agak layu	0	14
Hari ke- 9	15 cm segar Cokelat	64 cm Cokelat kehijauan	(19,5 x 18) cm Hijau kekuningan layu	1	13
Hari ke- 12	15 cm segar Cokelat	64 cm Cokelat kehijauan	(19 x 17) cm hijau kekuningan layu	1	13

Sumber : Data primer 2007

g. Reaktor limbah tanpa eceng gondok dengan konsentrasi limbah 25%
 Reaktor limbah tanpa eceng gondok dengan konsentrasi limbah 25% sebagai kontrol, proses yang terjadi pada reaktor ini juga sama dengan proses yang terjadi pada reaktor sebelumnya yaitu proses filtrasi melalui media tanah dalam reaktor dan terjadinya evaporasi dari efek sinar matahari. Untuk kondisi warna dan bau limbah cair juga tidak terjadi perubahan yang signifikan, artinya bahwa dari hari ke 0, 3, 6, 9 sampai 12 kondisi warna dan bau limbah cair relatif sama yakni warna cokelat kehitam-hitaman dengan kondisi bening dan berbau. Sedangkan kondisi

pH berkisar antara 6 - 6.5. berikut Tabel 4.7 gambaran kondisi reaktor tanpa tanaman eceng gondok dalam konsentrasi 25%.

Tabel 4.9 kondisi Air Limbah 25 %

Hari dengan konsentrasi limbah 25%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau	Warna	pH
Hari ke- 0	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6
Hari ke- 3	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5
Hari ke- 6	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5
Hari ke- 9	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6.5
Hari ke- 12	bening	berbau	Colelat kehitam hitaman	6

Sumber : Data primer 2007

h. Reaktor dengan Tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 25%, proses-proses removal limbah pada reaktor ini lebih meningkat dari reaktor-reaktor sebelumnya. Pertumbuhan media eceng gondok pada hari ke-0 sampai ke-9 cukup baik sedangkan pada hari ke 12 kondisi Eceng Gondok agak layu hal ini terlihat pada bagian batang eceng gondok agak berwarna cokelat kehijauan. berikut Tabel 4.8 gambaran kondisi reaktor dengan tanaman eceng gondok dalam konsentrasi 25%.

Tabel 4.10 kondisi Pertumbuhan Tanaman Eceng Gondok Konsentrasi 25%

Hari pada Reaktor limbah 25%	Kondisi dan Jumlah Komponen dari Eceng Gondok				
	Akar	Batang	Daun	Mati	Hidup
Hari ke- 0	15 cm segar Cokelat	54 cm hijau segar	(16 x 15) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 3	15 cm segar Cokelat	54 cm hijau segar	(16 x 15) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 6	15 cm segar Cokelat	54 cm hijau segar	(16 x 15) cm Hijau segar	0	14
Hari ke- 9	15 cm segar Cokelat	54 cm hijau segar	(16 x 15) cm Hijau segar	0	14
Hari ke- 12	15 cm segar Cokelat	53 cm hijau kekuningan	(15 x 15) cm hijau kekuningan layu	0	14

Sumber : Data primer 2007

i. Reaktor limbah tanpa eceng gondok dengan konsentrasi limbah 0%

Reaktor limbah tanpa eceng gondok dengan konsentrasi limbah 0% sebagai kontrol, proses yang terjadi pada reaktor ini juga sama dengan proses yang terjadi pada reaktor sebelumnya yaitu proses filtrasi melalui media tanah dalam reaktor dan terjadinya evaporasi dari efek sinar matahari. Untuk kondisi warna dan bau limbah cair juga tidak terjadi perubahan yang signifikan, artinya bahwa dari hari ke 0, 3, 6, 9 sampai 12 kondisi warna dan bau air relatif sama yakni warna putih bening. Sedangkan kondisi pH berkisar antara 6-6.5. Berikut tabel 4.9 gambaran kondisi reaktor tanpa tanaman eceng gondok dalam konsentrasi 0%.

Tabel 4.11 kondisi air limbah 0%

Hari dengan konsentrasi limbah 0%	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau	Warna	pH
Hari ke- 0	bening	Tidak berbau	Putih bening	6
Hari ke- 3	bening	Tidak berbau	Putih bening	6.5
Hari ke- 6	bening	Tidak berbau	Putih bening	6
Hari ke- 9	bening	Tidak berbau	Putih bening	6
Hari ke- 12	bening	Tidak berbau	Putih bening	6

Sumber : Data primer 2007

j. Reaktor dengan Tanaman eceng gondok dengan konsentrasi limbah 0%, proses-proses removal limbah pada reaktor ini lebih meningkat dari reaktor-reaktor sebelumnya. Pertumbuhan media eceng gondok pada hari ke-0 sampai ke-12 sangat baik karena tidak terpengaruh oleh limbah. berikut Tabel 4.12 gambaran kondisi reaktor dengan tanaman Eceng Gondok dalam konsentrasi 0%.

Tabel 4.12 kondisi pertumbuhan tanaman Eceng Gondok konsentrasi 0%

Hari pada Reaktor limbah 0%	Kondisi dan Jumlah Komponen dari Eceng Gondok				
	Akar	Batang	Daun	Mati	Hidup
Hari ke- 0	15 cm segar Cokelat	58 cm hijau segar	(15 x 16) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 3	15 cm segar Cokelat	58 cm hijau segar	(15 x 16) cm hijau segar	0	14
Hari ke- 6	15 cm segar Cokelat	58 cm hijau segar	(16 x 16) cm Hijau segar	0	14
Hari ke- 9	15 cm segar Cokelat	58 cm hijau segar	(16 x 17) cm Hijau segar	0	14
Hari ke- 12	15 cm segar Cokelat	58 cm hijau kekuningan	(16 x 18) cm Hijau segar	0	14

Sumber : Data primer 2007

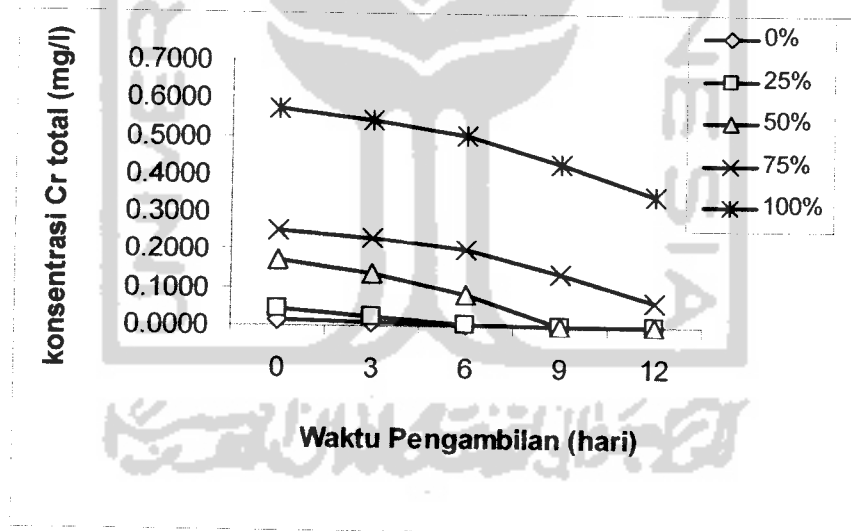
4.3 Analisa Parameter Cr Total Pada Limbah Cair TPA Piyungan

Untuk analisa Cr total pada limbah cair TPA Piyungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah TPA Piyungan Tanpa Menggunakan Tanaman

Air	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0,0140	0,0210	0,0097	0,0099	0,0030	0,0033	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	0,0430	0,0390	0,0267	0,0266	0,0039	0,0043	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
50%	0,1719	0,1792	0,1370	0,1371	0,0815	0,0817	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
75%	0,2517	0,2623	0,2327	0,2330	0,2002	0,2004	0,1356	0,1354	0,0632	0,0629
100%	0,5721	0,5678	0,5422	0,5424	0,5023	0,5026	0,4288	0,4286	0,3457	0,3461

Sumber : Data primer 2007

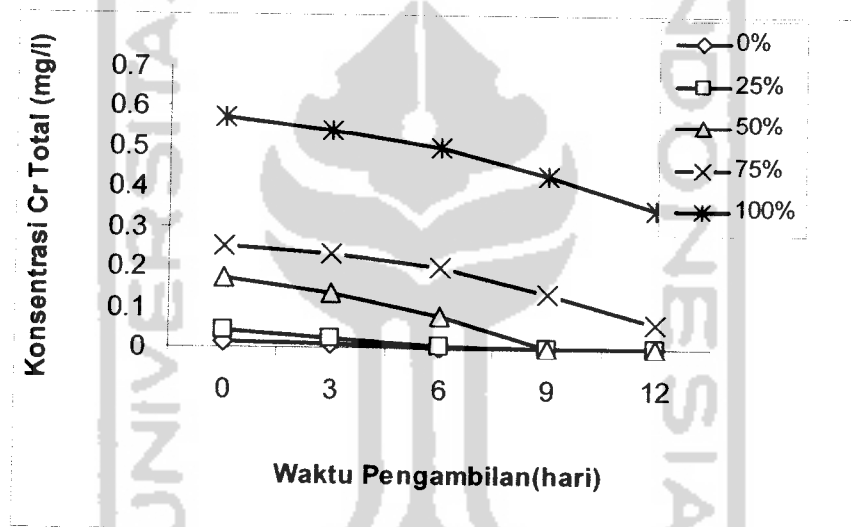


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Penurunan Kandungan Cr Total dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng gondok

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Konsentrasi Cr Total Pada Air Limbah TPA Piyungan Dengan Tanaman Eceng Gondok

Air dan Tanaman	hari ke 0 Cr		hari ke 3 Cr		hari ke 6 Cr		hari ke 9 Cr		hari ke 12 Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0%	0,014	0,021	0,0085	0,0087	0,0018	0,0021	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
25%	0,043	0,039	0,0253	0,0252	0,0025	0,0029	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
50%	0,172	0,1792	0,1354	0,1355	0,0799	0,0801	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
75%	0,252	0,2623	0,2315	0,2318	0,1990	0,1992	0,1344	0,1342	0,0620	0,0617
100%	0,572	0,5678	0,5408	0,541	0,5009	0,5012	0,4274	0,4272	0,3443	0,3447

Sumber : Data primer 2007



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

Dari Gambar 4.2 dapat terlihat perbedaan penurunan dari hari ke-0 sampai hari ke-12. Proses penurunan konsentrasi Cr total terjadi karena proses penyerapan, dan juga terjadi karena proses pengendapan. Hal ini dapat dilihat pada reaktor yang tidak ditanami tanaman eceng gondok yang terjadi penurunan kadar Cr total, karena selama penelitian reaktor didiamkan sehingga dapat

diketahui bahwa dalam hal ini telah terjadi proses pengendapan Cr total secara alami.

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

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

Pada reaktor kontrol atau reaktor tanpa menggunakan tanaman eceng gondok terjadi proses penurunan kadar Cr total. Hal ini disebabkan karena Cr total dengan oksigen terjadi oksidasi dalam bentuk kromat bereaksi dengan kation dan partikel lain dalam air menjadi garam mengendap.

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

4.4 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total

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

4.4.1 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Pada Air Limbah TPA Piyungan

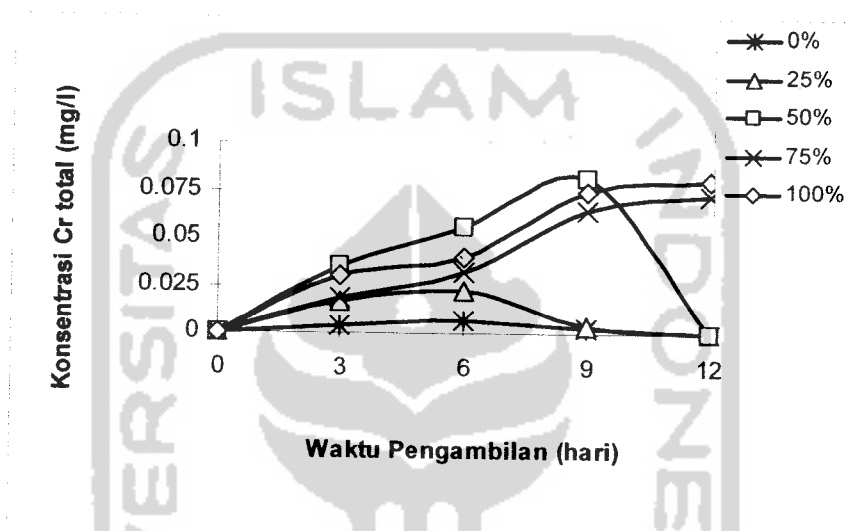
Berikut ini adalah tabel tingkat penurunan tanaman eceng gondok pada setiap variasi waktu pengambilan sample :

Tabel 4.15 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari TPA Piyungan Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi Limbah	Penurunan Kandungan Cr Total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
0%	0	0,0043	0,0067	0,0030	0
25%	0	0,0163	0,0228	0,0039	0
50%	0	0,0349	0,0555	0,0815	0
75%	0	0,0190	0,0325	0,0647	0,0723
100%	0	0,0299	0,0398	0,0749	0,0807

Sumber : Data primer 2007

Dari Tabel 4.15 diatas menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan logam Cr total maksimal 0.0815 mg/L pada konsentrasi limbah 50% pada hari ke-9. Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penurunan tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.3 Grafik Tingkat Penurunan Logam Cr Total Tanpa Tanaman Eceng Gondok

Dari Gambar 4.3 diatas dapat dilihat tingkat penurunan oleh tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 tanaman eceng gondok mampu menurunkan limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0043mg/L , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0163 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0349 mg/L pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.0190 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0299 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penurunan terbesar hari ke-9 pada konsentrasi 50% sebesar 0.0815 mg/L . Pada hari ke- 12 konsentrasi 75% sampai dengan konsentrasi 100% tingkat penurunan

oleh tanaman eceng gondok mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan konsentrasi 75% sampai dengan konsentrasi 100% kandungan khromium terserap oleh eceng gondok secara maksimal.

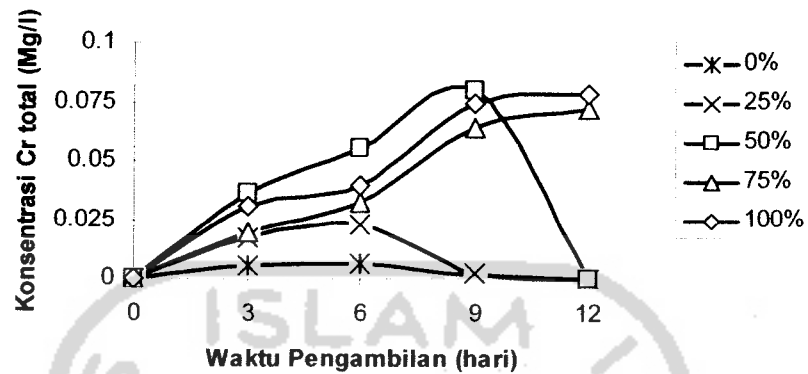
4.4.2 Analisa Tingkat Penurunan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

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

Tabel 4.16 Tingkat Penurunan Logam Cr Total Dari TPA Piyungan Dengan Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/L)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
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	0.0747	0.0786

Dari Tabel 4.16 diatas menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan logam Cr total maksimal 0.0799 mg/L pada konsentrasi limbah 50% pada hari ke-9. Untuk mengetahui perbedaan dari tingkat penurunan tanaman eceng gondok pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini :



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

Dari Gambar 4.4 diatas dapat dilihat tingkat penurunan oleh tanaman eceng gondok berbeda-beda. Pada hari ke-3 tanaman eceng gondok mampu menurunkan limbah untuk konsentrasi 0% sebesar 0.0055 mg/L , pada konsentrasi limbah 25% sebesar 0.0177 mg/L, pada konsentrasi limbah 50% sebesar 0.0365 mg/L pada konsentrasi limbah 75% dan sebesar 0.0202 mg/L dan pada konsentrasi limbah 100% sebesar 0.0313 mg/L, dan dapat dilihat bahwa tingkat penurunan terbesar hari ke-9 pada konsentrasi 50% sebesar 0.0799 mg/L . Pada hari ke- 12 konsentrasi 75% dan konsentrasi 100% tingkat penurunan oleh tanaman eceng gondok mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan konsentrasi 75% dan konsentrasi 100% kandungan khromium terserap oleh eceng gondok secara maksimal.

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

Dibawah ini adalah tabel tingkat penyerapan logam Cr total :

Tabel 4.17 Tingkat Penyerapan Logam Cr Total Oleh Tanaman Eceng Gondok

TOTAL	Tingkat penyerapan Cr Total (mg/l)				
	hari ke-0	hari ke-3	hari ke-6	hari ke-9	hari ke-12
konsentrasi 0%	0	0,0101	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

Dari hasil perbandingan antara Tabel 4.17 dengan Tabel 4.16 terlihat perbedaan antara besarnya tingkat penurunan kandungan logam Cr total pada air limbah dengan tingkat serapan tanaman eceng gondok.

Zona substrat yaitu tanah pada *Constructed Wetlands* ini ternyata ikut berpengaruh terhadap hasil penelitian. Dapat terlihat pada hari ke-3 dari konsentrasi 100% dengan tingkat penurunan sebesar 0.0299 mg/L dan tingkat penyerapan eceng gondok sebesar 0.0366 mg/L. Disini terlihat tingkat penyerapan eceng gondok lebih besar dibandingkan dengan tingkat penurunan limbah. Hal ini menunjukkan kandungan logam Cr total dapat terserap oleh eceng gondok secara keseluruhan.

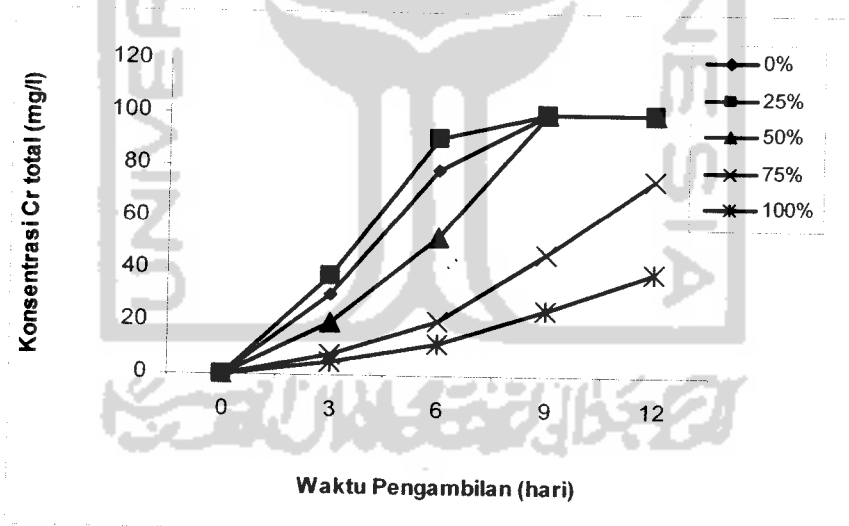
4.5 Efisiensi Penurunan Logam Cr Total

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

Tabel 4.18 Efisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
		0	3	6	9	12
0	%	0	30,71	78,333	100	100
25	%	0	37,83	90,93	100	100
50	%	0	20,30	52,589	100	100
75	%	0	7,54	20,448	46,14	74,88
100	%	0	5,23	12,195	25,29	39,40

Sumber : Data Primer 2007

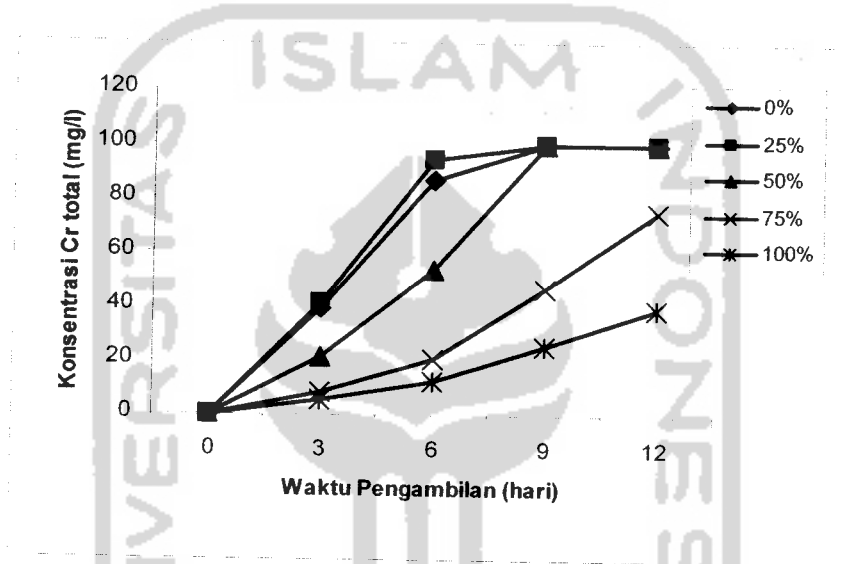


Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Uji

Tabel 4.19 Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Kontrol

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
		0	3	6	9	12
0	%	0	39,29	86,905	100	100
25	%	0	41,09	94,186	100	100
50	%	0	21,23	53,519	100	100
75	%	0	8,01	20,924	46,62	75,35
100	%	0	5,48	12,44	25,50	39,24

Sumber : Data Primer 2007



Gambar 4.6 Grafik Effisiensi Penurunan Logam Cr Total Pada Reaktor Kontrol

Dari Gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa effisiensi penurunan logam Cr total oleh tanaman eceng gondok pada hari ke-9 terbesar adalah pada konsentrasi 0% sampai 50%.

4.6 Analisa Tanaman Eceng Gondok

Untuk dapat hidup tanaman memerlukan zat unsur makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi pada umumnya unsur hara

diambil oleh tanaman dalam bentuk ion-ion molekul dari dalam tanah. Makin panjang akar tanaman, maka makin tersedia unsur hara bagi tanaman, demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan pertambahan volume percabangan akar, akan meningkatkan penyerapan unsur hara.

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

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

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

Pada penelitian ini pH berkisar antara 6,5 – 8 sehingga penyerapan unsur hara oleh akar terganggu dan cenderung merusak akar, selain itu juga akan berakibat terganggunya proses biosintesis klorofil. Jika proses fotosintesis terhambat maka pembentukan klorofil pun terlambat dan berakibat menurunnya

klorofil di dalam daun (Santosa, 1975). Hal ini tampak pada warna daun tanaman eceng gondok yang berwarna kuning dan coklat kering.

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

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

4.6.1 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Eceng Gondok

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

Tabel 4.20 Hasil Penelitian Perubahan Tanaman Eceng Gondok Selama 12 Hari

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

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4.21 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	
	50	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	
	100	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	
	25	15	15	15	15	15	15	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	
	75	16	16	16	16	16	16	16	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	
Lebar Daun (Cm)	0	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14.5	14.5	
	25	13	13	13	13	13	13	13	13.5	13.5	14	14	14	
	50	13	13	13	13	12	12	11.5	11.5	11.5	11	11	11	
	75	13	13	12.5	12	11	11	10	9	9	7.5	7.5	7.5	
	100	13	13	12.5	12	10	10	9	8	7.5	7	7	7	
Panjang Batang (Cm)	0	50	50	50	50.5	50.5	51	51	51.5	52	52	52.5	53	
	25	50	50	50	51	51	51.5	51.5	51.5	52	52	52	52	
	50	50	50	50	50	50	50.5	50.5	51	51	52	52	52	
	75	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	

Sumber : Data Primer 2007

Tabel 4.22 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

Dari hasil pengamatan Tabel 4.20, 4.21 dan 4.22 terlihat bahwa pertumbuhan tanaman eceng gondok pada masing-masing konsentrasi terjadi pertumbuhan yang berbeda-beda pada setiap tanaman. Ini dapat dilihat dari perubahan warna pada daun, warna akar, warna batang, panjang akar, panjang daun, panjang batang, lebar daun dan 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. Untuk perubahan warna pada tanaman eceng gondok dalam reaktor uji dapat dilihat pada Lampiran (dokumentasi reaktor penelitian).

4.7 Uji Statistik Parameter Pencemar

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

4.7.1 Uji Statistik Parameter Cr Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

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

Tabel 4.23 Pengaruh Variasi Konstrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.TNM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,819 ^a	8	,102	60,322	,000
Intercept	,561	1	,561	330,887	,000
WAKTU	,057	4	,014	8,340	,001
LIMBAH	,762	4	,191	112,304	,000
Error	,027	16	,002		
Total	1,407	25			
Corrected Total	,846	24			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,952)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 112,304 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 8,340 dengan probabilitas $0,001 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr Total diantara variasi waktu pengambilan limbah.

4.7.2 Uji Statistik Parameter Cr Total Tanpa Menggunakan Tanaman Eceng Gondok

Berikut ini table uji statistic parameter Cr total tanpa menggunakan tanaman eceng gondok :

Tabel 4.24 Pengaruh Variasi Konstrasi Air Limbah dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr Total

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.AIR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,821 ^a	8	,103	61,192	,000
Intercept	,567	1	,567	338,179	,000
WAKTU	,057	4	,014	8,450	,001
LIMBAH	,764	4	,191	113,934	,000
Error	,027	16	,002		
Total	1,415	25			
Corrected Total	,848	24			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,953)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 113,934 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr Total diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 8,450 dengan probabilitas $0,001 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr Total diantara variasi waktu pengambilan limbah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman eceng gondok ternyata mampu menurunkan konsentrasi kandungan limbah TPA Piyungan selama 12 hari, pada konsentrasi 100% mampu menurunkan Cr Total dengan efisiensi sebesar 39,40%, konsentrasi 75% sebesar 74,88%, konsentrasi 50% sebesar 100%, konsentrasi 25% sebesar 100% dan konsentrasi 0% sebesar 100%.
2. Efisiensi tingkat penurunan tanaman eceng gondok terbesar pada konsentrasi 50% dengan waktu kontak hari ke-9 dan telah memenuhi standar Baku Mutu (PP No.82 Th 2001), tingkat serapan logam khrom pada tanaman eceng gondok sebesar 100%, dimana kondisi tanaman masih hidup.
3. Limbah cair TPA Piyungan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman eceng gondok.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

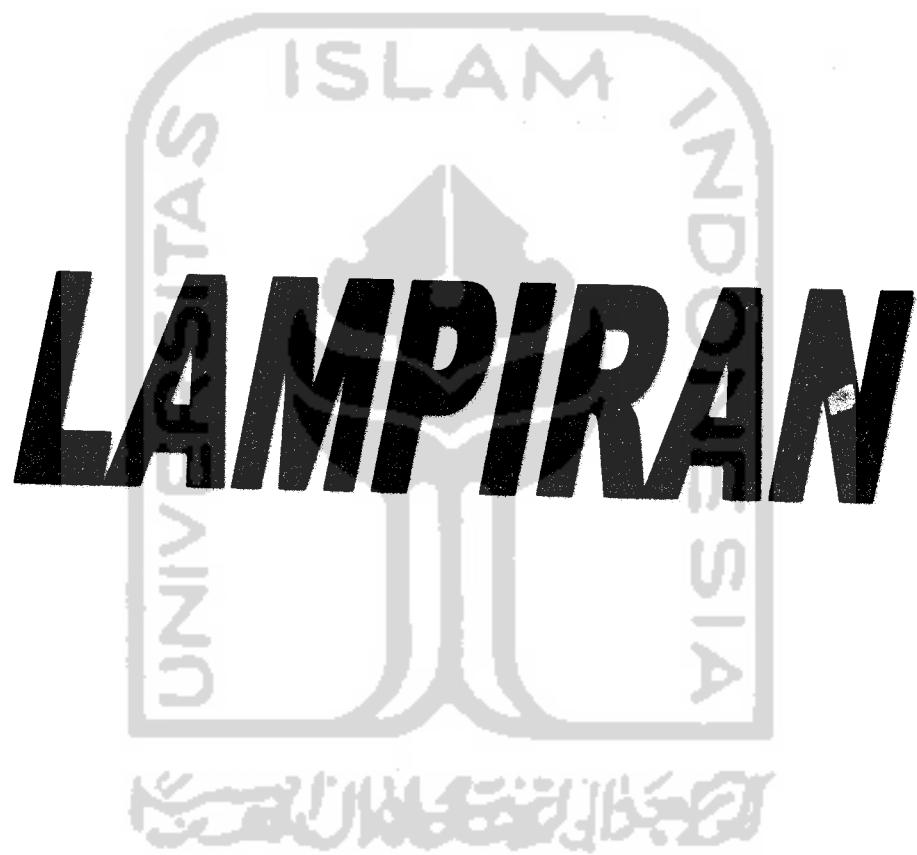
1. Melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair TPA Piyungan sebelum diolah dengan menggunakan sistem *Constructed Wetlands*.
2. Mengembangkan penelitian dari segi pengaliran limbah yaitu secara terus-menerus (kontinue) dan variasi tanaman serta mengembangkan penelitian dengan pengujian dampak kontaminan pada tanaman terhadap makhluk hidup.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut terhadap tanah sebagai media tumbuh dan hidup tanaman dalam sistem *Constructed Wetlands*.
4. Dalam pengawetan sampel menggunakan Asam Nitrat karna lebih stabil dalam pengawetan logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi.D, 2004, *Pengaruh Waktu Tinggal dan Tanaman Ecen Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Penurunan Kadar Hg Dalam Limbah Pencucian Emas*, Skripsi STTL, Yayasan Lingkungan, Yogyakarta.
- Ahmady.D, 1993, *Efektivitas Penyerapan Hg dan Pengaruhnya Pada Eceng Gondok*, skripsi Fakultas Biologi, UGM, Yogyakarta.
- Andriyani.U, 2005, *Studi pengolahan limbah cair industri pengalengan jamur dengan reaktor Constructed Wetland menggunakan tanaman kangkung air (Ipomoea aquatica Forsk)*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Anonim,2002, jurnal purifikasi, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0307/02/inspirasi/404854>
- Diana.B.A, 2007, *Pengolahan air limbah pabrik tahu dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (Ipomea Aquatica Forks) dalam Constructed Wetland*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Dwidjoseputro, 1992, *Fisiologi Tumbuhan*, PT.Gramedia, Jakarta.
- 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
- Foth.A.H, 1991, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Gajah Mada University Press, yogyakarta
- Khalia.N, 2006, *Analisa Timbal dalam daun dan glodokan Tiang (polyalthia longifolia) Thwait pada kawasan lalulintas padat di DIY*, Skripsi MIPA UII, Yogyakarta
- 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.
- Met Calf dan Eddy,1990, *Waste Water Engineering Treatment Disposal re Use*, New York, Mc Brow – Hill, Tenth Edition
- Moenandir.J dan hidayat.S, 1993, *Peranan eceng gondok dan kangkung air pada peningkatan mutu air limbah*, agrivita vol 16 no.2 (diakses pada tanggal 7 februari 2007)
- Najichah, 2006, *Toksisitas logam berat pada tanaman*, Skripsi MIPA UII, Yogyakarta
- Palar. H, 1994, *Pencemaran dan toksikologi logam berat*, Rineka Cipta, Jakarta
- Priyanto.B dan Prayitno.J, 2004, *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat*, jurnal purifikasi, <http://www.itl,bppt.com/sublab/ifloral.htm>
- Sastroutomo, 1991, *Ekologi Gulma*, PT.Gramedia, Jakarta.
- Sita.A.M, 2005, *Penyerapan logam berat oleh Eceng Gondok*, Skripsi MIPA UII, Yogyakarta
- 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*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Tania.I, 2006, *Penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS DAN pH limbah cair industri pembuatan tahu dengan Constructed Wetland yang menggunakan tanamn paku air (Azolla Pinnata)*, Skripsi Teknik Lingkungan FTSP UII, Yogyakarta
- Tjitrosoedirjo dan Sastroutomo, 1985, *Fitoremediasi sebagai sebuah teknologi pemulihan pencemaran, khususnya logam berat*, jurnal purifikasi, bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm. (diakses pada tanggal 1 agustus 2004)
- Widyanto, L dan Susilo, 1997, *Eceng Gondok sebagai penyerap air*, tropikal pest biologi program, SEAMEO-BIOTROP, Bogor.
- Wulandari S, 2007 "*Tingkat Penurunan Kromium Total (Cr Total) Dari Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Eceng Gondok*", Skripsi Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta
- [www. iptek. net. id](http://www.iptek.net.id), "*Pengelolaan Lindian (Leachate) TPA Piyungan Sebagai Upaya Pencegahan Sungai Opak Jogjakarta*"
- [www. kartamantul. pemda-diy. go. id](http://www.kartamantul.pemda-diy.go.id), "*Kerjasama Pengelolaan Prasarana dan Sarana Persampahan Kota Jogjakarta, Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul*"



LAMPIRAN

The logo of Universitas Islam Indonesia is a large, light gray watermark in the background. It features a central emblem of a stylized tree or plant with a book-like base, enclosed in a rounded rectangular border. The word "ISLAM" is at the top, "UNIVERSITAS" is on the left, and "INDONESIA" is on the right. Below the emblem is a line of Arabic calligraphy.

LAMPIRAN I

STANDAR AIR BUANGAN

Hasil Pemeriksaan

Keputusan Geb. Kep. DIY No. 281/KPTS/1998 Baku Mutu Kegiatan Lainnya

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	td
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)

Air Minum — KepMenKes No. 907/MENKES/SK/VII/2002

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik Pengujian
	FISIKA			
1.	Bau	-	tidak berbau	Organoleptik
2.	Rasa	-	normal	Organoleptik
3.	Warna	TCU	maks. 15	Spektrofotometri
4.	Total Padatan Terlarut (TDS)	mg/l	maks. 1000	Gravimetri
5.	Kekeruhan	NTU	maks. 5	Spektrofotometri
6.	Suhu	°C	Suhu udara +3°C	Termometer
	KIMIA			
7.	Besi (Fe)	mg/l	maks 0.3	AAS
8.	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/l	maks. 500	Titrimetri
9.	Klorida (Cl)	mg/l	maks 250	Argentometri
10.	Mangan (Mn)	mg/l	maks 0.1	AAS
11.	pH	-	6.5 - 8.5	pH meter
12.	Seng (Zn)	mg/l	maks. 8	AAS
13.	Sulfat (SO ₄)	mg/l	maks 250	Spektrofotometri
14.	Tembaga (Cu)	mg/l	maks. 1	AAS
15.	Klorin (Cl ₂)	mg/l	maks. 5	Titrimetri
16.	Amonium (NH ₄)	mg/l	maks 0.15	Spektrofotometri (Nesler)
	KIMIA ANORGANIK			
17.	Arsen (As)	mg/l	maks. 0.01	AAS
18.	Florida (F)	mg/l	maks 1.5	Spektrofotometri
19.	Krom heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	maks 0.05	AAS
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	maks. 0.003	AAS
21.	Nitrat (NO ₃)	mg/l	maks 50	Spektrofotometri (Brusin)
22.	Nitrit (NO ₂)	mg/l	maks 3	Spektrofotometri (NED)
23.	Sianida (CN)	mg/l	maks 0.07	Destilasi
24.	Timbal (Pb)	mg/l	maks. 0.01	AAS

25.	Raksa (Hg)	mg/l	maks 0.001	AAS
MIKROBIOLOGI				
24.	E. Coli	APM/100 ml	negatif	MPN
25.	Total Bakteri Koliform	APM/100 ml	negatif	MPN

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

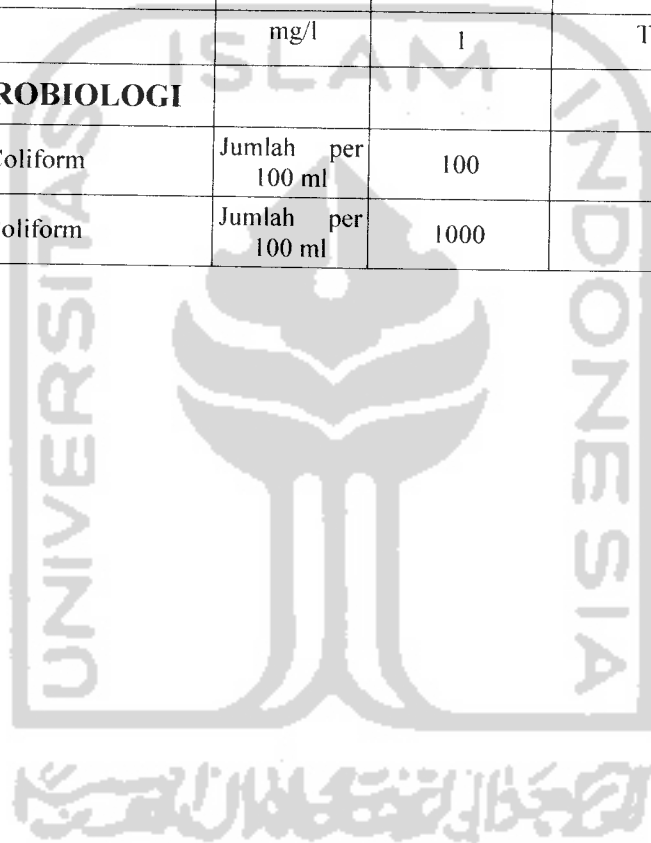
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair*)		Teknik Pengujian
			Gol. I	Gol. II	
FISIKA					
1	Temperatur	°C	38	40	Termometer
2	Zat padat terlarut	mg/l	2000	4000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	200	400	Gravimetri
KIMIA					
1	pH	-	6.0-9.0	6.0-9.0	pH meter
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10	AAS
3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

13	Arsen (As)	mg/l	0.1	0.5	AAS
14	Selenium (Se)	mg/l	0.05	0.5	AAS
15	Nikel (Ni)	mg/l	0.2	0.5	AAS
16	Kobalt (Co)	mg/l	0.4	0.6	AAS
17	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0.5	Destilasi
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0.05	0.1	Spektrophotometer
19	Fluorida (F)	mg/l	2	3	Spektrophotometri
20	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2	Argentometri
21	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	1	5	Spektrophotometri (Nesler)
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30	Spektrophotometri (Brusin)
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3	Spektrophotometri (NED)
24	BOD ₅	mg/l	50	150	Titrimetri/Winkler
25	COD	mg/l	100	300	Reflux Kalium dikromat
26	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10	Spektrophotometri
27	Fenol	mg/l	0.5	1	Titrimetri
28	Minyak nabati	mg/l	5	10	Ekstraksi / Gravimetri
29	Minyak mineral	mg/l	10	50	Ekstraksi / Gravimetri
30	Radioaktivitas*)	-	-	-	-

Badan Air — Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Badan Air Kelas I *)	Teknik Pengujian
	FISIKA			
1	Temperatur	°C	-	Temperatur
2	Zat padat terlarut	mg/l	1000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	50	Gravimetri
	KIMIA ANORGANIK			
4	pH	-	6 - 9	pH meter
5	BOD	mg/l	2	Titrimetri/winkler
6	COD	mg/l	10	Reflux kalium dikromat
7	DO	mg/l	6	DO meter
8	Total Fosfat	mg/l	0.2	Spektrofotometri
9	NO ₃ -N	mg/l	10	Spektrofotometri (Brusin)
10	NH ₃ -N	mg/l	0.5	Spektrometri (Nesler)
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-
12	Kobalt (Co)	mg/l	0.2	AAS
13	Barium (Ba)	mg/l	1	-
14	Boron (B)	mg/l	1	-
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	AAS
16	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	AAS
17	Khrom (VI)	mg/l	0.05	AAS
18	Tembaga (Cu)	mg/l	0.02	AAS
19	Besi (Fe)	mg/l	0.3	AAS
20	Timbal (Pb)	mg/l	0.03	AAS
21	Mangan (Mn)	mg/l	0.1	AAS
22	Air Raksa (Hg)	mg/l	0.001	AAS
23	Seng (Zn)	mg/l	0.05	AAS
24	Klorida (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)

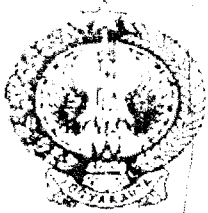
28	Sulfat (SO ₄)	mg/l	400	Spektrofotometri
29	Khlorin Bebas (Cl ₂)	mg/l	0.03	Titrimetri
30	Belerang sebagai H ₂ S	mg/l	0.002	Spektrofotometri
	KIMIA ORGANIK			
31	Minyak dan Lemak	mg/l	1000	Ekstraksi/gravimetri
32	Detergen sebagai MBAS	mg/l	200	Spektrofotometri
33	Fenol	mg/l	1	Titrimetri
	MIKROBIOLOGI			
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 MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

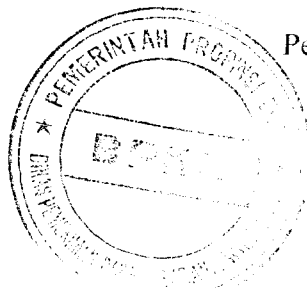
Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air + Tanaman) 0 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0007	0,0140	0,0008	0,0210
2	25%	0,0010	0,0430	0,0009	0,0390
3	50%	0,0023	0,1719	0,0023	0,1792
4	75%	0,0030	0,2517	0,0032	0,2623
5	100%	0,0062	0,5721	0,0062	0,5678

Yogyakarta, Februari 2007

Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air



Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

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

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air + Tanaman) 3 hari

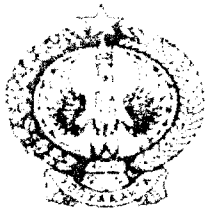
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0006	0,0085	0,0006	0,0089
2	25%	0,0008	0,0253	0,0008	0,0246
3	50%	0,0019	0,1354	0,0019	0,1361
4	75%	0,0028	0,2315	0,0029	0,2321
5	100%	0,0059	0,5408	0,0059	0,5410

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

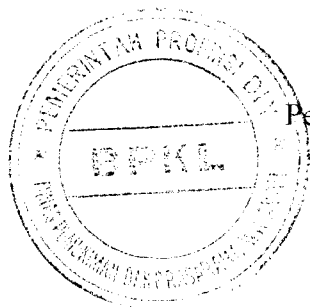
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air + Tanaman) 6 hari

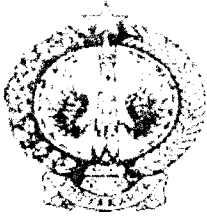
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0006	0,0018	0,0006	0,0013
2	25%	0,0006	0,0025	0,0006	0,0031
3	50%	0,0013	0,0799	0,0013	0,0806
4	75%	0,0025	0,1990	0,0025	0,1986
5	100%	0,0055	0,5009	0,0055	0,5002

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

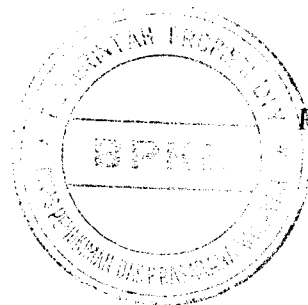
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air + Tanaman) 9 hari

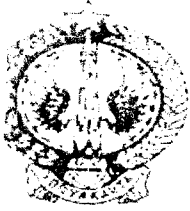
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0004	< 0,001	0,0004	< 0,001
2	25%	0,0002	< 0,001	0,0002	< 0,001
3	50%	0,0004	< 0,001	0,0004	< 0,001
4	75%	0,0019	0,1344	0,0019	0,1349
5	100%	0,0048	0,4274	0,0048	0,4269

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

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

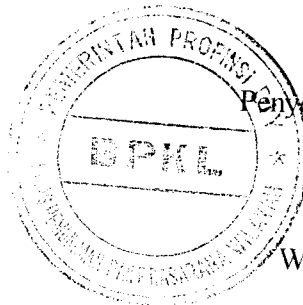
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air + Tanaman) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0002	< 0,001	0,0002	< 0,001
2	25%	-0,0004	< 0,001	-0,0004	< 0,001
3	50%	-0,0008	< 0,001	-0,0008	< 0,001
4	75%	0,0012	0,0620	0,0012	0,0623
5	100%	0,0040	0,3443	0,0040	0,3449

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

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

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko
Sample : (Air Limbah) 0 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0007	0,0140	0,0008	0,0210
2	25%	0,0010	0,0430	0,0009	0,0390
3	50%	0,0023	0,1719	0,0023	0,1792
4	75%	0,0030	0,2517	0,0032	0,2623
5	100%	0,0062	0,5721	0,0062	0,5678

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



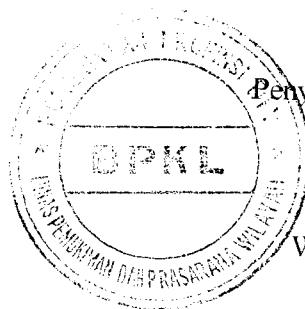
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko
Sample : (Air Limbah) 3 hari

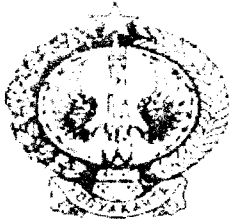
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0006	0,0097	0,0006	0,0099
2	25%	0,0008	0,0267	0,0008	0,0269
3	50%	0,0019	0,1370	0,0019	0,1376
4	75%	0,0029	0,2327	0,0029	0,2333
5	100%	0,0059	0,5422	0,0059	0,5417

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



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

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

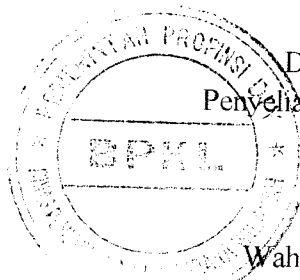
HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko

Sample : (Air Limbah) 6 hari

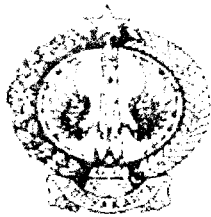
No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0006	0,0030	0,0006	0,0025
2	25%	0,0006	0,0039	0,0006	0,0047
3	50%	0,0014	0,0815	0,0014	0,0822
4	75%	0,0025	0,2002	0,0025	0,2009
5	100%	0,0055	0,5023	0,0055	0,5028

Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc
NIP. 110021897



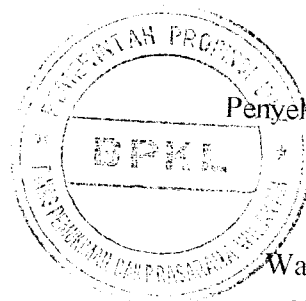
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko
Sample : (Air Limbah) 9 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0004	< 0,001	0,0004	< 0,001
2	25%	0,0002	< 0,001	0,0002	< 0,001
3	50%	0,0004	< 0,001	0,0004	< 0,001
4	75%	0,0019	0,1356	0,0019	0,1354
5	100%	0,0048	0,4288	0,0048	0,4282

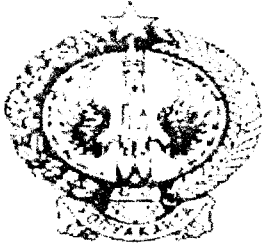
Yogyakarta, Februari 2007



Diperiksa oleh :
Penyelia Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc

NIP. 110021897



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

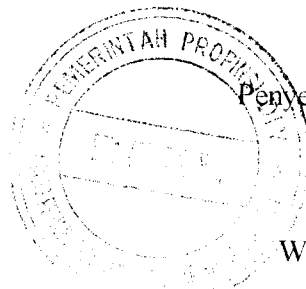
JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISIS KROM TOTAL

Pengirim : Nugroho Andhoko
Sample : (Air Limbah) 12 hari

No	Sample	Pengamatan I		Pengamatan II	
		Absorbans	mg/l Cr	Absorbans	mg/l Cr
1	0%	0,0002	< 0,001	0,0002	< 0,001
2	25%	-0,0004	< 0,001	-0,0004	< 0,001
3	50%	-0,0008	< 0,001	-0,0008	< 0,001
4	75%	0,0012	0,0632	0,0012	0,0629
5	100%	0,0040	0,3457	0,0040	0,3461

Yogyakarta, Februari 2007



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

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.TNM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,819 ^a	8	,102	60,322	,000
Intercept	,561	1	,561	330,887	,000
WAKTU	,057	4	,014	8,340	,001
LIMBAH	,762	4	,191	112,304	,000
Error	,027	16	,002		
Total	1,407	25			
Corrected Total	,846	24			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,952)

Post Hoc Tests WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.TNM

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 HARI	3 HARI	,022240	,0260516	,909	-,057574	,102054
		6 HARI	,053720	,0260516	,283	-,026094	,133534
		9 HARI	,098180*	,0260516	,013	,018366	,177994
		12 HARI	,129280*	,0260516	,001	,049466	,209094
	3 HARI	0 HARI	-,022240	,0260516	,909	-,102054	,057574
		6 HARI	,031480	,0260516	,747	-,048334	,111294
		9 HARI	,075940	,0260516	,066	-,003874	,155754
		12 HARI	,107040*	,0260516	,006	,027226	,186854
	6 HARI	0 HARI	-,053720	,0260516	,283	-,133534	,026094
		3 HARI	-,031480	,0260516	,747	-,111294	,048334
		9 HARI	,044460	,0260516	,457	-,035354	,124274
		12 HARI	,075560	,0260516	,068	-,004254	,155374
	9 HARI	0 HARI	-,098180*	,0260516	,013	-,177994	-,018366
		3 HARI	-,075940	,0260516	,066	-,155754	,003874
		6 HARI	-,044460	,0260516	,457	-,124274	,035354
		12 HARI	,031100	,0260516	,755	-,048714	,110914
	12 HARI	0 HARI	-,129280*	,0260516	,001	-,209094	-,049466
		3 HARI	-,107040*	,0260516	,006	-,186854	-,027226
		6 HARI	-,075560	,0260516	,068	-,155374	,004254
		9 HARI	-,031100	,0260516	,755	-,110914	,048714
Bonferroni	0 HARI	3 HARI	,022240	,0260516	1,000	-,062480	,106960
		6 HARI	,053720	,0260516	,558	-,031000	,138440
		9 HARI	,098180*	,0260516	,017	,013460	,182900
		12 HARI	,129280*	,0260516	,001	,044560	,214000
	3 HARI	0 HARI	-,022240	,0260516	1,000	-,106960	,062480
		6 HARI	,031480	,0260516	1,000	-,053240	,116200
		9 HARI	,075940	,0260516	,101	-,008780	,160660
		12 HARI	,107040*	,0260516	,008	,022320	,191760
	6 HARI	0 HARI	-,053720	,0260516	,558	-,138440	,031000
		3 HARI	-,031480	,0260516	1,000	-,116200	,053240
		9 HARI	,044460	,0260516	1,000	-,040260	,129180
		12 HARI	,075560	,0260516	,104	-,009160	,160280
	9 HARI	0 HARI	-,098180*	,0260516	,017	-,182900	-,013460
		3 HARI	-,075940	,0260516	,101	-,160660	,008780
		6 HARI	-,044460	,0260516	1,000	-,129180	,040260
		12 HARI	,031100	,0260516	1,000	-,053620	,115820
	12 HARI	0 HARI	-,129280*	,0260516	,001	-,214000	-,044560
		3 HARI	-,107040*	,0260516	,008	-,191760	-,022320
		6 HARI	-,075560	,0260516	,104	-,160280	,009160
		9 HARI	-,031100	,0260516	1,000	-,115820	,053620

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.TNM

WAKTU	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a, b} 12 HARI	5	,081260		
9 HARI	5	,112360	,112360	
6 HARI	5	,156820	,156820	,156820
3 HARI	5		,188300	,188300
0 HARI	5			,210540
Sig.		,068	,066	,283

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

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

b. Alpha = ,05.



LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.TNM

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-,009300	,0260516	,996	-,089114	,070514
		50%	-,072580	,0260516	,084	-,152394	,007234
		75%	-,170860*	,0260516	,000	-,250674	-,091046
		100%	-,472240*	,0260516	,000	-,552054	-,392426
	25%	0%	,009300	,0260516	,996	-,070514	,089114
		50%	-,063280	,0260516	,158	-,143094	,016534
		75%	-,161560*	,0260516	,000	-,241374	-,081746
		100%	-,462940*	,0260516	,000	-,542754	-,383126
	50%	0%	,072580	,0260516	,084	-,007234	,152394
		25%	,063280	,0260516	,158	-,016534	,143094
		75%	-,098280*	,0260516	,012	-,178094	-,018466
		100%	-,399660*	,0260516	,000	-,479474	-,319846
	75%	0%	,170860*	,0260516	,000	,091046	,250674
		25%	,161560*	,0260516	,000	,081746	,241374
		50%	,098280*	,0260516	,012	,018466	,178094
		100%	-,301380*	,0260516	,000	-,381194	-,221566
	100%	0%	,472240*	,0260516	,000	,392426	,552054
		25%	,462940*	,0260516	,000	,383126	,542754
		50%	,399660*	,0260516	,000	,319846	,479474
		75%	,301380*	,0260516	,000	,221566	,381194
Bonferroni	0%	25%	-,009300	,0260516	1,000	-,094020	,075420
		50%	-,072580	,0260516	,132	-,157300	,012140
		75%	-,170860*	,0260516	,000	-,255580	-,086140
		100%	-,472240*	,0260516	,000	-,556960	-,387520
	25%	0%	,009300	,0260516	1,000	-,075420	,094020
		50%	-,063280	,0260516	,273	-,148000	,021440
		75%	-,161560*	,0260516	,000	-,246280	-,076840
		100%	-,462940*	,0260516	,000	-,547660	-,378220
	50%	0%	,072580	,0260516	,132	-,012140	,157300
		25%	,063280	,0260516	,273	-,021440	,148000
		75%	-,098280*	,0260516	,017	-,183000	-,013560
		100%	-,399660*	,0260516	,000	-,484380	-,314940
	75%	0%	,170860*	,0260516	,000	,086140	,255580
		25%	,161560*	,0260516	,000	,076840	,246280
		50%	,098280*	,0260516	,017	,013560	,183000
		100%	-,301380*	,0260516	,000	-,386100	-,216660
	100%	0%	,472240*	,0260516	,000	,387520	,556960
		25%	,462940*	,0260516	,000	,378220	,547660
		50%	,399660*	,0260516	,000	,314940	,484380
		75%	,301380*	,0260516	,000	,216660	,386100

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.TNM

LIMBAH	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a, b} 0%	5	,004860		
25%	5	,014160		
50%	5	,077440		
75%	5		,175720	
100%	5			,477100
Sig.		,084	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

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

b. Alpha = ,05.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

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

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Cr.AIR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,821 ^a	8	,103	61,192	,000
Intercept	,567	1	,567	338,179	,000
WAKTU	,057	4	,014	8,450	,001
LIMBAH	,764	4	,191	113,934	,000
Error	,027	16	,002		
Total	1,415	25			
Corrected Total	,848	24			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,953)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.AIR

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 HARI	3 HARI	,020880	,0258985	,925	-,058465	,100225
		6 HARI	,052360	,0258985	,300	-,026985	,131705
		9 HARI	,097660*	,0258985	,012	,018315	,177005
		12 HARI	,128760*	,0258985	,001	,049415	,208105
	3 HARI	0 HARI	-,020880	,0258985	,925	-,100225	,058465
		6 HARI	,031480	,0258985	,743	-,047865	,110825
		9 HARI	,076780	,0258985	,060	-,002565	,156125
		12 HARI	,107880*	,0258985	,006	,028535	,187225
	6 HARI	0 HARI	-,052360	,0258985	,300	-,131705	,026985
		3 HARI	-,031480	,0258985	,743	-,110825	,047865
		9 HARI	,045300	,0258985	,434	-,034045	,124645
		12 HARI	,076400	,0258985	,062	-,002945	,155745
	9 HARI	0 HARI	-,097660*	,0258985	,012	-,177005	-,018315
		3 HARI	-,076780	,0258985	,060	-,156125	,002565
		6 HARI	-,045300	,0258985	,434	-,124645	,034045
		12 HARI	,031100	,0258985	,751	-,048245	,110445
	12 HARI	0 HARI	-,128760*	,0258985	,001	-,208105	-,049415
		3 HARI	-,107880*	,0258985	,006	-,187225	-,028535
		6 HARI	-,076400	,0258985	,062	-,155745	,002945
		9 HARI	-,031100	,0258985	,751	-,110445	,048245
Bonferroni	0 HARI	3 HARI	,020880	,0258985	1,000	-,063342	,105102
		6 HARI	,052360	,0258985	,603	-,031862	,136582
		9 HARI	,097660*	,0258985	,017	,013438	,181882
		12 HARI	,128760*	,0258985	,001	,044538	,212982
	3 HARI	0 HARI	-,020880	,0258985	1,000	-,105102	,063342
		6 HARI	,031480	,0258985	1,000	-,052742	,115702
		9 HARI	,076780	,0258985	,091	-,007442	,161002
		12 HARI	,107880*	,0258985	,007	,023658	,192102
	6 HARI	0 HARI	-,052360	,0258985	,603	-,136582	,031862
		3 HARI	-,031480	,0258985	1,000	-,115702	,052742
		9 HARI	,045300	,0258985	,994	-,038922	,129522
		12 HARI	,076400	,0258985	,094	-,007822	,160622
	9 HARI	0 HARI	-,097660*	,0258985	,017	-,181882	-,013438
		3 HARI	-,076780	,0258985	,091	-,161002	,007442
		6 HARI	-,045300	,0258985	,994	-,129522	,038922
		12 HARI	,031100	,0258985	1,000	-,053122	,115322
	12 HARI	0 HARI	-,128760*	,0258985	,001	-,212982	-,044538
		3 HARI	-,107880*	,0258985	,007	-,192102	-,023658
		6 HARI	-,076400	,0258985	,094	-,160622	,007822
		9 HARI	-,031100	,0258985	1,000	-,115322	,053122

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.AIR

	WAKTU	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a, b}	12 HARI	5	,081780		
	9 HARI	5	,112880	,112880	
	6 HARI	5	,158180	,158180	,158180
	3 HARI	5		,189660	,189660
	0 HARI	5			,210540
	Sig.		,062	,060	,300

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

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

b. Alpha = ,05.



LIMBAH

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cr.AIR

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0%	25%	-,009380	,0258985	,996	-,088725	,069965
		50%	-,072740	,0258985	,081	-,152085	,006605
		75%	-,171340*	,0258985	,000	-,250685	-,091995
		100%	-,472880*	,0258985	,000	-,552225	-,393535
	25%	0%	,009380	,0258985	,996	-,069965	,088725
		50%	-,063360	,0258985	,153	-,142705	,015985
		75%	-,161960*	,0258985	,000	-,241305	-,082615
		100%	-,463500*	,0258985	,000	-,542845	-,384155
	50%	0%	,072740	,0258985	,081	-,006605	,152085
		25%	,063360	,0258985	,153	-,015985	,142705
		75%	-,098600*	,0258985	,012	-,177945	-,019255
		100%	-,400140*	,0258985	,000	-,479485	-,320795
	75%	0%	,171340*	,0258985	,000	,091995	,250685
		25%	,161960*	,0258985	,000	,082615	,241305
		50%	,098600*	,0258985	,012	,019255	,177945
		100%	-,301540*	,0258985	,000	-,380885	-,222195
	100%	0%	,472880*	,0258985	,000	,393535	,552225
		25%	,463500*	,0258985	,000	,384155	,542845
		50%	,400140*	,0258985	,000	,320795	,479485
		75%	,301540*	,0258985	,000	,222195	,380885
Bonferroni	0%	25%	-,009380	,0258985	1,000	-,093602	,074842
		50%	-,072740	,0258985	,126	-,156962	,011482
		75%	-,171340*	,0258985	,000	-,255562	-,087118
		100%	-,472880*	,0258985	,000	-,557102	-,388658
	25%	0%	,009380	,0258985	1,000	-,074842	,093602
		50%	-,063360	,0258985	,264	-,147582	,020862
		75%	-,161960*	,0258985	,000	-,246182	-,077738
		100%	-,463500*	,0258985	,000	-,547722	-,379278
	50%	0%	,072740	,0258985	,126	-,011482	,156962
		25%	,063360	,0258985	,264	-,020862	,147582
		75%	-,098600*	,0258985	,015	-,182822	-,014378
		100%	-,400140*	,0258985	,000	-,484362	-,315918
	75%	0%	,171340*	,0258985	,000	,087118	,255562
		25%	,161960*	,0258985	,000	,077738	,246182
		50%	,098600*	,0258985	,015	,014378	,182822
		100%	-,301540*	,0258985	,000	-,385762	-,217318
	100%	0%	,472880*	,0258985	,000	,388658	,557102
		25%	,463500*	,0258985	,000	,379278	,547722
		50%	,400140*	,0258985	,000	,315918	,484362
		75%	,301540*	,0258985	,000	,217318	,385762

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Cr.AIR

LIMBAH	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} 0%	5	,005340		
25%	5	,014720		
50%	5	,078080		
75%	5		,176680	
100%	5			,478220
Sig.		,081	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

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

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

b. Alpha = ,05.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
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

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						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

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						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%
	1	25%
	2	50%
	3	75%
	4	100%
WAKTU	0	0 HARI
	1	3 HARI
	2	6 HARI
	3	9 HARI
	4	12 HARI

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

	(I) LIMBAH	(J) LIMBAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						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	,043760
	9 HARI	5		,049560	,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.

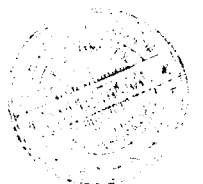
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

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 REAKTOR 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			
	50 %	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air
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			
	25 %	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air
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 2007

TABEL KONDISI AIR LIMBAH REAKTOR KONTROL 0 %

Hari pada Reaktor Control	Kondisi Air Limbah			
	Kondisi Air	Bau Air	Warna Air	pH
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 15cm.	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, hijaun 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

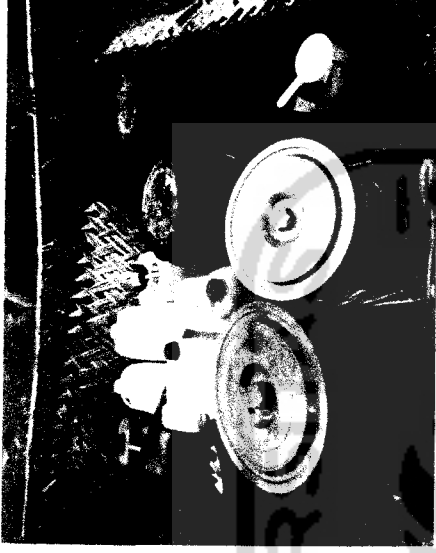
LAMPIRAN V

DOKUMENTASI





Gambar Eceng Gondok Sebelum Perlakuan



Gambar Limbah Sebelum Perlakua



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

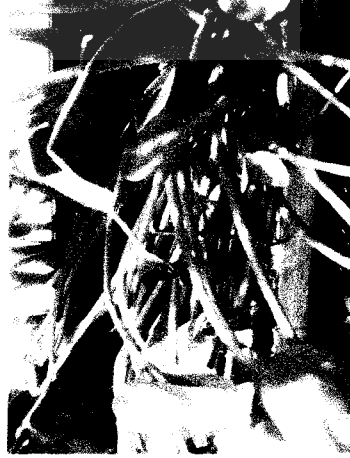
HARI KE-3



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%

REAKTOR PENGOLAHAN CONSTRUCTED WETLANDS

HARI KE-12



Konsentrasi Limbah 0%



Konsentrasi Limbah 25%



Konsentrasi Limbah 50%



Konsentrasi Limbah 75%



Konsentrasi Limbah 100%

INSTRUMEN PENELITIAN

No. Instrumen	075/009	Tanggal	07/02/2007
---------------	---------	---------	------------

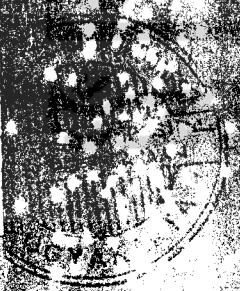
Penelitian tentang Pengaruh Konsentrasi Cr (Kromium) Cr Limbah Cair Pabrik Pyungat
Klasifikasi: Penelitian menggunakan parameter Energi Gondok

No.	Jenis	Bulan					
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	...						
2	...						
3	...						
4	...						
5	...						
6	...						
7	...						
8	...						
9	...						
10	...						
11	...						
12	...						

- Penyusunan TA : Ir. H. Kasam, MT
- Penyusunan II : Eko Siswoyo, ST
- Penyusunan III

Yogyakarta, 7 Februari 2007
Koordinator TA

(Eko Siswoyo, ST)



CATATAN KONSULTASI TL GAS 2.0.018

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	29/07/13	<p>Buat Grafik + Tabel untuk % removal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bahas fenomena yg ada <ul style="list-style-type: none"> o proses yg terjadi o trend yg ada - Cari jurnal yg relevan dgn TA anda <ul style="list-style-type: none"> scholar.google.com 	P. 3/06
2	11/25/07	<ul style="list-style-type: none"> - pada latar belakang perlu ditambahkan kutipan skripsi lain yg relevan dgn topik skripsi - perbandingan lain 2 sepeda pd kelas yang sama - spesifikasi - masalah - manfaat - kesimpulan - saran - daftar pustaka 	

4. 14/6/07 Abadi dan beripals 1/2/13

5. 18/6/07 A.C. Ray 1/2/13