

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	9 Juli 2006
NO. JUDUL :	00 2023
NO. INV. :	5200002023001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI Cr, TSS DAN pH LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN CONSTRUCTED WETLANDS YANG MENGGUNAKAN TANAMAN KIAPU (*Pistia stratiotes*).

R

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

620 1622

Tan
P
1

DIBACA DI TERBUKAT
TIDAK BOLEH MULANG



xviii, 101 Gls. Lamp. : 25

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Oleh



NAMA : IRMA TANIA

NO. MHS : 00513059

Revised list

Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta
2006

• Kes. Juj - tipografi
• Metode Constr. wetl.
• tanaman kiapu
Jurnal

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII JOGJAKARTA

**PENURUNAN KONSENTRASI Cr, TSS DAN pH LIMBAH
CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN
CONSTRUCTED WETLANDS YANG MENGGUNAKAN
TANAMAN KIAPU (*Pistia stratiotes*).**

Nama : Irma Tania

No. Mahasiswa : 00 513 059

Program Studi : Teknik Lingkungan



Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Ir. Kasam, MT

إيرما تانيا

Tanggal:

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST

Eko Siswoyo

Tanggal: 27 - 6 - 2006

ABSTRAKSI

Pada kenyataannya industri penyamakan kulit saat ini kondisinya banyak menimbulkan masalah lingkungan, karena belum mempunyai sistem pengolahan sendiri. *Constructed wetlands* adalah salah satu alternatif teknik pengolahan limbah cair yang mudah, murah dan efisien. Konsep dasar *constructed wetlands* adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman pada area tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi Cr, TSS dan pH dalam limbah cair industri penyamakan kulit dengan reaktor *constructed wetlands* dan untuk mengetahui kemampuan tanaman kiapu terhadap penurunan konsentrasi tersebut.

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *constructed wetlands* tipe *Free Water Surface* (FWS) dengan memanfaatkan tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*). Adapun dimensi reaktor adalah diameter atas 46 cm dan diameter bawah 44 cm dengan volume 18 L, dengan waktu detensi 12 hari. Reaktor terbagi menjadi 2 yaitu: reaktor kontrol, dimana reaktor diberi limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% tanpa ditanami tanaman kiapu dan reaktor uji, dimana reaktor dialiri limbah dengan variasi konsentrasi 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% serta ditanami dengan tanaman kiapu.

Sistem pengolahan limbah cair dengan *constructed wetland* efektif untuk mengolah limbah cair penyamakan kulit. Efisiensi penurunan konsentrasi tiap parameter adalah sebagai berikut : TSS sebesar 28,28% pada konsentrasi limbah 25% dengan menggunakan tanaman, dan Cr sebesar 74,29% pada konsentrasi limbah 25% dengan menggunakan tanaman.

Kata kunci: TSS, Cr, Cr pada lumpur dan pH, kiapu (*Pistia Stratiotes*), *Constructed wetland*, efisiensi.

ABSTRACT

The leather tanning industry practically condition its generating many problem of environment in this time , because not had processing system alone. Wetlands Constructed is one of the alternative technique processing of easy liquid waste, cheap and effisien. The basic concept of wetlands constructed by exploiting activity of mikroorganisme in plants and land:ground[at area. The research object to know degradation of concentration of Cr, TSS and pH in liquid waste of leather tanning industry with constructed wetlands reactor and to know ability *kiapu* to degradation of concentration.

This research use constructed reactor wetlands of Free Water Surface (FWS) type by exploiting *kiapu* (*Stratiotes Pistia*). Dimension of reactor in top of 46 cm and under is 44 cm with volume 18 L, with time of detensi 12 day. Reactor divided to become 2 control, where reactor given by waste with concentration 100%, 75%, 50%, 25% and 0% without cultivated by *kiapu* test reactor and, where reactor emited a stream of waste with concentration variation of 100%, 75%, 50%, 25% and 0% and also cultivated with *kiapu*.

The liquid waste system processing with effective wetland constructed to leather tanning liquid waste process. Degradation effisiensi of concentration parameter shall be as follows : TSS equal to 28,28% for waste concentration 25% for using plants, and Cr equal to 74,29% for waste concentration 25% by using plants.

Keyword: TSS, Cr, Cr at mud of pH, *kiapu* (*Pistia Stratiotes*), Constructed Wetland, efficiency.

PERSAMBAHAN

Setulus hati kupersembahkan karya sederhanaku ini untuk :

- Allah SWT yang telah memberikan aku ilmu yang sangat berguna
- Abah dan Mama yang senantiasa mengiringi langkah-langkahku dengan doa, kasih sayang, perhatian, kesabaran dan pengorbanannya yang tulus.....
- Adikku Mira dan Nia yang selalu memberikan semangat dan keceriaan kepadaku
- Julia Waidah yang selalu menghidupkiku.....
- Seluruh keluarga besarku.....

Special Thanks To :

- Mela, Pipit dan Siska yang telah memberikan arti persahabatan yang sesungguhnya.
- Nurul, Moni, Asri dan Dian yang selalu setia mengenangku.....
- Abang yang telah memberikan semangat dan arti dalam hidupku.....

KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH KEKUATAN,
 ALLAH MEMBERIKU HASILAN AGAR AKU MENJADI KUAT.
 KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH KEBIJAKSANAAN,
 ALLAH MEMBERIKU MASALAH UNTUK DI PECAHKAN.
 KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH KESEJAHTERAAN,
 ALLAH MEMBERIKU AKAL UNTUK BERPIKIR.
 KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH KEBERANIAN,
 ALLAH MEMBERIKU KONDISI BAHAYA UNTUK KUATASI.
 KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH SEBUAH CINTA,
 ALLAH MEMBERIKU ORANG-ORANG BERMASALAH UNTUK KU TOLONG.
 KETIKA KUMOHON KEPADA ALLAH BANTUAN,
 ALLAH MEMBERIKU KESEMPATAN.
 AKU TAK PERNAH MENERIMA YANG KU PINTA,
 TAPI AKU MENERIMA SEGALA YANG KU BUTUHKAN.

Motto

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

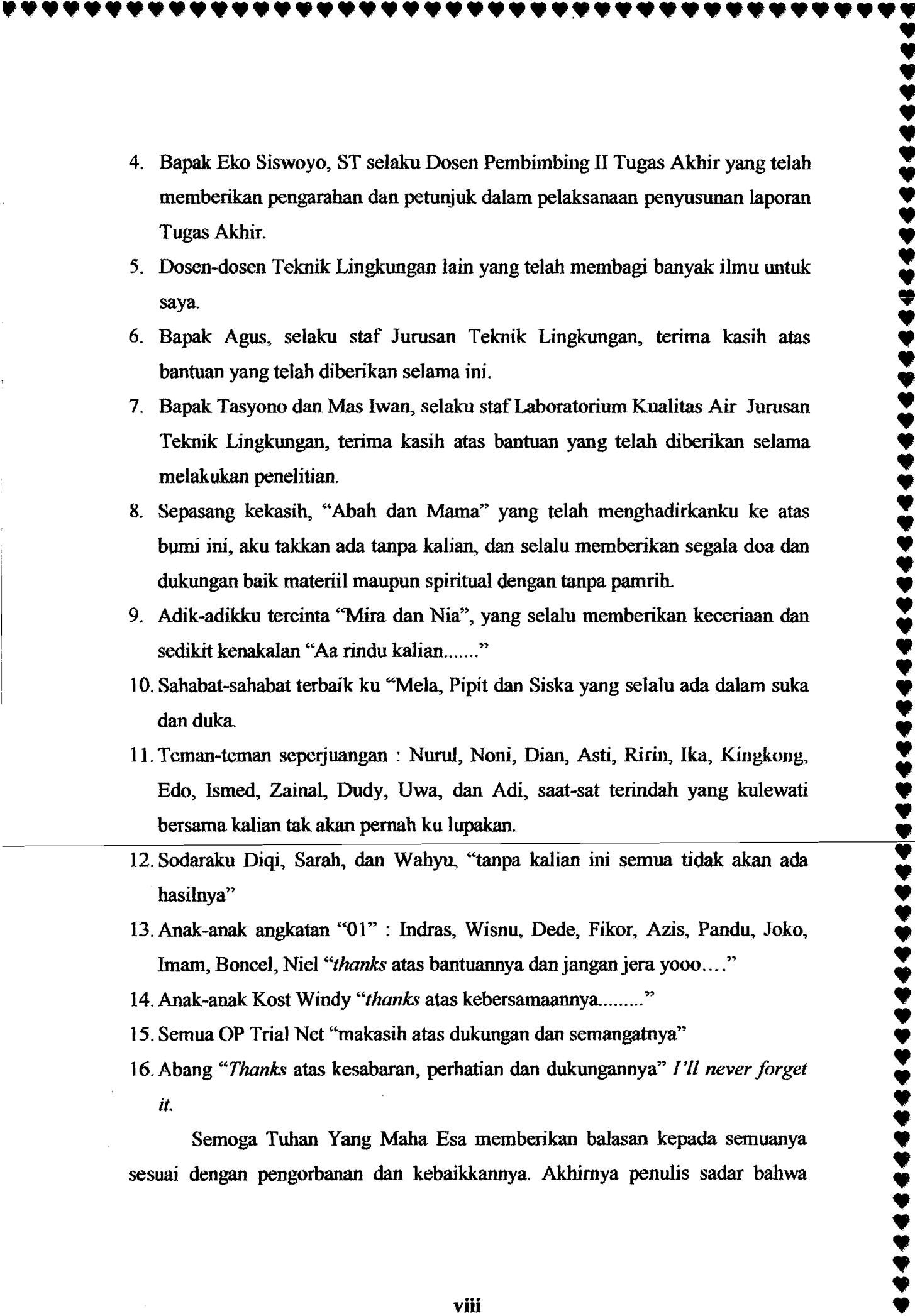
Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang pemilik segala ilmu pengetahuan, yang senantiasa memberikan jalan bagi setiap insannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dan penelitian skripsi yang berjudul "PENURUNAN KONSENTRASI Cr, TSS DAN pH LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* YANG MENGGUNAKAN TANAMAN KIAPU (*Pistia stratiotes*) dengan baik dalam jangka waktu yang ditentukan.

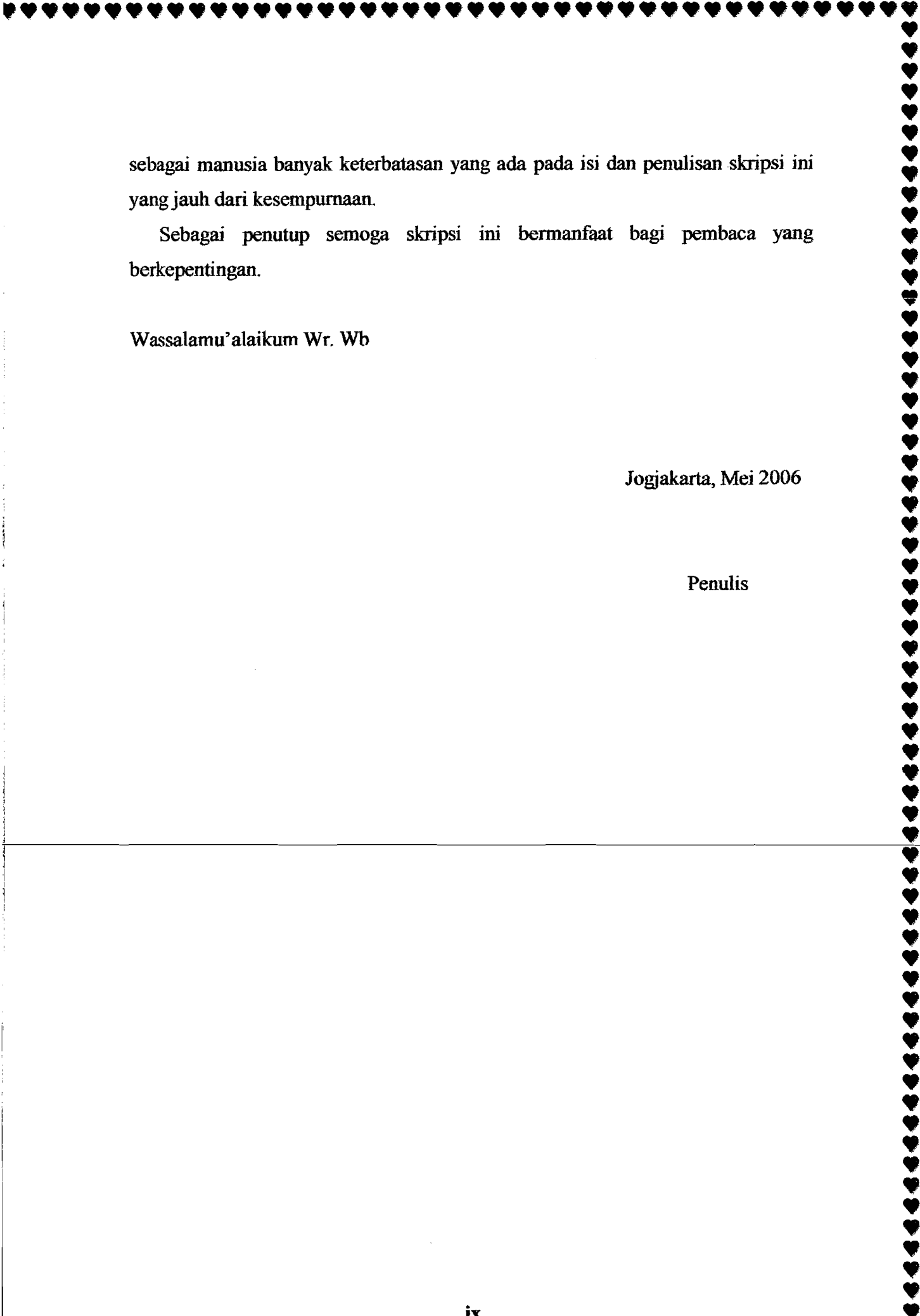
Laporan Akhir hasil dari penelitian ini, penulis susun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Atas bimbingan serta bantuan dan penjelasan yang berguna dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya khususnya kepada:

1. Bapak Prof.Ir.Widodo, MSCE, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Luqman Hakim, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan izin dan pengarahan dalam pelaksanaan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

- 
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penyusunan laporan Tugas Akhir.
 5. Dosen-dosen Teknik Lingkungan lain yang telah membagi banyak ilmu untuk saya.
 6. Bapak Agus, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama ini.
 7. Bapak Tasyono dan Mas Iwan, selaku staf Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama melakukan penelitian.
 8. Sepasang kekasih, “Abah dan Mama” yang telah menghadirkanku ke atas bumi ini, aku takkan ada tanpa kalian, dan selalu memberikan segala doa dan dukungan baik materiil maupun spiritual dengan tanpa pamrih.
 9. Adik-adikku tercinta “Mira dan Nia”, yang selalu memberikan keceriaan dan sedikit kenakalan “Aa rindu kalian.....”
 10. Sahabat-sahabat terbaik ku “Mela, Pipit dan Siska yang selalu ada dalam suka dan duka.
 11. Teman-teman seperjuangan : Nurul, Noni, Dian, Asti, Ririn, Ika, Kingkong, Edo, Ismed, Zainal, Dudy, Uwa, dan Adi, saat-sat terindah yang kulewati bersama kalian tak akan pernah ku lupakan.
 12. Sodaraku Diqi, Sarah, dan Wahyu, “tanpa kalian ini semua tidak akan ada hasilnya”
 13. Anak-anak angkatan “01” : Indras, Wisnu, Dede, Fikor, Azis, Pandu, Joko, Imam, Boncel, Niel “*thanks* atas bantuannya dan jangan jera yooo....”
 14. Anak-anak Kost Windy “*thanks* atas kebersamaannya.....”
 15. Semua OP Trial Net “makasih atas dukungan dan semangatnya”
 16. Abang “*Thanks* atas kesabaran, perhatian dan dukungannya” *I’ll never forget it.*

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan kepada semuanya sesuai dengan pengorbanan dan kebaikannya. Akhirnya penulis sadar bahwa



sebagai manusia banyak keterbatasan yang ada pada isi dan penulisan skripsi ini yang jauh dari kesempurnaan.

Sebagai penutup semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Mei 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Lahan Basah (<i>Constructed Wetland</i>)	5
2.1.1 Mekanisme Pengolahan.....	6
2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengolahan.....	10
2.1.3 Keunggulan Sistem <i>Constructed Wetland</i>	16
2.2 Padatan Tersuspensi Dalam <i>Constructed Wetland</i>	17
2.3 BOD Dalam <i>Constructed Wetland</i>	19
2.4 COD Dalam <i>Constructed Wetland</i>	22
2.5 pH Dalam <i>Constructed Wetland</i>	23
2.6 DO Dalam <i>Constructed Wetland</i>	25

2.7	Cr Dalam <i>Constructed Wetland</i>	27
2.8	Tanah Sebagai Media Pertumbuhan Tanaman	29
2.9	Industri Penyamakan Kulit	30
	2.9.1 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair	
	Industri Penyamakan Kulit	31
	2.9.2 Bahan Baku Dari Industri Penyamakan Kulit.....	35
	2.9.3 Proses Penyamakan Kulit	39
2.10	Tanaman Kiapu (<i>Pistia stratiotes</i>).....	44
	2.10.1 Klasifikasi Tanaman Kiapu.....	46
	2.10.2 Morfologi Tanaman Kiapu	46
	2.10.3 Syarat Hidup Tanaman Kiapu	48
	2.10.4 Keunggulan Tanaman Kiapu	49
	2.10.5 Fisiologi Tanaman Kiapu.....	50
	2.10.5.1 Proses Fotosintesis.....	50
	2.10.5.2 Proses Transpirasi.....	50
	2.10.5.3 Proses Respirasi	51
	2.10.5.4 Proses Pengangkutan Unsur Hara.....	51
	2.10.6 Tanaman Kiapu Pada Pengolahan Air Limbah....	52
	2.10.7 Proses Pengolahan Air Limbah Dengan	
	Penggunaan Tanaman Kiapu	53
2.11	Hipotesa	55
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		56
3.1	Diagram Alir Metode Penelitian.....	56
3.2	Lokasi Penelitian.....	57
3.3	Waktu Penelitian.....	57
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	57
3.5	Parameter Penelitian	59
3.6	Desain <i>Constructed Wetland</i>	59
3.7	Pelaksanaan Penelitian.....	60
	3.7.1 Kualitas Air Limbah	60
	3.7.2 Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>).....	61

3.7.3	Desain Sampling.....	61
3.8	Metode Analisa Laboratorium.....	62
3.9	Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	62
3.10	Metode Analisa Data.....	62
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1	Analisa Kualitas Air Limbah.....	63
4.1.1	Analisa Parameter TSS.....	63
4.1.2	Analisa Parameter Cr.....	68
4.1.3	Analisa Parameter Cr Pada Lumpur.....	72
4.1.4	Analisa Parameter pH.....	74
4.1.5	Analisa Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>).....	76
4.2	Uji Statistik Parameter-parameter Pencemar.....	80
4.2.1	Uji Statistik Parameter TSS Dengan Menggunakan Tanaman Kiapu.....	80
4.2.2	Uji Statistik Parameter TSS Tanpa Menggunakan Tanaman Kiapu.....	85
4.2.3	Uji Statistik Parameter Cr Dengan Menggunakan Tanaman Kiapu.....	90
4.2.4	Uji Statistik Parameter Cr Tanpa Menggunakan Tanaman Kiapu.....	95
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1	Kesimpulan.....	100
5.2	Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA.....		xix
LAMPIRAN.....		xxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Constructed Wetland Model FWS</i>	7
Gambar 2.2	<i>Constructed Wetland Model SSF</i>	7
Gambar 2.3	<i>Constructed Wetland Model Bertingkat</i>	7
Gambar 2.4	<i>Reaktor Sistem Constructed Wetland</i>	8
Gambar 2.5	<i>Siklus Pertumbuhan Bakteri Heterotroph dan Autotroph</i>	14
Gambar 2.6	<i>Tanaman Kiapu</i>	46
Gambar 2.7	<i>Daun Tanaman Kiapu</i>	47
Gambar 2.8	<i>Akar Tanaman Kiapu</i>	47
Gambar 3.1	<i>Diagram Alir Penelitian</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetland Type FWS</i>	9
Tabel 2.2	Fungsi Komponen-komponen Tanaman dalam <i>Wetland</i>	11
Tabel 2.3	Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan.....	25
Tabel 2.4	Sumber Air Buangan Industri Penyamakan Kulit	31
Tabel 3.1	Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands Type FWS</i>	59
Tabel 3.2	Perhitungan Dimensi Reaktor <i>Batch</i>	60
Tabel 3.3	Variasi Konsentrasi Limbah Cair.....	61
Tabel 4.1	Pengujian Konsentrasi TSS.....	63
Tabel 4.2	Effisiensi Removal Konsentrasi TSS.....	63
Tabel 4.3	Pengujian Konsentrasi Cr	69
Tabel 4.4	Effisiensi Removal Konsentrasi Cr.....	69
Tabel 4.5	Pengujian Konsentrasi Cr Pada Lumpur.....	72
Tabel 4.6	Pengujian Konsentrasi pH.....	74
Tabel 4.7	Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 0	78
Tabel 4.8	Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 3	79
Tabel 4.9	Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 6	79
Tabel 4.10	Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 9	79
Tabel 4.11	Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 12	80
Tabel 4.12	Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar TSS	80
Tabel 4.13	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	81
Tabel 4.14	Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	82
Tabel 4.15	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Konsentrasi Air Limbah Terhadap TSS.....	82
Tabel 4.16	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	83

Tabel 4.17	Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	83.
Tabel 4.18	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap TSS.....	84
Tabel 4.19	Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar TSS.....	85
Tabel 4.20	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	86
Tabel 4.21	Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	86
Tabel 4.22	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Konsentrasi Air Limbah Terhadap TSS.....	87
Tabel 4.23	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	88
Tabel 4.24	Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS.....	88
Tabel 4.25	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap TSS.....	89
Tabel 4.26	Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr.....	90
<hr/>		
Tabel 4.27	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	91
Tabel 4.28	Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	91
Tabel 4.29	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Konsentrasi Air Limbah Terhadap Cr.....	92
Tabel 4.30	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	93
Tabel 4.31	Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	93

Tabel 4.32	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Cr.....	94
Tabel 4.33	Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr.....	95
Tabel 4.34	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	96
Tabel 4.35	Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	96
Tabel 4.36	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Konsentrasi Air Limbah Terhadap Cr	97
Tabel 4.37	Hasil Uji Tukey Dari Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	98
Tabel 4.38	Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr.....	98
Tabel 4.39	Nilai <i>Homogeneous Subsets</i> Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Cr.....	99

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hubungan Konsentrasi TSS Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman.....	64
Grafik 4.2	Hubungan Konsentrasi TSS Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman	64
Grafik 4.3	Hubungan Konsentrasi Cr Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman.....	69
Grafik 4.4	Hubungan Konsentrasi Cr Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman	70
Grafik 4.5	Hubungan Konsentrasi Cr Pada Lumpur Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman.....	72
Grafik 4.6	Hubungan Konsentrasi Cr Pada Lumpur Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontakl Tanpa Menggunakan Tanaman.....	73
Grafik 4.7	Hubungan Konsentrasi pH Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman.....	74
Grafik 4.8	Hubungan Konsentrasi pH Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Standart Baku Mutu Limbah Cair
Lampiran II	Pengujian TSS
Lampiran III	Pengujian Cr
Lampiran IV	Pengujian Cr Pada Lumpur
Lampiran V	Pengujian pH
Lampiran VI	Data Analisa TSS
Lampiran VII	Data Analisa Cr
Lampiran VIII	Data Analisa Cr Pada Lumpur
Lampiran IX	Data Analisa pH
Lampiran X	Uji Statistik TSS Dengan Menggunakan Tanaman
Lampiran XI	Uji Statistik TSS Tanpa Menggunakan Tanaman
Lampiran XII	Uji Statistik Cr Dengan Menggunakan Tanaman
Lampiran XIII	Uji Statistik Cr Tanpa Menggunakan Tanaman
Lampiran XIV	Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dengan adanya Industri selain menghasilkan produk yang dapat membantu manusia, juga dapat menghasilkan produk sampingan yaitu berupa limbah baik itu limbah padat maupun cair yang mana dapat membahayakan manusia jika limbah tersebut dibuang begitu saja tanpa perlakuan yang baik. Dari berbagai macam persoalan, limbah cair merupakan salah satu permasalahan yang cukup serius dan perlu dicari permasalahannya.

Oleh karena itu perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat meminimalkan limbah yang berbahaya dan beracun seminimal mungkin. Meminimalkan limbah yang berbahaya dan beracun dimaksudkan agar limbah yang ditimbulkan paling tidak dapat memenuhi baku mutu limbah, dengan cara antara lain : mengurangi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan yang baik dan teknologi bersih.

Salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya dan beracun adalah industri penyamakan kulit, dimana limbah yang dihasilkan salah satunya ialah limbah crom.

Sumber limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari tahap-tahap proses penyamakan basah. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri penyamakan kulit kira-kira 300 – 400 m³/hr, dengan kadar Cr sebesar 14,5 mg/lit, TSS 420 mg/lit, COD 1440 mg/lit, suhu 28 °C dan pH 8,4.

Dalam kegiatan industri dan teknologi, air yang telah digunakan (air limbah industri) 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 traser, adsorpsi, pengolahan kimia dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis, pengoksida dan *plan uptake* (Metcalf & Eddy, 1993). Dalam beberapa hal sistem ini menguntungkan karena biayanya murah, sederhana, dan memiliki kemampuan proses meminimalisasi limbah yang tinggi.

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

- a. Secara fisik mampu menahan atau menangkap kandungan kandungan polutan yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.
- b. Memanfaatkan (*Utilization*) dan sebagai *transformation* dari berbagai macam jenis mikroorganisme.

- c. Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang sangat rendah dan mudah untuk menghasilkan pengolahan yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari industri penyamakan kulit tersebut, maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

- a. Apakah sistem *constructed wetlands* dapat menurunkan konsentrasi Cr, TSS dan pH yang terdapat dalam limbah cair industri penyamakan kulit.
- b. Berapakah efisiensi penurunan konsentrasi Cr, TSS dan pH pada limbah cair industri penyamakan kulit.
- c. Apakah limbah cair industri penyamakan kulit akan mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman kiapu.

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Jenis *reactor wetlands* yang digunakan adalah *Free Water Surface* (FWS).
- b. Tanaman yang digunakan berupa tanaman kiapu dengan lebar daun dan panjang akar yang sama.
- c. Bahan baku limbah berasal dari industri penyamakan kulit.
- d. Konsentrasi atau parameter limbah berupa Cr, TSS dan pH dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

- e. Sistem pengolahan secara *batch*.
- f. Waktu pengujian adalah pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengolahan limbah cair industri pembuatan tahu dengan *constructed wetlands* ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi Cr, TSS dan pH yang terdapat dalam limbah cair industri penyamakan kulit dengan *constructed wetlands*.
- b. Untuk mengetahui tingkat produktifitas tanaman kiapu pada pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan terhadap limbah cair industri penyamakan kulit.
- b. Meminimalisasi terjadinya pencemaran di badan air, akibat limbah industri penyamakan kulit yang dibuang ke sungai secara langsung.
- c. Dapat digunakan sebagai bahan kajian lebih lanjut apakah hasil *treatment* ini dapat digunakan secara langsung untuk pengaliran tanaman dan industri lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lahan Basah (*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.

2.1.1 Mekanisme Pengolahan

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

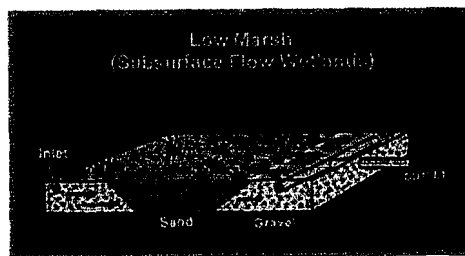
1. *Solid* (padatan)

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

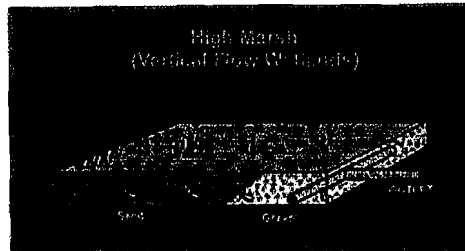
2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan biologis dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar

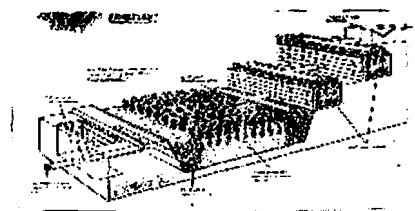
tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



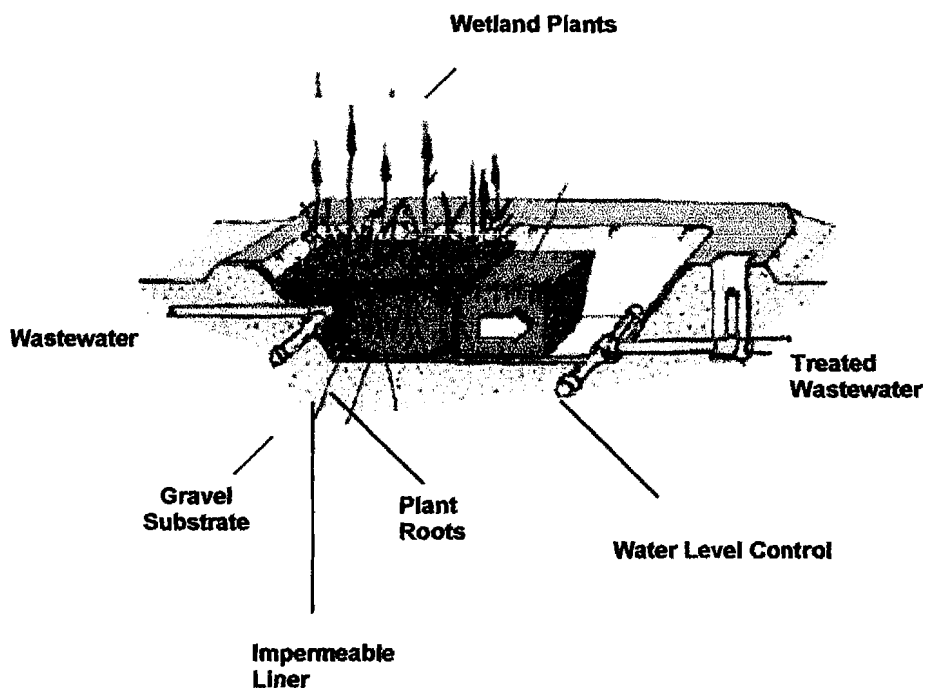
Gambar 2.1 *Constructed Wetland Model FWS*



Gambar 2.2 *Constructed Wetland Model SSF*



Gambar 2.3 *Constructed Wetland Model Bertingkat*



Gambar 2.4 Reaktor Sistem *Constructed Wetland*

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

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Sistem ini berbentuk kolam atau saluran yang dilapisi dengan lapisan *impermeable* alami atau lapisan tanah, yang mana kandungan air pada sistem ini dangkal. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah atau keluarnya air limbah dari kolam atau saluran tersebut. Komposisi utama pada sistem *Free Water Surface* (FWS) adalah tanah sebagai substrat untuk tempat hidupnya tanaman air. Pada sistem ini

biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail*, *reed*, *seadge*, dan *rush*.

Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

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

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

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

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

Table 2.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Tipe FWS

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

(Dal Cin, 2000)

2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengolahan

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

a. Tanaman

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

Pada umumnya tanaman yang digunakan dalam *wetland* adalah tanaman yang cepat tumbuh, mempunyai kandungan lignin yang besar, dan dapat beradaptasi dengan kedalaman air yang bervariasi. Tanaman di dalam *wetland* tidak didesain untuk penyerapan nutrien tetapi untuk meningkatkan sedimentasi dan pertumbuhan bakteri. Fungsi tanaman di dalam *constructed wetlands* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan masa secara vegetatif yang dapat memperlambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempelnya dan berkembangnya mikroorganisme, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepaskan karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba.

Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *constructed wetlands* adalah tanaman dapat mentransfer oksigen dari daun sampai ke lapisan akar. karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz,2000).

Pengolahan dalam *wetland* bergantung pada proses siklus tanaman dalam menyediakan oksigen untuk bakteri aerobik dan struktur dari tanaman dalam menyediakan substrat untuk bakteri aerobik dan anaerobik (fakultatif). Proses tidak sempurna tanpa pembentukan lapisan humus (litter) pada dasar *wetlands*, karena lapisan ini merupakan sumber karbon organik yang digunakan mikroorganisme sebagai substrat untuk tumbuh. Lapisan humus terbentuk dari kematian daun atau batang tanaman yang jatuh ke permukaan tanaman.

Berikut tabel dari fungsi setiap bagian atau komponen pada tanaman air yang digunakan dalam pengolahan *natural wetlands* :

Tabel 2.2 Fungsi Komponen-komponen Tanaman Dalam *Wetland*

No	Komponen Tanaman	Fungsi
1	Akar dan batang dalam air	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagai tempat pertumbuhan bakteri • Sebagai media untuk proses filtrasi
2	Batang dan daun yang berada di permukaan air	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi masuknya sinar matahari • Mampu mencegah pertumbuhan alga • Mampu mengurangi efek dari kecepatan angin di permukaan air • Sangat penting untuk mentransfer gas dari dalam permukaan air yang dihasilkan tanaman

b. Media Reaktor

Media yang digunakan pada pengolahan *constructed wetlands* terdiri dari : tanah, pasir, dan kerikil. Fungsi tanah dalam sistem *Constructed Wetland* sangat penting, yaitu :

1. Sebagai tempat hidup dan tumbuh tanaman.
2. Sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisme.
3. Sebagai tempat terjadinya proses fisik, yaitu sedimentasi untuk penurunan konsentrasi solid dalam air limbah.

Pengolahan air limbah dipengaruhi oleh waktu detensi, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang akan dikeluarkan akar tanaman dan air limbah. Keadaan tanah seperti permeabilitas tanah dan konduktivitas hidrolis sangat berpengaruh pada waktu detensi air limbah (Wood, 1993 dalam Siswoyo, 2002).

c. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganisme *heterotropik aerobik*, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mikroorganisme ini selain mengurai air limbah juga akan mempertahankan kandungan oksigen dalam air limbah. Sehingga akan mengurangi bau. Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanaman pada reaktor yang diharapkan agar tanaman mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan

mikroorganisme yang hidup dalam tanah., pengkondisian lingkungan reaktor yaitu temperatur, pH, ruang yang cukup dan lain-lain.

Komunitas mikroba dalam *constructed wetland* digunakan sebagai indikator pengukuran secara langsung dalam proses pengolahan air limbah, yaitu jenis mikroorganisme dari bakteri, virus, ragi, microscopis fungi, protozoa, alga. Proses hubungan antara komunitas mikroba ini dalam *wetland* merupakan faktor utama dalam mendaur ulang kandungan pencemar dalam air limbah yaitu terjadinya proses dekomposisi dan denitrifikasi.

Proses transformasi yang terjadi di dalam *wetland* sebagian besar dipengaruhi oleh adanya hubungan metabolisme mikroorganisme dalam memanfaatkan air limbah dalam pertumbuhannya. Nitrogen dan carbon merupakan sumber energi bagi mikroba, di mana carbon digunakan untuk membentuk biomassa dari mikroba ($C_5H_7O_2N$) sebagai nutrien, proses fotosintesis yang dilakukan oleh protozoa juga memberikan respons yang cepat untuk meningkatkan jumlah nutrien dalam air limbah. Adanya proses transformasi dan dekomposisi oleh mikroba secara langsung mempengaruhi jumlah komunitas mikroba, dan penambahan jenis bakteri an aerobik yang berperan dalam mengurai bahan pencemar menjadi nutrien.

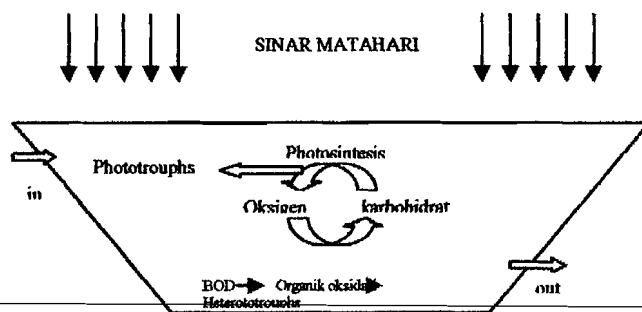
Proses *nitrifikasi* (oksidasi amonium menjadi nitrat dan nitrit secara biologis) dan *denitrifikasi* (oksidasi nitrit menjadi nitrat) dalam *wetland* juga dapat terjadi secara siklus alami, yang disebabkan adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam mengurai bahan makanannya, yaitu komunitas bakteri *heterotroph* (mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai energi) dan

autotroph (mikroorganisme yang menggunakan karbon dioksida sebagai energi) yang terdiri dari bakteri *Nitrosomonas sp*, *Nitrobacter sp*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Spirillum*. Berikut reaksi proses *nitrifikasi* dan *denitrifikasi* yang menyebabkan terjadinya proses pembusukan pada *wetland* dan siklus pertumbuhan bakteri *heterotroph* dan *autotroph*

- Oksidasi amonium menjadi nitrit peranan bakteri *Nitrosomonas sp*

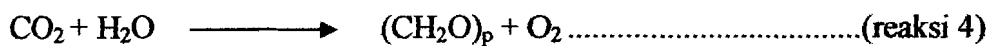
$$2 \text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + \text{Energi} \dots\dots(\text{reaksi 2})$$
- Oksidasi nitrit menjadi nitrat peranan bakteri *Nitrobacter sp*

$$2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{NO}_3^- + \text{Energi} \dots\dots\dots(\text{reaksi 3})$$
- Pertumbuhan bakteri *heterotroph* dan *autotroph* dalam *wetland*

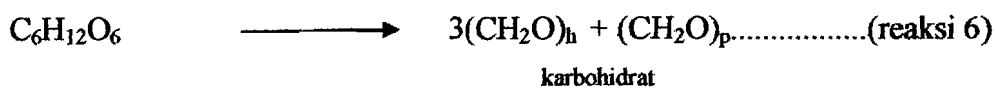


Gambar 2.5 Siklus Pertumbuhan Bakteri *heterotroph* dan *autotroph*

Reaksi pertumbuhan bakteri Phototrophs:
matahari



Reaksi pertumbuhan bakteri Heterototroubs:



Semua jenis mikroorganisme yang ada dalam *wetland* secara umum beraktivitas untuk mengasimilasi nutrisi untuk pertumbuhannya, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph* (Kadlec and Knight, 1996), asam amino ditransformasikan ke dalam protein, purin, dan pirimidin yang digunakan sebagai sumber energi.

Berikut ini aktivitas dari mikroorganisme dalam sistem pengolahan air limbah dengan *constructed wetland* :

- Mentransformasikan bahan-bahan organik dan anorganik dalam jumlah yang besar menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya (*innocuous*) atau mudah terurai.
- Media untuk melakukan proses reduksi dan oksidasi (redok) dalam merubah kandungan substrat dan berpengaruh terhadap kemampuan *wetland*.
- Media pengurai (*recycling*) pencemar menjadi nutrisi.

Proses mentransformasikan limbah dalam *wetland* dilakukan mikroorganisme dengan cara aerobik maupun anaerobik. Jenis bakteri terbesar dalam sistem ini berupa bakteri fakultatif anaerob dimana jenis bakteri ini mampu beraktivitas dalam kondisi lingkungan yang aerobik maupun anaerobik. Pertumbuhan mikroorganisme dalam *wetland* dapat berkembangbiak dengan cepat jika persediaan energi sesuai dengan kebutuhan mikroba dan sebaliknya mikroorganisme akan lambat berkembangbiak apabila kondisi lingkungan tidak sesuai dengan kebutuhan mikroba.

d. Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas *effluent* air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Temperatur yang cocok untuk *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20⁰C - 30⁰C (Wood,1993 dalam Siswoyo, 2002).

2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland*

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

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

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

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

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

Mempertimbangkan hal-hal di atas tampak bahwa sistem *Constructed wetland* merupakan salah satu alternatif pengolahan air limbah yang sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia.

2.2 Padatan Tersuspensi Dalam *Constructed Wetland*

Kandungan padatan *tersuspended* dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami dalam *wetlands*. Proses utama untuk mengurangi padatan *tersuspensi* adalah dengan proses flokulasi atau sedimentasi dan proses filtrasi. Padatan *tersuspensi* di dalam *wetland* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba didalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfide (USEPA,1988).

Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *wetlands* (Merz, 2000).

Tanaman dalam *wetland* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sediment. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat didalam *wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami yang membentuk jonjot atau flok-flok (Merz,2000).

Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *wetland*. Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan menuju *wetland* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan.

Hubungan yang terjadi dilapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokkan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan – pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *constructed wetlands* secara umum dapat menggunakan persamaan :

$$SS \text{ effluent} = SS \text{ influent} \times (A \times B \times HLR) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : A = 0,1139

B = 0,00213

SS = padatan tersuspensi, mg / L

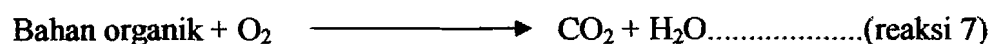
HLR = *hydraulic loading rate*, cm /hr

2.3 BOD Dalam *Constructed Wetland*

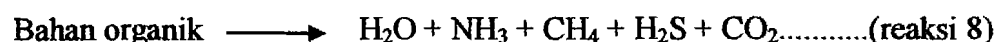
Kebutuhan Oksigen Biologis atau BOD didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurangi bahan-bahan organik (*carboneous demand*) dan senyawa nitrogen (*nitrogenous demand*). Banyaknya oksigen yang dibutuhkan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan organik, tetapi juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu inkubasi. Sebagai standar inkubasi BOD ditetapkan yang paling efektif adalah suhu 20 °C dengan waktu inkubasi 5 hari karena pada waktu ini proses terurainya bahan organik terjadi. Bahan organik yang dapat diurai oleh BOD tergolong dalam senyawa organik yang mudah terurai umumnya berasal dari limbah domestik.

Air buangan sebagian besar mengandung karbon organik yang dapat didegradasikan dengan konsentrasi BOD₅ tinggi serta bahan yang membutuhkan oksigen untuk oksidasi. Siklus karbon didominasi oleh tanaman, dimulai pada proses pertumbuhan dan penyerapan nutrisi, proses kematian, dan pada proses degradasi, yang proses ini akan melepaskan nutrisi, selanjutnya kembali menjadi tanah. Pada umumnya air buangan mengandung bahan organik yang dapat didegradasikan dengan aktivitas mikroorganisme dalam *constructed wetland*.

Penguraian bahan organik oleh bakteri aerobik:



Penguraian bahan organik oleh bakteri anaerobik:



Dekomposisi dari karbon di dalam *wetland* ditentukan oleh kesetimbangan antara karbon yang masuk ke dalam *wetland* dengan suplai oksigen yang terjadi, apabila persediaan oksigen di dalam air tersebut cukup dengan yang dibutuhkan pada proses oksidasi bahan organik karbon maka proses degradasi berlangsung secara aerobik dan apabila sebaliknya maka proses dekomposisi atau degradasi berlangsung secara anaerobik. Suplai oksigen ke dalam kolom air *wetland* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air dan adanya proses fotosintesis dari tanaman di dalam kolom air (Merz, 2000). Proses degradasi dan mineralisasi karbon organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan *biofilm* yang terdapat pada tanaman.

Di dalam FWS, kehilangan konsentrasi dari BOD₅ terlarut tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada akar, batang dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh ke dalam *wetland*. Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetland*, maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah datang dari reaerasi pada permukaan air dan dari translokasi oksigen menuju *rhizosfer*.

Perencanaan kedalaman di dalam *Constructed wetland* air seharusnya antara 10 mm sampai 600 mm (24 inch) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen. Kehilangan konsentrasi BOD di dalam *wetland* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T t) \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

C_e = effluen BOD₅ (mg/L)

C_o = influen BOD₅ (mg/L)

K_T = *temperature*, bergantung pada laju reaksi orde pertama(hari⁻¹)

t = *hydraulic residence time* (hari)

hydraulic residence time dapat dilihat dengan menggunakan persamaan:

$$t = \frac{LWnd}{Q} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

L = panjang (m)

W = lebar (m)

n = void ratio, 0,65 – 0,75 (porositas)

d = kedalaman air (m)

Q = debit rata-rata ($flow_{in} + flow_{out}$)/2 (m³/hari)

Temperatur yang mempengaruhi pada konstanta kecepatan reaksi dihitung berdasarkan konstanta untuk 20 °C dan dengan faktor koreksi yang digunakan adalah 1,1 (Tchobanoglous et. Al., 1980). Konstanta kecepatan reaksi K_T (hari⁻¹) pada T (°C) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$K_T = K_{20}(1,1)^{(T-20)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

K_{20} = rate constant pada 20 °C = 0,0057 hari⁻¹

Persamaan yang dipergunakan untuk memperkirakan hubungan BOD_{effluent} dapat juga menggunakan persamaan:

$$BOD_{\text{effluent}} = (A \times BOD_{\text{influent}}) + (B \times HLR) \dots \dots (2.5)$$

dimana:

$$A = 0,192$$

$$B = 0,097$$

BOD = *biochemical oxygen demand* (mg/L)

HLR = *hydraulic loading rate* (cm/hari)

2.4 COD Dalam *Constructed Wetland*

COD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air limbah secara kimia. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang dapat teroksidasi dapat diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam (Metcalf and Eddy, 1991). Nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 (*carbon dioksida*) dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam.

Pertumbuhan mikroorganisme yang cepat akan menyebabkan kebutuhan oksigen lebih banyak (proses aerasi), merupakan proses biologis murni karena air limbah campur dengan mikroorganisme kemudian diaerasi dengan periode tertentu. Semakin lama aerasi., oksigen yang terkandung semakin banyak

akibatnya jumlah bakteri bertambah. Dengan penambahan oksigen maka konsentrasi zat akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya oksigen terlarut didalam air. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mekanisme pengolahan dan penguraian bahan organik air limbah yang terjadi adalah:



COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air limbah baik yang mudah diurai maupun yang sukar diurai oleh mikroba.

2.5 pH Dalam *Constructed Wetland*

Derajat keasaman atau pH didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen dan merupakan ukuran tingkat kebesaan atau keasaman suatu larutan. Secara alamiah pH perairan dipengaruhi oleh konsentrasi karbondioksida bebas (CO₂) dan senyawa bersifat asam. Fitoplankton dan tanaman air lainnya akan mengambil CO₂ dari air selama proses fotosintesis, sehingga mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Cholik *et al*, 1991). Air murni secara kimiawi adalah netral dan memiliki jumlah ion hidrogen dan hidroksil yang sama banyaknya. Air limbah

pertanian dan rumah tangga mengakibatkan tingginya konsentrasi ion hidrogen, sehingga menunjukkan perairan bersifat asam. Sebaliknya bisa menunjukkan konsentrasi ion hidroksil (OH⁻) lebih tinggi daripada ion hidrogen. Hal ini menunjukkan bahwa perairan bersifat basa (Fardiaz, 1992). Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan merubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 1995).

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah.

Pengaruh nilai pH pada komunitas biologi perairan dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 2.3 Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0 – 6,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan
5,5 – 6,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti 3. Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral
5,0 – 5,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat
4,5 – 5,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat

Sumber : modifikasi Baker et al., 1990 dalam Efendi, 2003

Pada pH < 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Namun ada sejenis algae yaitu *Chlamydomonas acidophila* mampu bertahan pada pH =1 dan algae *Euglena* pada pH 1,6.

2.6 DO Dalam *Constructed Wetland*

Oksigen terlarut adalah oksigen yang terdapat di dalam air (dalam bentuk molekul oksigen, bukan dalam bentuk molekul hydrogen oksida) dan biasanya dinyatakan dalam mg/l (ppm). Oksigen terlarut merupakan parameter penting untuk mengukur pencemaran air. Kandungan oksigen terlarut dibawah 3 ppm akan membahayakan organisme dalam perairan karena dapat mengakibatkan kematian. Mahida (1986) menyatakan bahwa oksigen terlarut tergantung pada suhu, gerakan air, luas permukaan air dan tekanan air.

Kepekatan oksigen terlarut tergantung kepada:

1. Suhu
2. Fotosintesis yang terjadi pada tanaman
3. Tingkat penetrasi cahaya yang tergantung kedalaman dan kekeruhan
4. Tingkat kekerasan aliran air
5. Jumlah bahan organik yang diuraikan dalam air seperti sampah, ganggang mati atau limbah.

Ujicoba oksigen terlarut sangat penting untuk menjamin keadaan aerobik perairan yang menampung limbah. Dalam pengendalian pencemaran air, ikan, tetumbuhan dan binatang lain perlu berkembang biak. Hal ini perlu pemeliharaan oksigen terlarut yang dapat menunjang tata kehidupan di dalam air dengan keadaan yang sehat. Adanya oksigen bebas ini sangat diperlukan oleh berbagai biota air (misalnya ikan hanya dapat hidup di air yang mempunyai kandungan oksigen bebas lebih besar 3 ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran atau limbah organik yang *degradable*.

Dalam air kotor selalu terdapat bakteri (bakteri aerob dan anaerob). Bakteri aerob adalah bakteri yang memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya sedangkan bakteri anaerob adalah bakteri yang tidak memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya.

Bakteri aerob dan anaerob akan menguraikan zat organik dalam air menjadi persenyawaan yang sederhana. Selama ini air mengandung oksigen bebas cukup banyak, maka yang bekerja atau tumbuh berkembang adalah bakteri aerob. Bakteri aerob akan merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan

yang tidak berbahaya (yang dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi persenyawaan nitrat, belerang dirubah menjadi persenyawaan sulfat, bila oksigen bebas dalam air itu habis atau sangat kurang, maka yang bekerja atau tumbuh dan berkembang adalah bakteri anaerob. Bakteri anaerob merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan sederhana (tidak dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi amoniak, belerang dirubah menjadi *hydrogen sulfide*, yang keduanya berbentuk gas dan bau.

2.7 Cr Dalam *Constructed Wetland*

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

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 $0,05 \text{ ppm}$.

2.8 Tanah Sebagai Media Pertumbuhan Tanaman

Menumbuhkan tanaman memerlukan (i) air, (ii) oksigen, (iii) karbon dioksida, (iv) unsur-unsur mineral, (v) penunjang mekanis, (vi) cahaya dan (vii) panas. Dengan kadar air yang biasa, tanah-tanah mengatur suhu dan menolong mengurangi pengaruh fluktuasi tinggi suhu udara atmosfer. Kadar hawa dalam tanah mensuplai oksigen pada akar tanaman dan memelihara kondisi-kondisi aerobik untuk kegiatan bakteri yang dibutuhkan bagi pembenahan air limbah.

Tanah menyimpan dan mensuplai oksigen, zat hara bagi pemakaian tanaman yang menyediakan tunjangan mekanis untuk tanaman. Tanah dapat juga mengandung atau menimbun kedua-duanya dibawah irigasi biasa dan irigasi air limbah. Unsur-unsur beracun bagi tanaman-tanaman seperti garam-garam yang berlebihan atau unsur yang beracun lainnya. Tanah dapat mengembangkan reaksi alkalis atau asam yang berlebih-lebihan, dan sekali-kali dapat sangat terpecah-pecah. Perubahan-perubahan yang diakibatkan dalam hal lainnya harus dipelajari

dalam mengevaluasi akibat-akibat dari irigasi air limbah pada tanah sebagai media pertumbuhan tanaman (Mahida, 1986).

2.9 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit termasuk kelompok industri yang mengeluarkan banyak limbah berupa cairan. Dalam industri penyamakan kulit, air buangan yang dihasilkan sangat bervariasi sifatnya. Pada proses penyamakan Cr yang mempengaruhi penyamakan adalah sisa garam chrom dari natrium sulfida. Garam chrom perlu mendapat penanganan yang baik karena digolongkan sebagai pencemar yang berbahaya.

Penyamakan sesungguhnya adalah merupakan suatu proses atau penembusan kulit bloten dengan suatu bahan yang dapat mencegah terjadinya pembusukan pada kulit tanpa menimbulkan akibat yang merugikan pada kuat tarik dan kemulurannya.

Penyamakan kulit didefinisikan sebagai suatu proses kulit mentah yang mudah busuk menjadi kulit yang tersamak yang tahan terhadap kerusakan yang dikarenakan oleh air, panas, mikroorganisme

Kulit mentah + bahan penyamak \longrightarrow kulit tersamak

Pada proses penyamakan kulit terdapat perbedaan sifat kimia maupun fisika. Kulit mentah mudah sekali membusuk dalam keadaan kering, kulit keras dan kaku, sedangkan kulit tersamak adalah sebaliknya.

2.9.1 Sumber Dan Karakteristik Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Limbah pabrik penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan untuk pemrosesan yaitu perendaman air, pengilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman amonia, pengasaman, penyamakan, pemucatan, pewarnaan dan lain-lain. Pengilangan bulu dengan kapur dan sulfida merupakan penyumbang utama bahan pencemar dalam pabrik penyamakan kulit (Emdi, 1994).

Tabel 2.4 Sumber Air Buangan Industri Penyamakan Kulit

Jenis Produksi	Hasil Buangan
Perendaman	Sisa darah, garam, bulu, detergen, dan kotoran lainnya
Pengapuran	Limbah kapur, natrium sulfida, bau, sisa daging, sisa lemak dan kotoran lainnya
Pembuangan daging	Sisa daging dan lumpur
Pengasaman	Limbah sisa cairan asam, NaCl, HCOOH dan H ₂ SO ₄
Penyamakan	Asam, minyak, amoniak, dan mineral
<i>Crush dyeing</i>	Sisa penyamakan, sisa cat dan lemak
Pengecatan	Sisa cat, lemak, khrom dan thinner

Sumber : Emdi, 1994

Adapun karakteristik air limbah dari penyamakan kulit mengandung zat organik yang tinggi, zat padat tersuspensi, sulfida, dan logam chrom yang cukup tinggi (Oetoyo et. al, 1981)

Karakteristik limbah penyamakan kulit, yaitu :

1. BOD

BOD (Kebutuhan Oksigen Biokimia) yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air pada kondisi aerobik, jadi BOD dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran bahan organik dalam air (Djajadiningrat, 1992)

Pada air limbah penyamakan kulit BOD berasal dari bahan organik seperti pada rambut yang hancur, sisa daging dan bahan lain yang terdapat pada kulit mentah (Oetoyo et. al, 1981).

2. COD

COD (Kebutuhan Oksigen Kimia) yaitu banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah melalui proses kimia (Djajadiningrat, 1992).

Air limbah yang mengandung zat beracun (logam berat khrom), penguraiannya secara kimia dapat dilakukan dengan bantuan indikator seperti $K_2Cr_2O_4$ (kalium Bichromat) dan tidak dioksidasi sempurna secara biologi, tetapi langsung dapat dioksidasi secara kimia (Oetoyo et al, 1981)

Hasil uji COD pada umumnya mempunyai angka yang lebih tinggi daripada uji BOD karena uji COD dapat mengoksidasi beberapa komponen yang tidak dapat dioksidasi dengan pertolongan mikroorganisme. Tetapi dengan uji COD bahan organik yang dapat dioksidasi hanya karbon (C) dan hidrogen (H).

Dalam air buangan industri penyamakan kulit uji COD memegang peranan penting karena mengandung zat-zat organik yang sukar dioksidasi oleh mikroorganisme dan juga air buangan tersebut mengandung zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme.

3. Zat Padat Tersuspensi

Zat padatan tersuspensi atau TSS merupakan bagian total zat padat sebesar 40% dalam keadaan terapung, yang dapat mengambang atau mengendap

dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang. Beberapa zat padat tersuspensi yang terapung ini akan mengendap dengan cepat, tetapi yang berukuran koloid akan mengendap perlahan-lahan atau tidak sama kali. Zat padat dari industri penyamakan kulit berasal dari rambut atau bulu-bulu dari sisa-sisa bahan penyamakan.

4. Chrom

Sesuai dengan bahan penyamak yang dipakai yaitu khrom sulfat maka air buangnya juga mengandung chrom. Chrom dalam larutan biasanya dijumpai dalam valensi 3+ dan 6+. Kandungan chrom di dalam limbah industri penyamakan kulit berasal dari zat penyamak kulit yang berupa chrom oksida (CrO_3) dan larutannya berbentuk dichromat (CrO_7). Chrom bervalensi 3 relatif lebih tidak berbahaya dibandingkan chrom bervalensi 6.

5. Sulfida

Air buangan yang mengandung sulfida dapat melepaskan gas hidrogen sulfida (H_2S) ke udara. Pada air limbah penyamakan kulit sulfida berasal dari natrium sulfida (Na_2S) pada proses pembuangan bulu. Dalam suasana aerob hidrogen sulfida teroksidasi secara bakteriologis menjadi sulfat. Hidrogen sulfida bersifat racun dan berbau busuk. Hidrogen sulfida akan menghitamkan air dan lumpur yang bila terikat dengan senyawa besi membentuk Fe_2S .

6. Warna

Buangan asam yang berasal dari proses *pickling tanning* sampai dengan proses yang terakhir. Warna dari buangan asam ini hijau kebiru-biruan yang menandakan air ini mengandung chrom valensi 3 yang dipakai dalam penyamakan.

7. Bau

Buangan yang bersifat bau yang keluar dari proses *saking* sampai dengan proses *deliming bathing* berwarna kuning, coklat dan keruh serta berbau anyir dan busuk. Bau busuk ini berasal dari pembusukan daging dan adanya gas hidrogen sulfida yang berasal dari zat natrium sulfida. Gas ini timbul dalam suasana asam sehingga kadang-kadang disekitar pabrik tidak berbau busuk tetapi justru di luar lingkungan bau busuk akan timbul, hal ini disebabkan karena pada lingkungan pabrik kemungkinan bercampur dengan air buangan dari sumber lain yang bersifat asam sehingga terjadi pembuatan gas hidrogen sulfida.

8. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut adalah oksigen yang larut dalam air berasal dari fotosintesa atau secara absorpsi dari atmosfer kelarutan oksigen air rata-rata 7 ppm. Oksigen yang larut dalam air dapat mencapai kejenuhan tergantung pada suhu air tersebut, makin tinggi suhu air makin berkurang tingkat kejenuhan oksigen didalamnya, pada daerah tropis kelarutan oksigen didalam air pada udara terbuka hanya mencapai 7 – 8 ppm.

Pada air yang mengalami polusi yang berat dari bahan-bahan organik seperti halnya air buangan kulit maka mikroorganisme yang akan mencernanya memerlukan oksigen dalam jumlah yang sangat banyak untuk mengoksidasi bahan-bahan organik tersebut, hal ini dapat menyebabkan air kekurangan oksigen yang larut. Sehingga kehidupan air akan mengalami gangguan umumnya kandungan oksigen yang terlarut dalam air buangan industri penyamakan kulit sangat rendah, bahkan bisa mencapai nol.

9. NaCl

Garam NaCl adalah bahan terlarut yang banyak terdapat di dalam air buangan industri penyamakan kulit, terutama industri penyamakan kulit yang menggunakan bahan baku kulit garaman. Air buangan yang banyak mengandung NaCl dapat merugikan apabila digunakan sebagai perairan untuk pertanian dan perikanan, hal ini disebabkan karena menurunnya kemampuan akar untuk menyerap air sehingga tanaman akan mati dan pengaruhnya terhadap ikan adalah dapat menyebabkan kematian karena ikan mengalami tekanan fisiologis.

2.9.2 Bahan Baku Dari Industri Penyamakan Kulit

Pada umumnya bahan penyamakan industri perkulitan terbagi 4 golongan besar, yaitu :

1. Bahan penyamak nabati

Bahan penyamak nabati adalah bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung bahan penyamak. Bahan penyamak yang dihasilkan dari :

- Babakan (kulit) misalnya akasia, mahoni, pinang dan lain-lain
- Kayu
- Daun misalnya gambir, teh dan lain-lain
- Buah misalnya, pinang, manggis, dan sabut kelapa

Penyamakan dengan bahan nabati biasanya dipakai untuk pembuatan kulit lapis, sol, koper, perhiasan dan lain-lain. Bahan penyamak nabati dalam perdagangan dapat berupa : babakan yang masih utuh, babakan yang telah digiling menjadi kawul, ekstrak cair, ekstrak kering padat, ekstrak kering bubuk.

2. Bahan penyamak sintetis

Adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan jalan kondensasi dan sulfitasi. Dalam perdagangan merupakan bahan penyamak yang telah siap pakai dengan nama lain seperti : *Basynatan, Irgatan, Tanigan* dan lain-lain.

3. Bahan penyamak minyak

Bahan penyamak minyak adalah bahan penyamakan yang berasal dari minyak ikan hiu atau minyak ikan lainnya, yang dalam perdagangan disebut minyak ikan kasar. Penyamak itu digunakan untuk pembuatan kulit samak dengan bulunya.

Setelah proses penyamakan dapat dikatakan tidak ada pengotoran yang menyebabkan pengotoran adalah kelebihan minyak yang larut didalam larutan Na_2CO_3 , karena kulit yang telah masak dicuci dengan larutan tersebut.

4. Bahan penyamak khrom

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantaranya bahan penyamak mineral yaitu bahan penyamak alumunium. Hal ini dikarenakan sifat-sifat khusus dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom itu sendiri. Didalam penyamakan dikenal adanya dua valensi khrom yaitu khrom bervalensi enam dan krom bervalensi 3. Khrom heksavalen tidak mempunyai kemampuan bereaksi atau menyamak kulit sebelum direduksi menjadi khrom trivalen. Bahan penyamak khrom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi 3. Garam khrom trivalen ini dapat membentuk ikatan dengan asam-asam amino cabang dalam struktur protein yang relatif.

Bahan penyamak khrom berupa Cr_2O_3 (*Chromium Oksida*) banyak dipasarkan dengan kadar 25%. Bahan penyamak khrom dalam perdagangan dikenal seperti *Chrommetan Powder*, *Chrommosa Powder* dan *Chrommalin*.

Bahan baku proses penyamakan kulit terdiri dari (Anonim, 1994) :

1. Bahan kulit utama, yaitu :

- Kulit domba
- Kulit kerbau atau sapi

2. Bahan pendukung, yaitu :

- Garam dapur (NaCl)
- Asam Sulfat (H_2SO_4)
- Anti Septik (fungisida)
- Kapur ($Ca(OH)_2$)
- Detergen (bahan pencuci)
- Soda kue ($NaHCO_3$)
- Amonium Sulfat (NH_4SO_4)
- Natrium Sulfida (Na_2S)
- Natrium Formiat ($HCOONa$)
- Chromosal, Chrom Oksida (Cr_2O_3)
- Solvent (pelarut) dan thinner untuk pengecatan
- Sodium asetat
- Macam-macam minyak seperti minyak ikan atau minyak gajah
(*sulfiter oil dan sulfeneter*)

2.9.3 Proses Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit terdiri dari berbagai proses, yaitu :

1. Pengawetan

Pengawetan kulit mentah dengan menggunakan garam dapur, bertujuan untuk pengawetan sementara agar kulit tidak busuk (Anonim, 1994).

2. Perendaman (*soaking*)

Maksud perendaman ini adalah untuk mengembalikan sifat-sifat kulit mentah seperti dalam keadaan semula, lemas, lunak dan sebagainya. Selain itu juga merupakan pencucian kulit terhadap garam, kotoran dan darah.

Pelaksanaannya dengan menggunakan pengontrol pH yang tinggi yaitu 11 – 14. Kulit mentah kering setelah ditimbang kemudian direndam dalam 800 - 1000% air yang mengandung 1 gr/lit obat pembasah dan antiseptik, misalnya tepol, molescal, cismolan, dan sebagainya selama 1 sampai 2 hari. Kulit distrek dengan pisau strek pada bagian dagingnya, diputar dalam drum tanpa air selama setengah jam agar serat-serat kulit menjadi lebih kendor, sehingga mudah dimasuki, agar kulit cepat menjadi basah kembali. Pekerjaan perendaman ini dianggap cukup bila kulit telah menjadi lemas, lunak tidak memberikan perlawanan dalam pegangan, atau bila berat kulit telah menjadi 220 – 250 % dari berat kulit mentah kering yang berarti kadar air mendekati kulit segar (60 – 65 %).

3. Pengapuran (*liming*)

Kulit setelah cukup lemas kemudian masuk pada proses pengapuran. Kulit direndam dalam larutan:

- 6 – 10 % kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- 3 – 4 % Natrium sulfida (Na_2S)
- 300 – 400 % air (semua dihitung dari berat kulit setelah perendaman).

Perendaman ini memerlukan waktu 2 – 5 hari, menurut kebutuhan.

Tujuannya adalah untuk :

- Merontokan bulu pada kulit
- Membuang lapisan kulit yang paling atas

4. Pembuangan daging (*fleshing*)

Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan sisa-sisa daging dan otot yang masih melekat pada kulit. Pada proses ini menggunakan mesin buang daging (*fleshing machine*).

5. Pembelahan (*splitting*)

Untuk pembuatan kulit asam dari kulit-kulit mentah yang tebal kulit harus ditipiskan menurut tebal yang dikehendaki dengan jalan membelah kulit tersebut dengan mesin belah. Dengan tujuan untuk meratakan ketebalan kulit.

6. Pembuangan kapur (*deliming*)

Bertujuan untuk menghilangkan kadar kapur yang ada dengan cara mencuci kulit menggunakan air bersih, kemudian dimasukkan dalam drum

yang berisi larutan Amonium Sulfat (NH_4SO_4) sebanyak 1,5 % dari berat kulit setelah pembelahan, Asam Format (HCOOH) sebanyak 1% dari berat kulit, kemudian drum diputar selama 3 – 4 jam (Anonim, 1994).

7. Pelemasan (*bating*)

Maksud dari proses ini adalah untuk melanjutkan pembuangan semua zat-zat yang bukan kolagen yang belum terhilangkan dalam proses pengapuran secara enzimatik. Obat untuk pelemasan biasanya dipakai oropon atau enzillon yang didalamnya mengandung enzim-enzim yang memakan lemak, protein dan lainnya. Juga mengandung ammonium sulfat yang akan bereaksi dengan kapur dan akan bereaksi dengan pH. Enzim-enzim tersebut dapat bekerja baik dalam lingkungan pH 8 dengan suhu 36°C .

8. Pengasaman (*pickling*)

Kulit dimasukkan kedalam drum yang berisi air, garam dapur (NaCl) sebanyak 15 % dari berat kulit setelah pembuangan kapur, asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1 % dari berat kulit. Kemudian diputar selama 8 – 10 jam. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit sebanyak 10 % (Anonim, 1994).

Tujuannya adalah untuk mengasamkan kulit agar dapat menyesuaikan dengan pH bahan penyamak.

9. Penyamakan (*tanning*)

Proses ini bertujuan untuk mengubah kulit mentah yang bersifat labil menjadi kulit tersamak yang bersifat stabil terhadap pengaruh

mikroorganisme dan pengaruh alam lainnya. Selain itu juga agar kulit tahan terhadap panas, bakteri dan zat kimia.

Proses penyamakan ini dilakukan dalam drum yang berisi larutan air, krom oksida (Cr_2O_3) sebanyak 7 – 8 % dari berat kulit setelah pengasaman, sodium formiat (HCOONa) sebanyak 1 % dari berat kulit, kemudian drum tersebut diputar selama 8 jam sampai kulit yang diputar berwarna biru (*wet blue*) (Anonim, 1994).

10. Pengetaman (*shaving*)

Dikerjakan untuk kulit atasan samak nabati, krom dan sintetis.

11. Pemucatan (*bleaching*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak nabati dan biasanya digunakan asam-asam organik seperti $(\text{COOH})_2$.

12. Penetralan (*netralizing*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak krom saja karena lingkungan kerjanya adalah sangat asam, pH 3 – 4, maka perlu dinetralkan kembali agar tidak mengganggu dalam proses selanjutnya. Biasanya digunakan garam alkali, misalnya NaHCO_3 , neutrigen dan lainnya.

13. Pengecatan dasar

Cat dasar untuk kulit dipakai cat aniline. Cat ini ada 3 macam, yaitu :

- a. Cat aniline direk, untuk kulit samak krom
- b. Cat aniline asam, untuk kulit samak krom dan nabati
- c. Cat aniline basa, untuk kulit samak nabati

14. Penggemukan (*fatliquoring*)

Proses ini bertujuan untuk melemaskan serat-serat kulit sehingga tahan tarik dan lebih elastis. Kulit yang telah dicat dasar dimasukkan dalam drum yang berisi minyak (larutan *sulfeter fish oil*). Drum diputar selama 60 – 90 menit.

15. Pengeringan (*drying*)

Kulit setelah melalui proses penggemukan diperah airnya dengan mesin atau tangan kemudian dikeringkan yang gunanya untuk menghentikan semua proses kimia didalam kulit. Hal ini dilakukan dengan cara dijemur sampai kering selama kurang lebih 3 hari. Kadar air pada kulit menjadi 3 – 14 %.

16. Pelembaban

Setelah kulit kering dibiarkan 1 – 3 hari pada udara biasa agar kulit menyesuaikan dengan kelembaban udara disekitarnya. Kulit kemudian dilembabkan dengan ditanam dalam serbuk kayu yang mengandung air 50 – 55 % selama satu malam.

17. Penyelesaian (*finishing*)

Merupakan proses terakhir dalam penyamakan kulit yaitu proses :

- Pengecatan tutup
- Larutan pengkilat tutup

18. Pengukuran dan pengepakan

Kulit diseleksi untuk diukur dan pengepakan. Kemudian dikirim dan dijual baik di dalam maupun luar negeri.

2.10 Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman air adalah tanaman yang tumbuh subur di dalam badan air, yang kadang dapat menimbulkan masalah jika pertumbuhannya cepat dan banyak. Tanaman ini dapat mengotori saluran-saluran air sehingga mengurangi potensi penggunaan suatu mata air.

Tumbuhan air dapat dibagi atas empat wujud yang berlainan :

- Jenis tumbuhan mengapung, mencakup ganggang apung renik (*fitoplankton*), Lemna, Wolwfa, Salvinia, Kayu apu (*Pistia Stratiotes*), dan enceng gondok.
- Jenis daun merapung, tumbuhan ini berakar tapi daunnya bertangkai panjang sampai ke permukaan air. Contohnya seperti teratai.
- Jenis timbul, tumbuhan ini juga mengakar tapi bagian batangnya mencuat keatas air yang termasuk jenis ini adalah *Typia* dan *Pragnaties*.
- Jenis terendam, tumbuhan ini paling banyak diantara tumbuhan air dan dapat menyesuaikan lingkungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan regenerasi (perkembangan) tanaman air ini adalah :

1. Cara berkembang biak dan penyebaran

Tanaman air mempunyai sifat pertumbuhan dan regenerasi yang cepat. Sebagian tanaman ini berkembang baik secara vegetatif, terbawa air dan cepat berkembang.

2. Ketersediaan air

Fluktuasi air yang besar antara musim penghujan dan kemarau serta adanya ombak yang cukup besar menyebabkan tanaman air tidak dapat tumbuh. Fluktuasi air kurang lebih 40 cm akan memacu tumbuhan air cepat tumbuh.

3. Cahaya matahari dan suhu

Tanaman air ini memerlukan banyak cahaya matahari untuk fotosentesis dengan suhu optimum antara 25 – 30 °C. Hal ini dijumpai pada kondisi iklim tropik. Pertumbuhan tanaman ini normal dalam kondisi intensitas cahaya 40 – 60%. Oleh karena itu dapat hidup baik di bawah lindungan padi yang rapat.

4. Unsur hara

Pada umumnya tanaman air sangat tahan terhadap unsur hara yang rendah didalam air, tetapi respon terhadap unsur hara yang tinggi juga sangat besar.

Kiapu merupakan tanaman air yang termasuk mengambang dipermukaan air dan jenis tanaman air tawar daerah tropis, bentuknya mirip sekali dengan kol atau kubis yang berukuran kecil. Tanaman kiapu juga dikategorikan atau dikelompokkan kedalam gulma air, baik disawah-sawah maupun di perairan lainnya seperti telaga, selokan dan rawa-rawa yang tenang dan mengalir dengan lambat. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi dalam pengambilan unsur-unsur hara (Sukman, 1991).

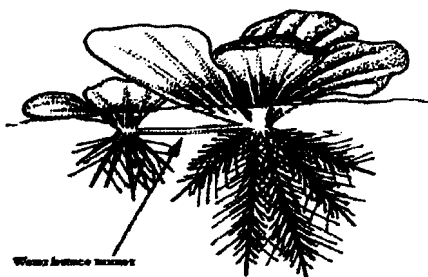


Pertumbuhan tanaman ini tidak dikehendaki oleh para petani karena dianggap dapat menghambat pertumbuhan padi dan mengurangi hasil panennya, sehingga biasanya dibuang begitu saja oleh para petani dan kadang-kadang tanaman kiapu ditanam didalam kolam ikan yang berfungsi sebagai makanan ikan.

2.10.1 Klasifikasi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kiapu dalam tata nama (sistematika) tumbuhan menurut Sukman (1991) diklasifikasikan ke dalam :

- Divisio : *Spermatophyta*
Kelas : *Monocotyledoneae*
Ordo : *Aricales*
Famili : *Araceae*
Genus : *Pistia*
Spesies : *Pistia Stratiotes*



Gambar 2.6 Tanaman Kiapu

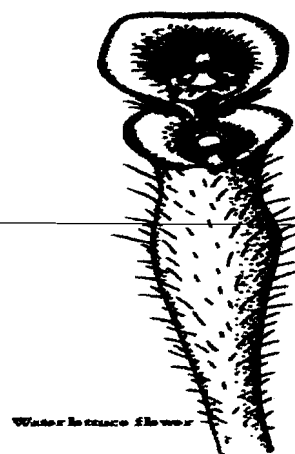
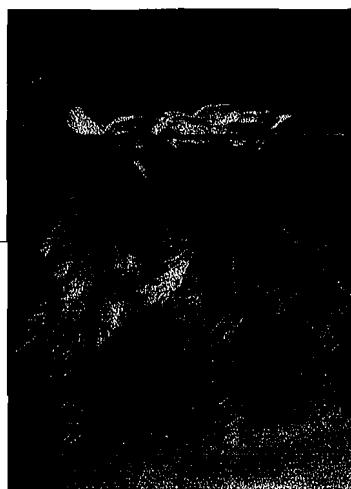
2.10.2 Morfologi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Berdasarkan tempat habitatnya kiapu termasuk kelompok tanaman mengapung dan mengambang dengan ketinggian sekitar 5 – 10 cm. Akarnya

banyak dipenuhi bulu-bulu akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk daunnya berupa sendok, lidah atau rompong dengan ujung melebar. Ukuran daunnya 7 -10 cm dengan lebar 2 – 5 cm. Daunnya berwarna hijau muda makin ke pangkal makin putih dengan bentuk roset serta tidak mudah basah. Karangan daunnya tiga-tiga, yang dua terapung dan berambut sedangkan yang lainnya masuk kedalam air. Batangnya kecil dan bercabang, terletak sejajar dengan permukaan air.



Gambar 2.7 Daun Tanaman Kiapu



Gambar 2.8 Akar Tanaman Kiapu

2.10.3 Syarat Hidup Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan kiapu adalah sebagai berikut :

1. Air

Ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan kiapu, karena kiapu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air. Agar laju pertumbuhan, akumulasi biomassa dan konsentrasi N kiapu dapat meningkat, maka ketinggian air minimum 3 – 5 cm. Dapat hidup di daerah tropis pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

2. Unsur hara

Unsur hara sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan kiapu, terutama unsur C, H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, dan Fe.

3. Derajat keasaman (pH) air

Kiapu dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5 - 10. Agar pertumbuhan kiapu menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5 – 7.

4. Cahaya

Intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan kiapu. Apabila cahaya matahari terhalang, pertumbuhan kiapu dapat terhambat.

5. Temperatur

Temperature merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi pertumbuhan kiapu. Temperature optimum berkisar 20 – 30°C.

6. Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan kiapu antara 85%-90%. Kelembaban relatif dibawah 60% dapat menyebabkan daun kiapu mengering.

7. Angin

Populasi kiapu yang tumbuh di atas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumpul di ruang tertentu. Akibatnya kiapu menjadi padat. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya

2.10.4 Keunggulan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kiapu mempunyai keunggulan seperti (Sukiman, 1991) :

- a. Daya berkecambah yang tinggi
- b. Tahan terhadap gangguan tempat hidup
- c. Pertumbuhan cepat

- d. Tidak peka terhadap sinar matahari
- e. Tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar
- f. Daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim

2.10.5 Fisiologi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

2.10.5.1 Proses Fotosintesis

Proses fotosintesis merupakan kemampuan tumbuhan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk dirubah menjadi bahan organik serta diassimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung jika ada cukup cahaya matahari. Pada proses fotosintesis, zat-zat organik H_2O dan CO_2 oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

2.10.5.2 Proses Transpirasi

Transpirasi adalah suatu proses penguapan air yang terjadi makhluk hidup terutama pada tumbuhan. Tumbuhan mutlak melakukan transpirasi, karena proses transpirasi selalu berkaitan dengan unsur hara. Dalam proses transpirasi ini terpengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar maupun faktor dalam.

Faktor-faktor dalam adalah besar kecilnya daun, tebal tipisnya daun, berlapiskan lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Sedangkan faktor-faktor luar seperti radiasi, temperatur, kebebasan udara, tekanan udara, angin dan keadaan air di dalam tanah.

2.10.5.3 Proses Respirasi

Respirasi yaitu proses pembongkaran dimana energi yang disimpan ditimbulkan kembali untuk menyelenggarakan proses-proses kehidupan.

2.10.5.4 Proses Pengangkutan Unsur Hara

Dalam proses pengangkutan unsur hara dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang melakukan pekerjaan tersebut adalah korteks, bulu-bulu akar akhirnya sampai di pembuluh kayu (*xylem*).

Pengangkutan tahap kedua dilakukan secara vertikal yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas. Dalam pengangkutan secara vertikal dikenal beberapa teori yaitu :

1. Teori vital, teori yang mengemukakan bahwa pengangkutan unsur hara dan air dimulai dari bawah keatas (secara vertikal) oleh tumbuhan yang bersangkutan dan dilakukan karena adanya pertolongan sel-sel hidup.
2. Teori adhesi, teori yang menyatakan bahwa air dan unsur-unsur hara dapat terangkut ke atas karena adanya gaya tarik menarik antara molekul-molekul air yang terdapat pada tumbuhan tersebut.
3. Teori kapilaritas, teori pengangkutan yang menyatakan bahwa air dan unsur hara yang terlarut di dalamnya akan tersangkut ke atas dikarenakan adanya gaya tarik menarik antara molekul air yang terdapat pada dinding *xylem* tumbuhan. (Dwidjoseputro, 1992).

2.10.6 Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*) pada Pengolahan Air Limbah

Tanaman kiapu mempunyai ciri berupa daya penyesuaian yang tinggi dan tahan terhadap gangguan tempat hidupnya memungkinkan kiapu untuk hidup dikolam air limbah. Daya berkecambah yang tinggi, pertumbuhan yang cepat, daya regenerasi yang kuat dan tingkat penyerapan serta penggunaan unsur hara dan air yang besar memungkinkan kiapu merubah secara tepat unsur hara yang terdapat didalam air limbah menjadi biomasnya (Sukman, 1991).

Kiapu yang mempunyai akar yang lebat dan banyak serta dipenuhi bulu-bulu akar yang halus, menjadikan sebagai tempat pertumbuhan bagi mikroorganisme rhizospera yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Pada tanaman kiapu pengambilan air dan mineral terutama dilakukan oleh akar-akar yang muda. Air yang diserap oleh ujung akar adalah sangat sedikit. Di daerah yang banyak terdapat rambut-rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama, ion-ion secara selektif diangkat dan dihimpun oleh akar-akar dan ion masuk dan keluar dari sel-sel secara pasif, sel-sel berfokula dan terdiferensiasi yang besar dan menimbun mineral.

Daun-daun kiapu dapat menghalangi sinar matahari menembus permukaan air limbah sehingga pertumbuhan massa alga dapat dicegah. Melalui proses fotosintesis kiapu dapat menyumbang oksigen ke dalam air limbah. Demikian pula dengan adanya ruang kosong antar sel sebagai alat transfortasi oksigen dari bagian atas ke bagian akar. Selanjutnya oksigen yang keluar dari daun dan akar tersebut merangsang kerja mikroorganisme rhizospera.

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

2.10.7 Proses Pengolahan Air Limbah dengan Penggunaan Tanaman Kiapu

Proses penyerapan unsur-unsur hara oleh tumbuhan diawali dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman kiapu dalam jumlah besar (Dwidjoseputro, 1992).

Kecepatan arus limbah yang masuk dalam air limbah yang ditanami kiapu akan jauh berkurang jika dibanding dengan kolam air limbah biasa. Hal ini dapat mempercepat proses sedimentasi. Pada proses sedimentasi ini terjadi penguraian bahan organik secara anaerobik, khususnya terjadi pada lapisan lumpur yang mengendap dalam dasar kolam air limbah (Neis, 1989).

Di bagian atas kolam air limbah aktivitas kehidupan mikroorganisme rhizospera adalah faktor penting untuk menghancurkan bahan organik. Kegiatan mikroorganisme di dalam kolam air limbah dapat disamakan dengan yang ada dalam kilang pengaktifan lumpur (Neis, 1989). Namun jenis mikroorganisme yang berperan dalam kolam air limbah yang ditanami kiapu jauh lebih banyak.

Aktivitas kehidupan mikroorganisme rhizosfera berlangsung secara aerob. Air limbah yang kaya bahan-bahan organik berupa protein, karbohidrat, minyak

dan lemak merupakan sumber nutrisi utama bagi mikroorganisme rhizospera. Bahan-bahan organik tersebut akan diurai menjadi senyawa-senyawa kimia berbentuk ion. Bahan organik yang mengandung nitrogen akan diurai menjadi ion nitrat, bahan organik fosfor diurai menjadi ion fosfat, bahan organik karbon diurai menjadi karbondioksida dan air (Suriawiria, 1989).

Selanjutnya hasil penguraian bahan-bahan organik mikroorganisme rhizospera akan diserap oleh kiapu dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, karbon dan hidrogen termasuk dalam elemen makro, yaitu unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1992). Penyerapan unsur-unsur hara oleh kiapu dilakukan pada bulu-bulu akar. Penyerapan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi air pada media hidup dengan air dalam jaringan tanaman.

Melalui proses fotosintesis, kiapu menghasilkan oksigen melalui daun dan akar yang akan larut ke dalam air limbah. Kemudian oksigen digunakan oleh mikroorganisme rhizospera untuk kembali mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan ini berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme rhizospera dengan tanaman kiapu. Melalui siklus simbiosis ini akan terjadi pengurangan kandungan bahan-bahan organik yang berdampak terhadap penurunan BOD air limbah.

2.11 Hipotesa

Hipotesa penelitian adalah sebagai berikut :

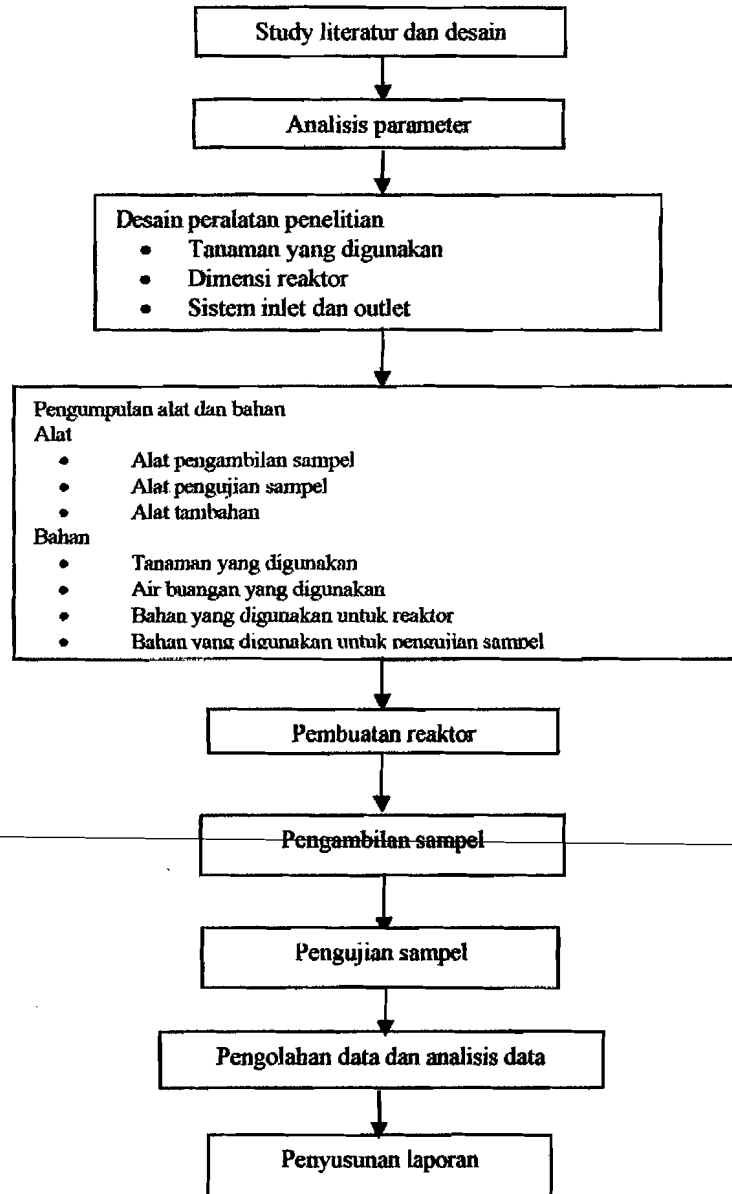
- a. *Constructed wetlands* dengan menggunakan tanaman kiapu dapat menurunkan konsentrasi Cr, COD, TSS, dan pH.
- b. Pemanfaatan tanaman kiapu untuk penurunan Cr, COD, TSS dan pH berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Pengambilan sample dilaksanakan pada industri penyamakan kulit PT. Adi Satria Abadi Jogjakarta, dan penelitian dilakukan di Perumahan Pamungkas, Sleman, Jogjakarta dengan menggunakan reaktor *constructed wetlands* dengan ukuran tinggi (h) 24 cm, diameter atas (D) 50 cm, diameter bawah (d) 44 cm, yang ditanami tanaman kiapu, sedang untuk analisis parameter kualitas air limbah dilakukan di laboratorium lingkungan UII Jogjakarta.

3.3 Waktu Penelitian

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

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan pada penelitian ini adalah :

- Alat dan bahan pembuatan reaktor *Constructed Wetlands* dan tanaman.
 1. Media reaktor yaitu tanah sawah
 2. Tanaman kiapu
 3. Ember Plastik

- Alat dan bahan analisa laboratorium.

Peralatan yang digunakan :

1. Erlenmeyer
2. Kertas saring
3. pH meter
4. Corong
5. Oven
6. Pipet
7. Desikator
8. Timbangan
9. Labu ukur
10. Cawan Petri

Bahan yang digunakan :

1. Larutan H_2SO_4
2. Larutan H_3PO_4
3. Larutan Difenil Karbazit
4. HNO_3

3.5 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan analisa pengukuran dan pengujian parameter limbah cair industri penyamakan kulit berdasarkan tingkat konsentrasi dan variasi waktu penelitian yang meliputi Cr, TSS, pH dan Cr dalam lumpur

3.6 Desain *Constructed Wetland*

➤ Kriteria Desain

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

Table 3.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Type FWS

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

(Dal Cin, 2000)

➤ Dimensi Reaktor

Tabel 3.2 Perhitungan Dimensi Reaktor *Batch*

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan
Reaktor				
Diameter atas	D	50	Cm	
Diameter bawah	d	44	Cm	
Tinggi	h	24	Cm	
Volume total reaktor	Vr	41,68	Lt	$1/3\pi(r^2 + rR + R^2)$
Tanah				
Diameter atas	D	46	Cm	
Diameter bawah	d	44	Cm	
Tinggi	t	10	Cm	
Volume total tanah	Vth	15,90	Lt	$1/3\pi(r^2 + rR + R^2)$
Air				
Diameter atas	D	50	Cm	
Diameter bawah	d	46	Cm	
Tinggi	t	10	Cm	
Volume total air	Va	18,10	Lt	$1/3\pi(r^2 + rR + R^2)$

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Kualitas Air Limbah

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengaliran *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah cair industri penyamakan kulit, 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 kiapu. Variasi konsentrasi air limbah dilakukan dengan pengenceran yang menggunakan air sumur. Pengaliran limbah cair pada reaktor dilakukan selama 12 hari, dengan volume limbah total yang dibutuhkan sebesar 90 lt dan dilakukan analisa laboratorium kualitas air pada variasi waktu ke 3, 6, 9, dan 12 hari

cuplikan limbah dari outlet reaktor. Adapun variasi limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3. Variasi Konsentrasi Limbah Cair

No	Konsentrasi Limbah Tanpa Tanaman (%)	Konsentrasi Limbah Dengan Tanaman (%)	Volume Limbah (Liter)	Volume Pengencer (Liter)
1	100	100	18	0
2	75	75	13.5	4.5
3	50	50	9	9
4	25	25	4.5	13.5
5	0	0	0	18

3.7.2 Tanaman Kiapu

Tanaman kiapu diperoleh di sawah-sawah maupun di perairan lainnya, yang kemudian dicuci dan ditanam dengan air sumur sebelum diuji pada reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan 5 tanaman kiapu yang memiliki akar dan lebar daun yang sama yaitu 15 cm dan 7 cm. Ketentuan jarak tanaman air tidak ditentukan, dan yang terpenting permukaan air tidak tertutup seluruhnya dengan tanaman.

3.7.3 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 reaktor. Lokasi pengambilan sampel sama pada 10 buah reaktor, kemudian sampel dianalisa di laboratorium.

3.8 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 industri penyamakan kulit, sebagai data awal konsentrasi limbah (data sekunder).
2. Analisa terhadap variasi waktu, dilakukan sebanyak 4 kali pengambilan sample yaitu pada hari ke 3, 6, 9, dan 12 yang diambil dari reaktor *constructed wetlands*.

3.9 Analisa Pertumbuhan Tanaman

Pada tanaman juga dilakukan pengamatan secara visual yang meliputi perubahan fisik pada tanaman (daun) dan daya tahan tanaman terhadap air limbah.

3.10 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 removal) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji). Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan *software* statistik, misalnya analisa varians (ANOVA)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kualitas Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

4.1.1 Analisa Parameter TSS

Padatan tersuspensi dalam *wetlands* dapat dihilangkan atau diproduksi secara alami. Proses utama untuk meremoval padatan tersuspensi di dalam *wetlands* dengan proses fisika yaitu : proses filtrasi, sedimentasi, intersepsi dan flokulasi.

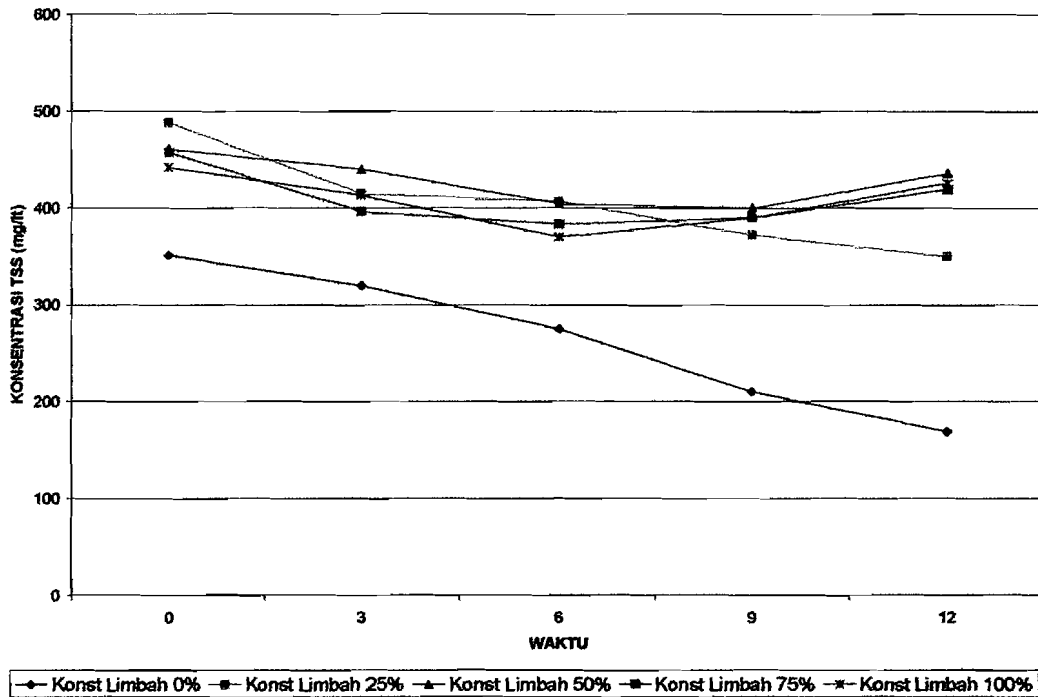
Untuk hasil analisa atau pemeriksaan parameter TSS dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 4.1 Pengujian Konsentrasi TSS

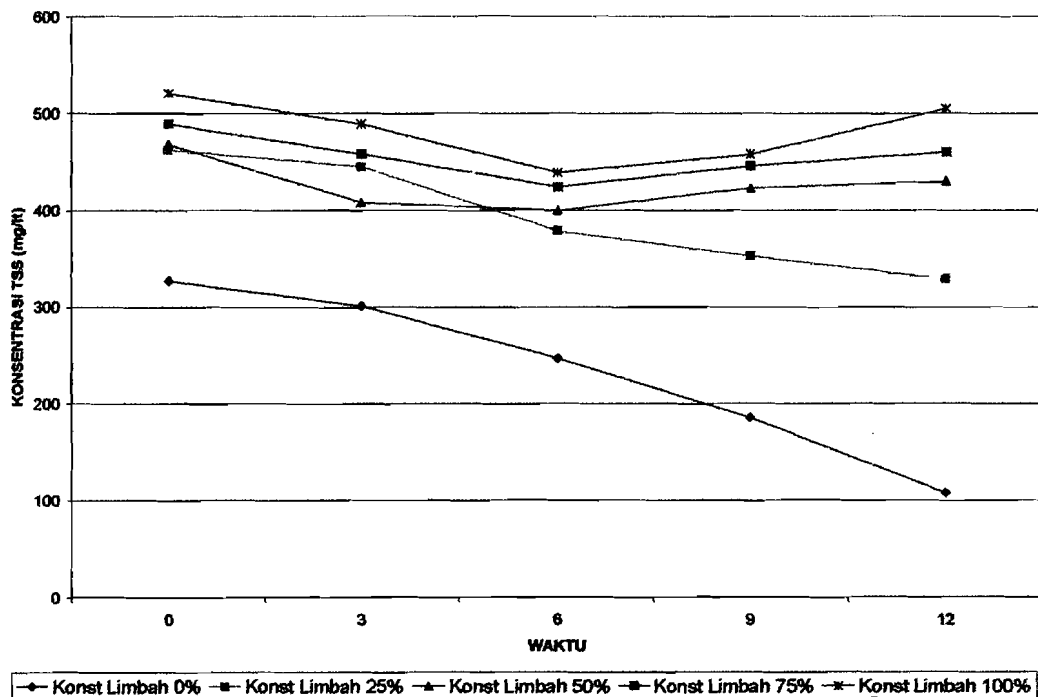
HARI KE	0% (A1) (mg/l)	25% (B1) (mg/l)	50% (C1) (mg/l)	75% (D1) (mg/l)	100% (E1) (mg/l)	0% (A2) (mg/l)	25% (B2) (mg/l)	50% (C2) (mg/l)	75% (D2) (mg/l)	100% (E2) (mg/l)
0	351	488	461	457	442	327	462	468	489	521
3	320	415	440	396	413	301	445	408	458	489
6	275	407	404	383	370	247	379	400	424	439
9	210	372	400	390	390	186	353	423	446	458
12	169	350	436	419	426	108	329	430	460	505

Tabel 4.2 Effisiensi Removal Konsentrasi TSS

HARI KE	0% (A1) (%)	25% (B1) (%)	50% (C1) (%)	75% (D1) (%)	100% (E1) (%)	0% (A2) (%)	25% (B2) (%)	50% (C2) (%)	75% (D2) (%)	100% (E2) (%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	8.832	14.96	4.555	13.35	6.561	7.951	3.68	12.82	6.339	6.142
6	21.65	16.6	12.36	16.19	16.29	24.46	17.97	14.53	13.29	15.74
9	40.17	23.77	13.23	14.66	11.76	43.12	23.59	9.615	8.793	12.09
12	51.85	28.28	5.423	8.315	3.62	66.97	28.79	8.12	5.93	3.071



Grafik 4.1 Hubungan Konsentrasi TSS (mg/l) Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Dengan Menggunakan Tanaman



Grafik 4.2 Hubungan Konsentrasi TSS (mg/l) Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Tanpa Menggunakan Tanaman

Dari Tabel 4.2 di atas, terlihat penurunan konsentrasi padatan tersuspensi yang nyata. Proses penurunan terjadi pada hari ke 3 dan 6 kemudian meningkat kembali pada hari ke 9 dan 12. Tingkat removal TSS dari hari ke 0 sampai hari ke 6 terjadi proses penurunan pada reaktor yang menggunakan tanaman dengan konsentrasi 100% sebesar 16,29%, konsentrasi 75% sebesar 16,19% dan konsentrasi 50% pada hari ke 9 sebesar 13,23%. Pada reaktor dengan konsentrasi limbah 25% dan 0% terjadi proses penurunan konsentrasi TSS pada hari ke 3 sampai ke 12 dengan sebesar masing-masing 28,28% dan 51,85%. Sedangkan pada reaktor tanpa menggunakan tanaman juga terjadi pada konsentrasi 100% sebesar 15,74%, konsentrasi 75% sebesar 13,29% dan 50% sebesar 14,53%. Peningkatan konsentrasi TSS terjadi pada hari ke 9 sampai ke 12 yaitu pada reaktor yang menggunakan tanaman dengan konsentrasi limbah 100% sebesar 3,62%, konsentrasi 75% sebesar 8,32% dan konsentrasi 50% sebesar 5,42%. Begitu juga pada reaktor tanpa menggunakan tanaman peningkatan terjadi pada reaktor dengan konsentrasi 100% sebesar 3,07%, konsentrasi 75% sebesar 5,93% dan konsentrasi 50% sebesar 8,12%.

Proses penurunan kandungan partikel-partikel solid dalam air limbah yang diolah dengan menggunakan sistem *wetlands* ini terjadi karena adanya proses flokulasi, sedimentasi, filtrasi, intersepsi dan proses *absorben* dalam reaktor.

Proses penurunan konsentrasi TSS pada penelitian ini terjadi karena adanya peranan media tanaman, media tanah, serta mikroorganisme dalam reaktor. Proses-proses yang terjadi akibat dari adanya media tanah dalam *constructed wetland* adalah proses-proses fisik antara lain proses sedimentasi,

filtrasi dan intersepsi. Sedangkan peranan media tanaman kiapu dalam hal ini kiapu yaitu sebagai tempat terjadinya proses *absorben* partikel-partikel organik terlarut yang dimanfaatkan untuk proses asimilasi atau proses fotosintesis dan nutrien oleh tanaman kiapu. Peranan mikroorganisme dalam *wetlands* ini yaitu untuk menguraikan partikel-partikel organik dalam air limbah penyamakan kulit sebagai bahan nutrien untuk pertumbuhannya.

Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invetabrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman (USEPA, 1999). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat didalam *wetlands* (Merz,2000).

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 dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, E, 2002).

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air buangan pada reaktor mengalami proses flokulasi, sehingga membantuk flok-flok dengan diameter yang semakin besar dan berat, sehingga terpresipitasi membentuk lapisan sedimen pada lapisan dasar reaktor. Padatan atau partikel di dalam *wetland* mempunyai kecenderungan untuk mengalami proses flokulasi (Merz, 2000).

Penurunan konsentrasi padatan tersuspensi pada reaktor non tanaman kiapu terjadi karena berbagai faktor diantaranya oleh formasi alga yang ada pada

reaktor. Di dalam reaktor terdapat bahan organik dari air buangan dan sinar matahari yang masuk tanpa terhalangi oleh tanaman, memberikan energi dan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan alga dan bakteri dengan pesat. Pertumbuhan alga yang pesat terjadi karena terpenuhinya kebutuhan dalam pertumbuhan yaitu adanya sinar matahari, nutrisi dan oksigen, dengan pertumbuhan paling tinggi pada saat keadaan temperatur tinggi dan hangat (Jack and Lamar, 1999).

Pada reaktor yang menggunakan tanaman kiapu, bahan organik terlarut dimanfaatkan untuk proses asimilasi atau proses fotosintesis oleh tanaman dan penguraian oleh bakteri di dalam reaktor, sehingga dengan berlangsungnya proses tersebut maka konsentrasi padatan tersuspensi menjadi berkurang. Tanaman kiapu disini berfungsi untuk menyerap unsur-unsur yang dihasilkan dari penguraian bahan organik oleh bakteri, tanaman kiapu juga dapat memperlambat aliran air sehingga meningkatkan proses sedimentasi dan mencegah pertumbuhan alga.

Padatan yang terdapat dalam air limbah pada reaktor yang menggunakan tanaman kiapu, disebabkan oleh adanya daun-daun dari tanaman yang layu dan jatuh kedalam reaktor sehingga tempat untuk vegetasi alga untuk tumbuh tidak ada, dan partikel-partikel halus hanya menempel pada lapisan biofilm yang ada pada akar halus, batang tanaman dan daun yang jatuh. Dengan aliran yang pelan maka padatan tersuspensi akan membentuk flok-flok dengan diameter yang semakin lama semakin membesar, hal ini disebut proses flokulasi, karena semakin membesar dan berat maka akan mengendap di dasar *wetland* dan membentuk sedimen, hal ini disebut dengan proses sedimentasi.

Peningkatan padatan tersuspensi pada reaktor yang menggunakan tanaman kiapu karena adanya kematian dari tanaman. Kematian ini disebabkan oleh pH yang semakin meningkat dan bahan organik yang berlebihan menyebabkan daun menjadi kering yang akhirnya mati (proses pembusukan) yang membuat akar tanaman mati. Daun tanaman yang mati jatuh ke kolom air sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan padatan tersuspensi.

Sedangkan padatan yang terdapat dalam air limbah pada reaktor non tanaman kiapu ada yang langsung mengendap karena proses sedimentasi, sedangkan untuk padatan halus menempel pada lapisan biofilm yang terdapat pada alga dan membentuk gumpalan besar dan berat yang kemudian mengendap. Pertumbuhan alga yang pesat terjadi karena terpenuhinya kebutuhan dalam pertumbuhan yaitu adanya sinar matahari yang masuk tanpa terhalangi oleh tanaman, tingkat kompetisi dengan tanaman pun tidak terjadi dalam pemanfaatan nutrisi dan oksigen.

Peningkatan padatan tersuspensi pada reaktor non tanaman kiapu terjadi karena adanya siklus kematian mikroba hal ini ditunjukkan dengan kondisi air dalam reaktor mengalami proses pembusukan sehingga terdapat endapan yang berwarna hijau muda pada permukaan air.

4.1.2 Analisa Parameter Cr

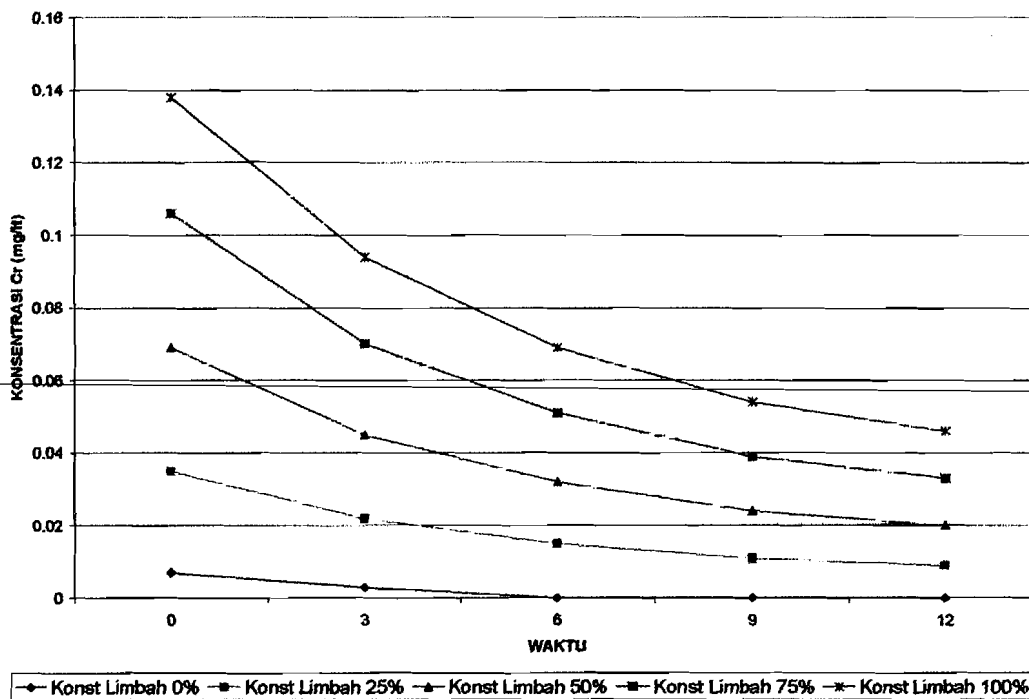
Untuk hasil analisa Cr dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Pengujian Konsentrasi Cr

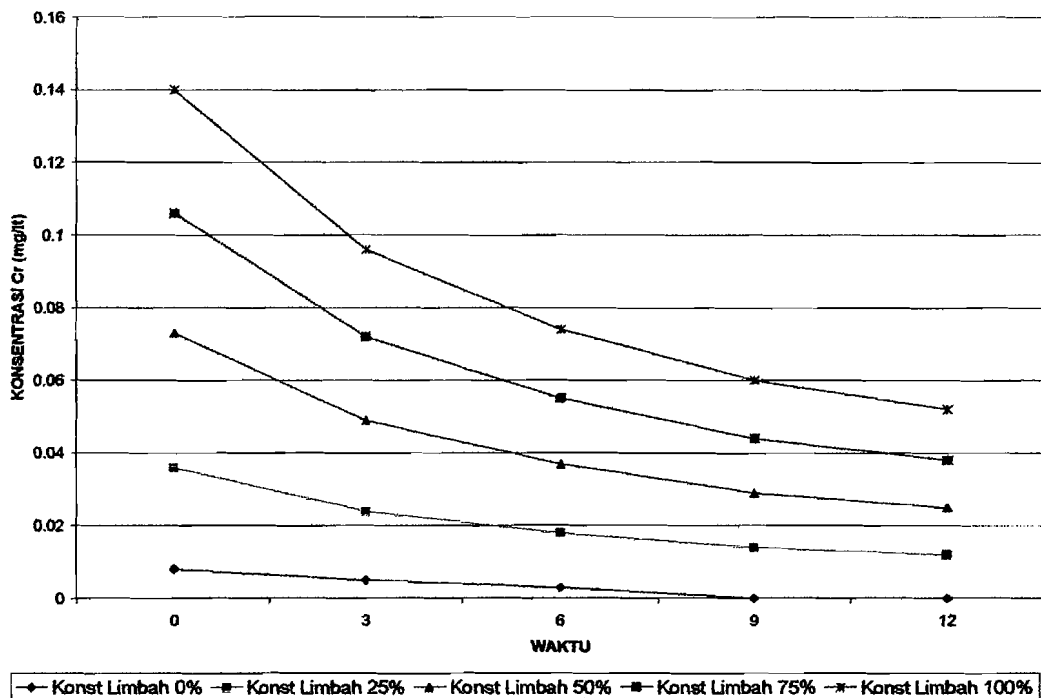
HARI KE	0% (A1) (mg/l)	25% (B1) (mg/l)	50% (C1) (mg/l)	75% (D1) (mg/l)	100% (E1) (mg/l)	0% (A2) (mg/l)	25% (B2) (mg/l)	50% (C2) (mg/l)	75% (D2) (mg/l)	100% (E2) (mg/l)
0	0.007	0.035	0.069	0.106	0.138	0.008	0.036	0.073	0.106	0.14
3	0.003	0.022	0.045	0.07	0.094	0.005	0.024	0.049	0.072	0.096
6	0	0.015	0.032	0.051	0.069	0.003	0.018	0.037	0.055	0.074
9	0	0.011	0.024	0.039	0.054	0	0.014	0.029	0.044	0.06
12	0	0.009	0.02	0.033	0.046	0	0.012	0.025	0.038	0.052

Tabel 4.4 Effisiensi Removal Konsentrasi Cr

HARI KE	0% (A1) (%)	25% (B1) (%)	50% (C1) (%)	75% (D1) (%)	100% (E1) (%)	0% (A2) (%)	25% (B2) (%)	50% (C2) (%)	75% (D2) (%)	100% (E2) (%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	57.14	37.14	34.78	33.96	31.88	37.5	33.33	32.88	32.08	31.43
6	100	57.14	53.62	51.89	50	62.5	50	49.32	48.11	47.14
9	-	68.57	65.22	63.21	60.87	100	61.11	60.27	58.49	57.14
12	-	74.29	71.01	68.87	66.67	-	66.67	65.75	64.15	62.86



Grafik 4.3 Hubungan Konsentrasi Cr (mg/l) Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Dengan Menggunakan Tanaman



Grafik 4.4 Hubungan Konsentrasi Cr (mg/l) Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Tanpa Menggunakan Tanaman

Dari Tabel 4.4 dapat terlihat penurunan konsentrasi Cr yang nyata dari hari ke 3 sampai hari ke 12, ini terlihat pada reaktor yang menggunakan tanaman dengan konsentrasi 100% sebesar 66,67%, konsentrasi 75% sebesar 68,87%, konsentrasi 50% sebesar 71, 01%, dan konsentrasi 25% sebesar 74,29%. Begitu juga pada reaktor tanpa menggunakan tanaman terjadi proses penurunan konsentrasi Cr yang nyata, pada konsentrasi 100% sebesar 62,86%, konsentrasi 75% sebesar 64,15%, konsentrasi 50% sebesar 65,75% dan konsentrasi 25% sebesar 66,67%.

Proses penurunan kadar Cr terjadi karena proses penyerapan dan adsorpsi, juga terjadi karena proses pengendapan. Hal ini dapat dilihat pada kelompok

perlakuan tanpa tanaman kiapu yang terjadi penurunan kadar Cr, karena selama penelitian reaktor ditingkatkan, sehingga dapat diketahui bahwa dalam hal ini telah terjadi proses pengendapan Cr secara alami.

Penurunan kadar Cr yang terjadi karena proses penyerapan dan transpirasi dipengaruhi oleh luas permukaan daun dan jumlah akar yang dimiliki oleh tanaman kiapu. 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-akar tanaman kiapu.

Penurunan kadar Cr juga terjadi karena adanya proses adsorpsi pada akar-akar tanaman kiapu, yaitu peristiwa menempelnya ion-ion Cr pada akar-akar tanaman kiapu. Ion-ion Cr akan diserap oleh akar-akar tanaman kiapu, pada proses penyerapan tersebut terdapat pula ion-ion Cr yang menempel pada akar tanaman kiapu dan ion-ion lainnya akan terserap ke dalam tubuh tanaman kiapu bersama-sama dengan proses penyerapan air ke dalam tubuh tanaman kiapu. Sebagian air menguap melalui proses transpirasi dan ion-ion Cr akan tertinggal dan tertimbun dalam tubuh tanaman kiapu.

Logam Cr 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 kiapu.

Pada reaktor kontrol atau reaktor tanpa menggunakan tanaman kiapu terjadi proses penurunan kadar Cr. Hal ini disebabkan karena Cr dengan oksigen

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

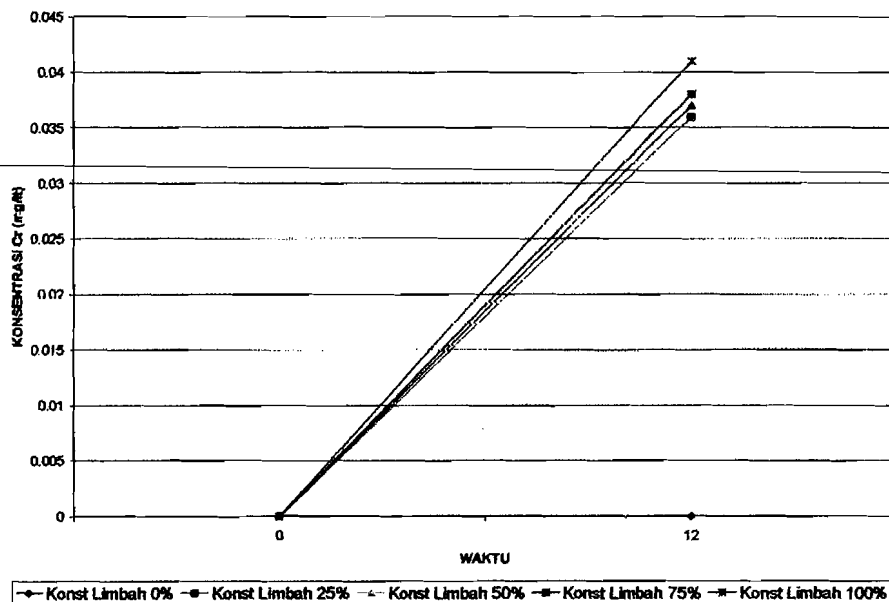
Penyerapan Cr oleh tanaman kiapu banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman, umur tanaman, media, konsentrasi limbah dan lamanya waktu perlakuan.

4.1.3 Analisa Parameter Cr Pada Lumpur

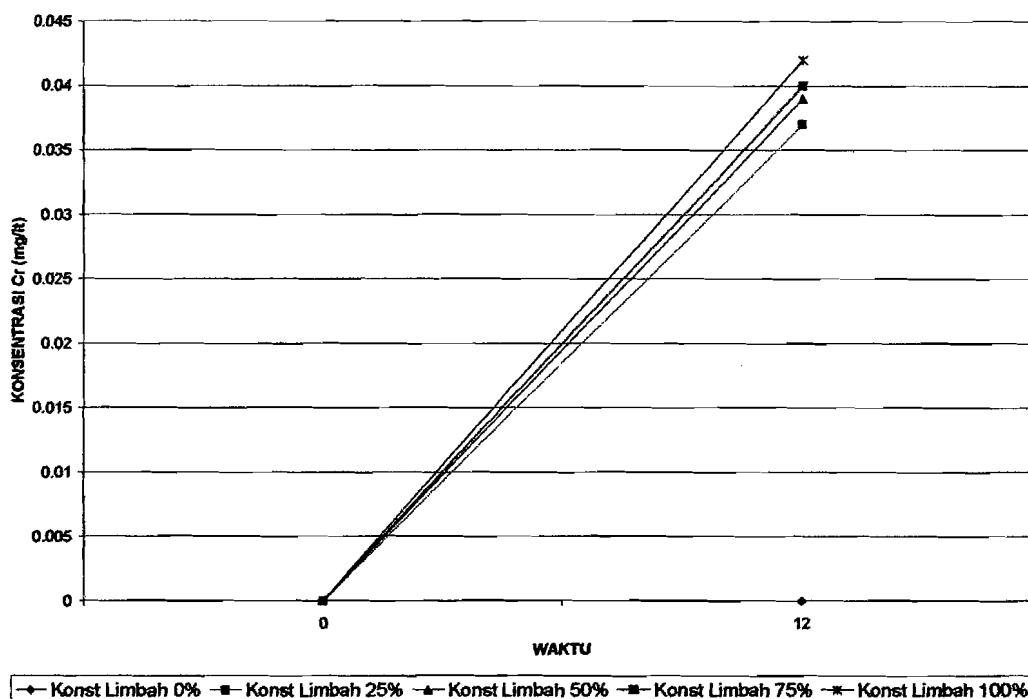
Untuk hasil analisa Cr pada lumpur dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.5 Pengujian Konsentrasi Cr Pada Lumpur

HARI KE	0% (A1) (mg/l)	25% (B1) (mg/l)	50% (C1) (mg/l)	75% (D1) (mg/l)	100% (E1) (mg/l)	0% (A2) (mg/l)	25% (B2) (mg/l)	50% (C2) (mg/l)	75% (D2) (mg/l)	100% (E2) (mg/l)
AWAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AKHIR	0	0.036	0.037	0.038	0.041	0	0.037	0.039	0.04	0.042



Grafik 4.5 Hubungan Konsentrasi Cr (mg/l) Pada Lumpur Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Dengan Menggunakan Tanaman



Grafik 4.6 Hubungan Konsentrasi Cr (mg/l) Pada Lumpur Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Tanpa Menggunakan Tanaman

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat adanya penambahan konsentrasi Cr pada lumpur yang terdapat pada setiap reaktor. Konsentrasi Cr yang terdapat pada lumpur sebelum dialirkan air limbah adalah sebesar 0 mg/l. Tetapi setelah ditambahkan air limbah dalam waktu kontak 12 hari terjadi penambahan konsentrasi Cr dalam lumpur.

Penambahan konsentrasi Cr dalam lumpur ini disebabkan karena adanya proses oksidasi yang terjadi antara Cr dengan oksigen dari bentuk kromat bereaksi dengan kation dan partikel lain dalam air menjadi garam mengendap. Selain itu penambahan Cr dalam lumpur juga disebabkan oleh pH yang lebih dari 7, karena Cr dapat mengendap pada pH antara 8 – 10 berupa chrome hidroksida ($\text{Cr}(\text{OH})_3$).

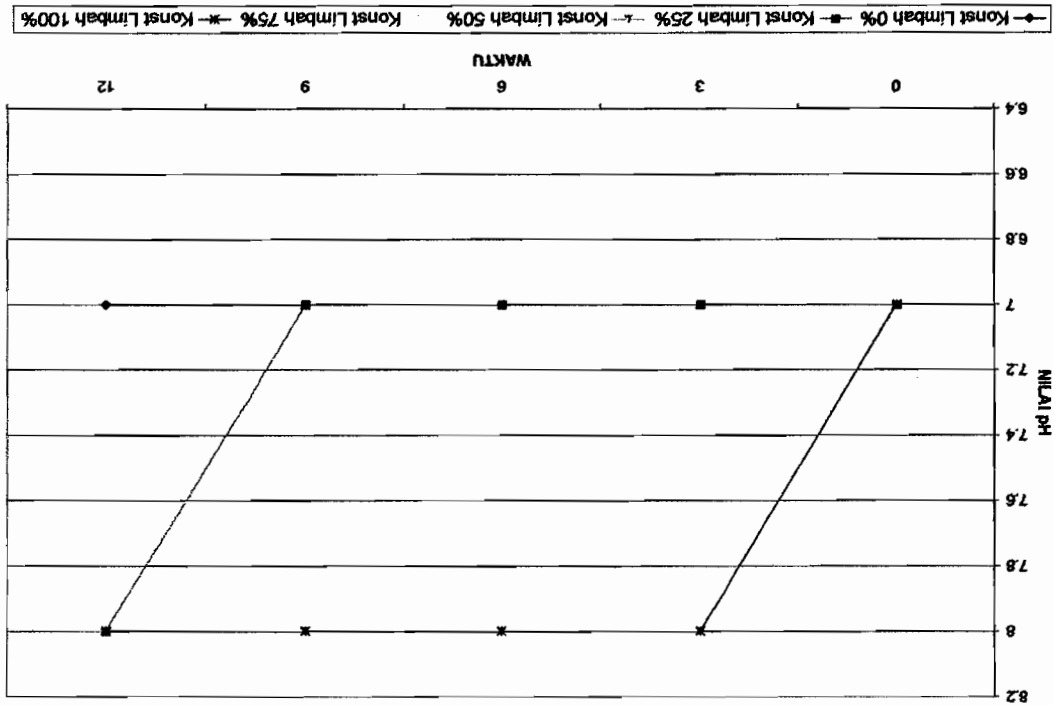
4.1.4 Analisa Parameter pH

Untuk hasil analisa pH dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah

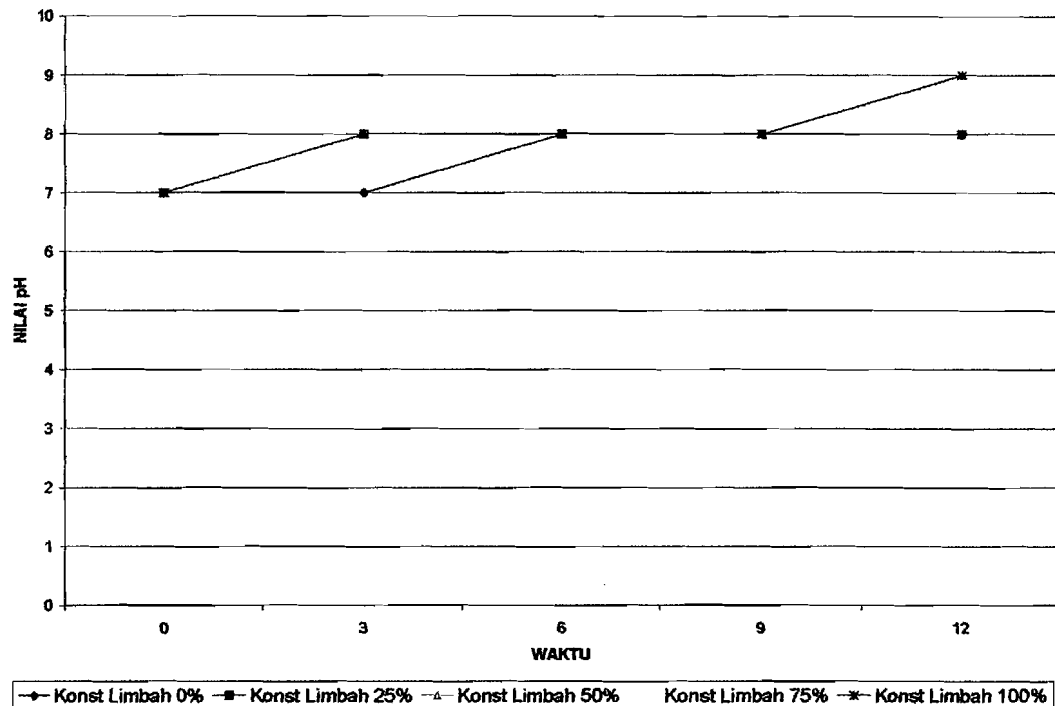
ini:

Tabel 4.6 Pengujian Konsentrasi pH

HARI	0%	(A1)	(B1)	(C1)	(D1)	(E1)	(A2)	(B2)	(C2)	(E2)
0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
3	7	7	8	8	8	8	7	8	8	8
6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
9	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
12	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8



Grak 4.7 Hubungan Konsentrasi pH Limbah Cair Penyakit Tanaman Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tanaman



Grafik 4.8 Hubungan Konsentrasi pH Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Waktu Kontak Tanpa Menggunakan Tanaman

Dari Tabel 4.6 nilai pH awal (hari ke 0) pada semua reaktor baik yang menggunakan tanaman kiapu ataupun yang tidak menggunakan tanaman kiapu mempunyai nilai yang sama yaitu 7. Rata-rata kenaikan pH terjadi pada hari ke 3 sebesar 8, ini terlihat pada reaktor yang menggunakan tanaman maupun pada reaktor yang tidak menggunakan tanaman dengan konsentrasi limbah 100%, 75% dan 50%. Pada hari ke 12 terjadi peningkatan pH sebesar 9 yang terlihat pada reaktor yang tidak menggunakan tanaman dengan konsentrasi limbah 100%, 75% dan 50%.

Secara umum nilai pH dipengaruhi oleh konsentrasi CO_2 bebas. Fitoplankton dan tanaman air akan mengambil CO_2 dari air selama proses fotosintesis sehingga

mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Cholik, dkk, 1991).

Nilai derajat keasaman (pH), kandungan CO₂ dan ion bikarbonat dalam air limbah sangat berkaitan. CO₂ dapat mempengaruhi pH perairan dan dapat mempengaruhi kandungan bikarbonat. Hal ini berarti bahwa kehadiran CO₂ menghasilkan ion bikarbonat. Kandungan ion bikarbonat dan CO₂ akan membentuk sistem penyangga air. Jika penguraian CO₂ dan bikarbonat meningkat maka pH air menjadi sangat tinggi (Mahida, 1986). Peningkatan CO₂ yang diduga akibat adanya penguraian dalam proses fotosintesis menyebabkan terbentuknya asam karbonat dan bikarbonat oleh adanya reaksi ikatan CO₂ dengan H₂O menjadi lebih sedikit, sehingga jumlah ion H⁺ yang dibebaskan dalam reaksi tersebut menjadi berkurang dengan berkurangnya kandungan H⁺ maka pH air meningkat. Meningkatnya nilai pH juga disebabkan oleh adanya pelarutan ion-ion logam sehingga dapat merubah konsentrasi ion hidrogen dalam air (Wardhana, 1995). Semakin rendah konsentrasi logam yang terkandung dalam air limbah semakin tinggi nilai pH perairan tersebut, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

4.1.5 Analisa Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Untuk dapat hidup tanaman memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi 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 penyamakan kulit memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun kiapu. Hal ini dapat dilihat selama proses penanaman kiapu selama 12 hari. Pertumbuhan tanaman kiapu tidak mengalami pertumbuhan yang baik dibandingkan dengan tanaman yang ditanam pada reaktor tanpa air limbah.

Terhambatnya pertumbuhan tanaman kiapu ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti, tingginya kandungan racun Cr 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 di atas 8 berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan akar tanaman.

Pada penelitian ini pH berkisar antara 7 – 9 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 terhambat dan berakibat menurunnya klorofil di dalam

daun (Santosa, 1975). Hal ini tampak pada warna daun tanaman kiapu yang berwarna hijau kekuningan.

Perubahan pada morfologi tanaman kiapu sebelum ditanam dalam air limbah, tanaman kiapu tampak segar, daunnya berwarna hijau. Setelah beberapa hari, ujung daun terluar menjadi berwarna hijau kekuningan dan layu. Selanjutnya sebagian besar daun-daunnya berwarna kuning, sebagian daun terendam dalam air dan membusuk.

Perubahan warna daun menjadi kekuningan pada tanaman dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik. Pada hari terakhir dari penelitian atau hari ke 12, hampir seluruh daun kiapu berwarna kuning bahkan ada yang mati, penyebabnya adalah keberadaan zat hara dalam air limbah yang semakin berkurang.

Kondisi tanaman dan air dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 0

Bak	Kondisi Air	Kondisi Tanaman
A1	Coklat	Hijau segar
A2	Coklat	-
B1	Abu-abu (keruh)	Hijau segar
B2	Abu-abu (keruh)	-
C1	Hitam	Hijau segar
C2	Hitam	-
D1	Hitam	Hijau segar
D2	Hitam	-
E1	Hitam	Hijau segar
E2	Hitam	-

Tabel 4.8 Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 3

Bak	Kondisi Air	Kondisi Tanaman
A1	Bening	Hijau segar
A2	Bening	-
B1	Coklat	Tepi daun kering (1)
B2	Coklat	-
C1	Coklat keruh	Tepi daun kering (3)
C2	Coklat keruh	-
D1	Coklat keruh	Sebagian daun kering (5)
D2	Coklat keruh	-
E1	Coklat keruh	Sebagian daun layu (5)
E2	Coklat keruh	-

Tabel 4.9 Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 6

Bak	Kondisi Air	Kondisi Tanaman
A1	Bening	Hijau segar
A2	Bening	-
B1	Bening	Tepi daun kering (2)
B2	Bening	-
C1	Coklat	<ul style="list-style-type: none"> • Tepi daun kering (1) • Sebagian daun kering (4)
C2	Coklat	-
D1	Coklat	Sebagian daun kering (5)
D2	Coklat	-
E1	Coklat	50% daun kering (5)
E2	Coklat	-

Tabel 4.10 Kondisi Tanaman dan Air Hari Ke 9

Bak	Kondisi Air	Kondisi Tanaman
A1	Bening	Hijau segar
A2	Bening	-
B1	Bening	Tepi daun kering (4)
B2	Bening	-
C1	Bening	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagian daun kering (4) • Tepi daun kering (1)
C2	Keruh	-
D1	Coklat	Sebagian daun kering (5)
D2	Coklat berlumut	-
E1	Coklat	50% daun layu dan kering (5)
E2	Coklat bertumut	-

Pada subset 1 terlihat bahwa konsentrasi air limbah 0% mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75% dan 100%. Pada subset 2 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 25% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 50%, 75% dan 100%.

b. Menentukan Variasi Waktu Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.16 Hasil Uji Tukey Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	ns	s	s	s
3	ns	-	ns	ns	ns
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	ns	ns	-	ns
12	s	ns	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.17 Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	ns	s	s	s
3	ns	-	ns	ns	ns
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	ns	ns	-	ns
12	s	ns	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 3. Sedangkan pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0

terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 6, 9 dan 12 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara waktu pengambilan air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata , maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.18 Nilai *Homogeneous Subsets* Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap TSS

		Konsentrasi TSS		
Waktu	N	Subset		
		1	2	
Tukey HSD ^{a, b} Hari ke 9	5	352.40		
Hari ke 12	5	360.00		
Hari ke 6	5	367.80		
Hari ke 3	5	396.80	396.80	
Hari ke 0	5		439.80	
Sig.		.266	.294	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1114.790.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 9 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 12, 6 dan 3. Pada subset 2 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 3 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 0.

4.2.2 Uji Statistik Parameter TSS Tanpa Menggunakan Tanaman Kiapu

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

Tabel 4.19 Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	218776.000 ^a	8	27347.000	16.531	.000
Intercept	3964081.000	1	3964081.000	2396.301	.000
WAKTU	27917.200	4	6979.300	4.219	.016
LIMBAH	190858.800	4	47714.700	28.844	.000
Error	26468.000	16	1654.250		
Total	4209325.000	25			
Corrected Total	245244.000	24			

a. R Squared = .892 (Adjusted R Squared = .838)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 28,844 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar TSS diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 4,219 dengan probabilitas $0,016 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar TSS diantara variasi waktu pengambilan limbah.

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dan waktu pengambilan air limbah yang bermakna terhadap kadar TSS maka dilanjutkan dengan uji statistik Tukey dan Bonferroni.

a. Menentukan Variasi Konsentrasi Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.20 Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	ns	s
50%	s	ns	-	ns	ns
75%	s	ns	ns	-	ns
100%	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.21 Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	ns	s
50%	s	ns	-	ns	ns
75%	s	ns	ns	-	ns
100%	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) pada konsentrasi limbah 0% terhadap 25%, 50%, 75% dan 100%. Sedangkan pada konsentrasi limbah 25% terhadap 50%, dan 75% menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.22 Nilai *Homogeneous Subsets* Konsentrasi Air Limbah Terhadap TSS

		Konsentrasi TSS		
Konsentrasi Limbah	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} Konst Limbah 0%	5	233.80		
Konst Limbah 25%	5		393.60	
Konst Limbah 50%	5		425.80	425.80
Konst Limbah 75%	5		455.40	455.40
Konst Limbah 100%	5			482.40
Sig.		1.000	.165	.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1654.250.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa konsentrasi air limbah 0% mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75% dan 100%. Pada subset 2 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 25% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 50%, dan 75%. Pada subset 3 terlihat bahwa konsentrasi air limbah 50% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 75% dan 100%.

b. Menentukan Variasi Waktu Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.23 Hasil Uji Tukey Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	ns	ns	s	s
3	ns	-	ns	ns	ns
6	ns	ns	-	ns	ns
9	s	ns	ns	-	ns
12	s	ns	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.24 Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar TSS

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	ns	ns	ns	s
3	ns	-	ns	ns	ns
6	ns	ns	-	ns	ns
9	ns	ns	ns	-	ns
12	s	ns	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 3 dan ke 6. Sedangkan pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 9 dan 12 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara waktu pengambilan air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.25 Nilai *Homogeneous Subsets* Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap TSS

		Konsentrasi TSS	
Waktu	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a, b} Hari ke 12	5	366.40	
Hari ke 9	5	373.20	
Hari ke 6	5	377.80	377.80
Hari ke 3	5	420.20	420.20
Hari ke 0	5		453.40
Sig.		.271	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1654.250.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 12 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 9, 6, dan 3. Pada subset 2 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 6 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 3 dan 0.

4.2.3 Uji Statistik Parameter Cr Dengan Menggunakan Tanaman Kiapu

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

Tabel 4.26 Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.033 ^a	8	.004	29.916	.000
Intercept	.036	1	.036	256.460	.000
WAKTU	.010	4	.002	17.390	.000
LIMBAH	.024	4	.006	42.443	.000
Error	.002	16	.000		
Total	.071	25			
Corrected Total	.035	24			

a. R Squared = .937 (Adjusted R Squared = .906)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 42,443 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 17,390 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr diantara variasi waktu pengambilan limbah.

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dan waktu pengambilan air limbah yang nyata terhadap kadar Cr maka dilanjutkan dengan uji statistik Tukey dan Bonferroni.

a. Menentukan Variasi Konsentrasi Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.27 Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	s	s
50%	s	ns	-	ns	s
75%	s	s	ns	-	ns
100%	s	s	s	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.28 Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	s	s
50%	s	ns	-	ns	s
75%	s	s	ns	-	ns
100%	s	s	s	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) pada konsentrasi limbah 0% terhadap 25%, 50%, 75% dan 100%. Sedangkan pada konsentrasi limbah 25% terhadap 50%, menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.29 Nilai *Homogeneous Subsets* Konsentrasi Air Limbah Terhadap Cr

		Konsentrasi Cr			
Konsentrasi Limbah	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a, b} Konst Limbah 0%	5	-.00760			
Konst Limbah 25%	5		.01840		
Konst Limbah 50%	5		.03800	.03800	
Konst Limbah 75%	5			.05980	.05980
Konst Limbah 100%	5				.08020
Sig.		1.000	.112	.065	.092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa konsentrasi air limbah 0% mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75% dan 100%. Pada subset 2 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 25% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 50%. Pada subset 3 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 50% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 75%. Pada subset 4 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 75% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 100%.

b. Menentukan Variasi Waktu Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.30 Hasil Uji Tukey Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	s	s	s	s
3	s	-	ns	s	s
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	s	ns	-	ns
12	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.31 Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	ns	s	s	s
3	ns	-	ns	s	s
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	s	ns	-	ns
12	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 3, 6, 9 dan 12. Sedangkan pada waktu pengambilan air limbah hari ke 3 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 6 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara waktu pengambilan air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.32 Nilai *Homogeneous Subsets* Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Cr

		Konsentrasi Cr		
Waktu	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a, b} Hari ke 12	5	.01580		
Hari ke 9	5	.02220		
Hari ke 6	5	.03300	.03300	
Hari ke 3	5		.04680	
Hari ke 0	5			.07100
Sig.		.193	.381	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 12 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 9 dan 6. Pada subset 2 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 6 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 3. Pada subset 3 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 0 mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 3, 6, 9 dan 12.

4.2.4 Uji Statistik Parameter Cr Tanpa Menggunakan Tanaman Kiapu

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

Tabel 4.33 Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Limbah dan Variasi Waktu Terhadap Penurunan Kadar Cr

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.036 ^a	8	.004	34.530	.000
Intercept	.041	1	.041	316.740	.000
WAKTU	.009	4	.002	18.057	.000
LIMBAH	.026	4	.007	51.003	.000
Error	.002	16	.000		
Total	.078	25			
Corrected Total	.038	24			

^a. R Squared = .945 (Adjusted R Squared = .918)

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

- a. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah sebesar 51,003 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr diantara variasi konsentrasi air limbah.
- b. Nilai F hitung untuk waktu tinggal limbah sebesar 18,057 dengan probabilitas $0,000 < 0,05$ yaitu signifikan, hal ini berarti terdapat perbedaan rata-rata kadar Cr diantara variasi waktu pengambilan limbah.



Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi dan waktu pengambilan air limbah yang nyata terhadap kadar Cr maka dilanjutkan dengan uji statistik Tukey dan Bonferroni.

a. Menentukan Variasi Konsentrasi Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.34 Hasil Uji Tukey Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	s	s
50%	s	ns	-	ns	s
75%	s	s	ns	-	ns
100%	s	s	s	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.35 Hasil Uji Bonferroni Dari Variasi Konsentrasi Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0%	25%	50%	75%	100%
0%	-	s	s	s	s
25%	s	-	ns	s	s
50%	s	ns	-	ns	s
75%	s	s	ns	-	ns
100%	s	s	s	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) pada konsentrasi limbah 0% terhadap 25%, 50%, 75% dan 100%. Sedangkan pada konsentrasi limbah 25% terhadap 50%, menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.36 Nilai *Homogeneous Subsets* Konsentrasi Air Limbah Terhadap Cr

		Konsentrasi Cr			
Konsentrasi Limbah	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^a Konst Limbah 0%	5	-.00880			
Konst Limbah 25%	5		.02080		
Konst Limbah 50%	5		.04260	.04260	
Konst Limbah 75%	5			.06300	.06300
Konst Limbah 100%	5				.08440
Sig.		1.000	.053	.076	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa konsentrasi air limbah 0% mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75% dan 100%. Pada subset 2 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 25% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 50%. Pada subset 3 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 50% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 75%. Pada subset 4 menunjukkan bahwa konsentrasi air limbah 75% tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan konsentrasi air limbah 100%.

b. Menentukan Variasi Waktu Air Limbah Yang Nyata

Tabel 4.37 Hasil Uji Tukey Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Tukey					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	s	s	s	s
3	s	-	ns	s	s
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	s	ns	-	ns
12	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Tabel 4.38 Hasil Uji Bonferroni Variasi Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Kadar Cr

Hasil Analisa Uji Bonferroni					
Variasi Konsentrasi Limbah	0	3	6	9	12
0	-	s	s	s	s
3	s	-	ns	s	s
6	s	ns	-	ns	ns
9	s	s	ns	-	ns
12	s	s	ns	ns	-

ns = non signifikan, s = signifikan

Dari hasil uji tukey menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (signifikan) pada waktu pengambilan air limbah hari ke 0 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 3, 6, 9 dan 12. Sedangkan pada waktu pengambilan air limbah hari ke 3 terhadap waktu pengambilan air limbah hari ke 6 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata (tidak signifikan) dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Untuk mengetahui hubungan antara waktu pengambilan air limbah yang tidak ada perbedaan yang nyata, maka dapat digunakan nilai *homogeneous subsets* sebagai berikut :

Tabel 4.39 Nilai *Homogeneous Subsets* Waktu Pengambilan Air Limbah Terhadap Cr

		Konsentrasi Cr		
Waktu	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} Hari ke 12	5	.01860		
Hari ke 9	5	.02420		
Hari ke 6	5	.03740	.03740	
Hari ke 3	5		.04920	
Hari ke 0	5			.07260
Sig.		.114	.493	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Pada subset 1 terlihat bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 12 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 9 dan 6. Pada subset 2 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 6 tidak mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 3. Pada subset 3 menunjukkan bahwa waktu pengambilan air limbah hari ke 0 mempunyai perbedaan yang nyata dengan waktu pengambilan air limbah hari ke 3, 6, 9 dan 12.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penurunan parameter TSS, Cr, Cr dalam lumpur dan pH dalam *Constructed Wetlands* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) yang mengolah bahan-bahan organik dan anorganik yang terdapat didalam limbah cair industri penyamakan kulit sebagai energi dan nutrien.
2. Sistem *Constructed Wetlands* dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri penyamakan kulit dengan efisiensi pada hari ke 12 adalah TSS sebesar 51,85%, dan Cr sebesar 71,29%.
3. Peranan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) di dalam sistem pengolahan *Constructed Wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan-bahan organik air limbah industri penyamakan kulit menjadi nutrien bagi pertumbuhannya dan sebagai tempat tumbuhnya berbagai mikroorganisme pengurai air limbah.
4. Tanaman kiapu berperan dalam penurunan konsentrasi TSS dan Cr pada limbah cair industri penyamakan kulit, karena memanfaatkan bahan organik

dan unsur yang lainnya yang terkandung dalam limbah cair penyamakan kulit sebagai unsur hara.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Untuk lebih meningkatkan proses removal limbah cair industri penyamakan kulit dalam sistem *Constructed Wetlands* diperlukan sistem pengolahan pendahuluan.
2. Modifikasi sistem pengolahan *Constructed Wetlands* dengan sistem pengolahan aerasi atau sistem yang saling mendukung lainnya, guna untuk menanggulangi terjadinya proses pembusukan yang berlebihan.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan tanaman kiapu dalam penyerapan logam-logam lainnya maupun untuk menyerap bahan organik.
4. Untuk penelitian selanjutnya, mengenai pemanfaatan tanaman kiapu agar menggunakan variasi waktu kontak yang lebih lama dan dengan menggunakan tanaman yang lebih banyak pula untuk menyempurnakan pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit. Selain itu pemanfaatan tanaman kiapu ini dapat juga digunakan untuk penelitian logam berat lainnya selain Cr.
5. Diasarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang bakteri yang berperan dalam *Constructed Wetlands* dalam proses pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts. G, dan S. Santika, 1987, "*Metodologi Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.

Anonim, EMDI-BAPEDAL, 1994, *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia Sumber Pengendalian dan Bahan Baku*, Jakarta.

Bendoriccho, G. ,Dal Cin,L. And Perssonj, 2000, *Guidelines For Free Water Surface Wetland Design*, Ecosys Bd.

Benefield, L. D., and Randall C. W, 1980, "*Biological Process Design for Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New York.

Cholik, F. A., Wiyono dan R, Arifudin, 1991, *Pengelolaan Kualitas Air Kolam Ikan*, INFISMANUALSENI. (16) :1-9.

Djajadiningrat, A., 1992, *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*, ITB, Bandung.

Dwijoseputro, D., 1992, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*, Edisi ke tujuh. Yogyakarta: Kanisius.

Jack M. Whetstone, and D. Lamar Robinette, 1999,"*Algae Problem in Water Gardens*", Clemson University, in [www. Hgic.clemson.edu](http://www.Hgic.clemson.edu)

Jumin, 1989, *Ekologi Tanaman*, Rajawali Press Jakarta.

Kadlec, R, H. and R, L. Knight, 1996, *Treatment Wetlands*. In Lee, E, R. 1999, *Set – Wet: Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis in Biological System engineering, Blacksburg.

- Mahida, U.N., 1986, "*Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*", CV Rajawali, Jakarta.
- Martopo, S, 1990, *Pencemaran Limbah Industri*, Yogyakarta: PPLH UGM.
- Merz, S.K, 2000, Guildelines for : Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage, Departement of Natural Resources, Birssbone.
- Metcalf & Eddy, 1991, *Wastewater Engineering 3rd ed*, Mc Graw – Hill International Engineering, Singapore.
- Metcalf & Eddy, 1993, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*, Mc Graw – Hill Comp.
- Neis, U, 1989, *Pencemaran Air Dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Rajawali, Perss.
- Octoyo,B., David, S., Srimulati, 1981, *Pola Penanganan Limbah Industri Penyamakan Kulit*, Balai Pengembangan dan Penelitian Industri Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta.
-
- Santosa, 1975, *Ilmu Hara*. Yogyakarta: Fakultas Biologi. Universitas Gajah Mada.
- Sastroutomo, S., 1991, *Ekologi Gulma*, Gramedia, Jakarta.
- Siswoyo, E. 2002, "*Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan*".PPLH-UII, Yogyakarta.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI, Perss, Jakarta.
- Sukman, M.S.Y., Dan Yakup, 1991, *Gulma dan Teknik Pengendaliannya*, Rajawali, Pers, Jakarta.

Suriawiria, U., 1989, *Pengantar Mikrobiologi Umum*, Angkasa, Bandung.

Tchobanoglous, G., and G. Culp, 1980, *Aquaculture System For Wastewater Treatment*, In U. S. Enviromental Protection Agency, *Design Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant System For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/625/1-88/022, Center For Enviromental Research Information, Cincinnati, OH 45268.

Unus, S., 1992, *Mikrobiologi Air Dan Dasar-Dasar Buangan Secara Biologi*, Alumni, Bandung.

U.S. Enviromental Protection Agency : 1999, *Manual : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*, EPA / 625 / R – 99 / 010, Nation Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio 45268.

Wardhana, W. A. 1995, *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.

[www. Menlh. go.id / usaha – kecil](http://www.Menlh.go.id/usaha-kecil), *Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah*

LAMPIRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Irma Tania	00513059	Teknik Lingkungan
2			

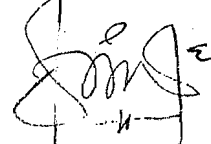
JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan pH Limbah Cair Industri Pembuatan Tahu Dengan Construted yang menggunakan Tanaman Paku Air (Azola Pinata)

PERIODE : I
TAHUN : 2005/2006

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

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

Yogyakarta, 23 Agustus 2005
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)



Catatan

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

**PERATURAN PEMERINTAH
NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

**TENTANG
PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR**

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN		KELAS				KETERANGAN
I	II		III				IV
FISIKA							
Tempelatur	° C	devias i 3	devias i 3	devias i 3	devias i 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya	
Residu Terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvesional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L	
KIMIA ANORGANIK							
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah	
BOD	mg/L	2	3	3	6	12	
COD	mg/L	10	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum	
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH3	
Arsen	mg/L	0,05	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L	

Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)		(-)
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002		0,005
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Klorida	mg/l	600	(-)	(-)		(-)
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02		(-)
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5		(-)
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ _N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)		(-)
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belereng sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S < 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml / 100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
-Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000		10000
-RADIOAKTIVITAS						
- Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1		0,1
- Gross-B	Bq/L	1	1	1		1
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug /L	1000	1000	1000		(-)
Detergen sebagai MBAS	ug /L	200	200	200		(-)
Senyawa Fenol sebagai Fenol	ug /L	1	1	1		(-)
BHC	ug /L	210	210	210		(-)
Aldrin / Dieldrin	ug /L	17	(-)	(-)		(-)
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)		(-)
DDT	ug /L	2	2	2		2
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug /L	18	(-)	(-)		(-)
Lindane	ug /L	56	(-)	(-)		(-)

Methoxyclor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)

Keterangan :

mg= miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq= Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda $<$ adalah lebih kecil

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MEGAWATI SOEKARNO PUTRI

a. Alat dan Bahan

1. Furnace dengan suhu 550°C
2. Oven bersuhu 105°C
3. Cawan porselin 50 ml
4. Timbangan analitis
5. Desikator
6. cawan Petridis
7. Kertas saring
8. Vacum filter

b. Cara Kerja

Persiapan :

1. Siapkan 2 buah cawan penguap (mulut lebar), 1 buah cawan pijar (cawan kecil) dan 1 lembar kertas saring bebas abu.
2. Cawan-cawan yang telah bersih dipanaskan 600°C selama 1 jam.
3. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator, setelah itu ditimbang sampai konstan.
4. Kertas saring bebas abu dibasahi dengan aquadest, kemudian dipanaskan 105°C selama 1 jam.
5. Masukkan ke dalam desikator dan ditimbang. Sehingga didapat berat masing-masing sebagai berikut:

- a. Berat cawan penguap 1 = a gram
- b. Berat cawan penguap 2 = b gram
- c. Berat cawan 3 = c gram
- d. Berat kertas saring = d gram

Total Suspended Solid (TSS)

1. Masukkan 100 ml sampel air (sedikit-sedikit) ke dalam cawan 1, dan uapkan di atas waterbath dan diuapkan sampai kering.
2. Cawan yang berisi sampel dimasukkan oven 105 ° C selama 1 jam.
3. Dinginkan cawan tersebut dalam desikator, kemudian ditimbang (e gram).
4. Cawan yang berisi TSS dimasukkan oven 600 ° C selama 1 jam.
5. Dinginkan dalam desikator, kemudian timbang (f gram).

a. Alat dan Bahan

1. Erlenmayer
2. Labu Ukur
3. Spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm

b. Cara Kerja

1. 50 ml contoh air yang mengandung 0,01 – 1 mg krom, masukan kedalam erlenmayer 125 ml
2. Netralkan dengan penambahan H_2SO_4 (1+1) dan 0,3 ml H_3PO_4 85%
3. Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 ml, tambahkan 2 ml larutan difenilkarbazid, encerkan sampai tanda batas dan kocok sampai rata
4. Baca dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm

a. Alat dan Bahan

1. Gelas beker 100ml
2. Oven
3. Tabung sentrifit

b. Cara Kerja

1. Masukkan contoh sedimen kedalam gelas beker 100ml. Keringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam, dinginkan dalam desikator.
3. Ambil sampel 20 – 30gr masukan dalam tabung sentrifit tambahkan 500ml aquadest, aduk selama 30 menit dengan kecepatan 2000rpm.
4. Saring air keringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam.
5. Timbang sebanyak 1 gr. Masukan dalam erlenmeyer, tambahkan 5ml larutan regia dengan pelan-pelan tambahkan 6ml HF, panaskan pada suhu 130°C. Setelah semua sedimen larut, teruskan pemanasan hingga larutan hampir kering.
6. Dinginkan pada suhu ruang. Tambahkan 1 ml HNO₃ pekat dan aduk pelan-pelan, tambahkan aquadest sebanyak 9ml.
7. Sampel siap diuji.

a. Alat dan bahan:

1. Larutan buffer pH 4,01 (25°C)
2. Larutan buffer pH 6,86 (25°C)
3. Larutan buffer pH 9,18 (25°C)
4. pH meter

b. Cara kerja :

Pengukuran pH:

1. Ambil sample air kira-kira 150 ml dimasukan kedalam gelas kimia 250ml.
2. Ukur suhu contoh air dengan thermometer, kemudian elektroda yang sudah dibersihkan dicelupkan kedalam sample air.
3. pH meter dinyalakan, kemudian putar pengatur suhu sesuai dengan suhu contoh air.
4. pH meter akan menunjukan nilai pH air.
5. ~~Selama pengukuran sample air dikocok dengan menggunakan magnetic stirrer.~~

Pemeriksaan parameter TSS dengan menggunakan tanaman**HARI KE 0**

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1478	1.167	0.0192	384	
	2	1.1643	1.1802	0.0159	318	351
25	1	1.154	1.179	0.025	500	
	2	1.1788	1.2026	0.0238	476	488
50	1	1.1364	1.1593	0.0229	458	
	2	1.1767	1.1999	0.0232	464	461
75	1	1.1459	1.1696	0.0237	474	
	2	1.1791	1.2011	0.022	440	457
100	1	1.1577	1.1795	0.0218	436	
	2	1.1475	1.1699	0.0224	448	442

HARI KE 3

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1705	1.185	0.0145	290	
	2	1.1185	1.136	0.0175	350	320
25	1	1.1779	1.1993	0.0214	428	
	2	1.1249	1.145	0.0201	402	415
50	1	1.1518	1.1738	0.022	440	
	2	1.1407	1.1627	0.022	440	440
75	1	1.1343	1.1528	0.0185	370	
	2	1.1534	1.1745	0.0211	422	396
100	1	1.2179	1.2399	0.022	440	
	2	1.1715	1.1908	0.0193	386	413

HARI KE 6

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.15	1.163	0.013	260	
	2	1.1082	1.1227	0.0145	290	275
25	1	1.1652	1.1848	0.0196	392	
	2	1.1469	1.168	0.0211	422	407
50	1	1.0525	1.0714	0.0189	378	
	2	1.087	1.1085	0.0215	430	404
75	1	1.1434	1.1624	0.019	380	
	2	1.0525	1.0718	0.0193	386	383
100	1	1.1082	1.1252	0.017	340	
	2	1.1471	1.1671	0.02	400	370

HARI KE 9

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1823	1.1933	0.011	220	
	2	1.1839	1.1939	0.01	200	210
25	1	1.1398	1.1576	0.0178	356	
	2	1.1474	1.1668	0.0194	388	372
50	1	1.1781	1.1948	0.0167	334	
	2	1.1336	1.1569	0.0233	466	400
75	1	1.1618	1.1808	0.019	380	
	2	1.1517	1.1717	0.02	400	390
100	1	1.1816	1.2026	0.021	420	
	2	1.174	1.192	0.018	360	390

HARI KE 12

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1766	1.1845	0.0079	158	
	2	1.1755	1.1845	0.009	180	169
25	1	1.1711	1.1881	0.017	340	
	2	1.1604	1.1784	0.018	360	350
50	1	1.1474	1.1685	0.0211	422	
	2	1.1797	1.2022	0.0225	450	436
75	1	1.1439	1.1645	0.0206	412	
	2	1.1516	1.1729	0.0213	426	419
100	1	1.1598	1.1853	0.0255	510	
	2	1.1693	1.1864	0.0171	342	426

**Pemeriksaan parameter TSS tanpa menggunakan tanaman
HARI KE 0**

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1449	1.161	0.0161	322	
	2	1.1328	1.1494	0.0166	332	327
25	1	1.154	1.1766	0.0226	452	
	2	1.1624	1.186	0.0236	472	462
50	1	1.1624	1.1818	0.0194	388	
	2	1.1181	1.1455	0.0274	548	468
75	1	1.1383	1.1614	0.0231	462	
	2	1.1513	1.1771	0.0258	516	489
100	1	1.1208	1.1472	0.0264	528	
	2	1.1337	1.1594	0.0257	514	521

HARI KE 3

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1278	1.1432	0.0154	308	
	2	1.1598	1.1745	0.0147	294	301
25	1	1.1717	1.1942	0.0225	450	
	2	1.1808	1.2028	0.022	440	445
50	1	1.1622	1.1798	0.0176	352	
	2	1.1913	1.2145	0.0232	464	408
75	1	1.1771	1.1985	0.0214	428	
	2	1.1789	1.2033	0.0244	488	458
100	1	1.1435	1.1677	0.0242	484	
	2	1.2084	1.2331	0.0247	494	489

HARI KE 6

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.2028	1.2146	0.0118	236	
	2	1.1978	1.2107	0.0129	258	247
25	1	1.1826	1.2035	0.0209	418	
	2	1.1801	1.1971	0.017	340	379
50	1	1.1779	1.1979	0.02	400	
	2	1.1652	1.1852	0.02	400	400
75	1	1.1533	1.1777	0.0244	488	
	2	1.1474	1.1654	0.018	360	424
100	1	1.1844	1.2044	0.02	400	
	2	1.1278	1.1517	0.0239	478	439

HARI KE 9

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.1493	1.1586	0.0093	186	
	2	1.1656	1.1749	0.0093	186	186
25	1	1.1505	1.1692	0.0187	374	
	2	1.1728	1.1894	0.0166	332	353
50	1	1.1419	1.1619	0.02	400	
	2	1.1672	1.1895	0.0223	446	423
75	1	1.136	1.1584	0.0224	448	
	2	1.122	1.1442	0.0222	444	446
100	1	1.1536	1.1784	0.0248	496	
	2	1.1938	1.2148	0.021	420	458

HARI KE 12

KONSENTRASI	UJI	AWAL	AKHIR	DELTA	HASIL	RATA
0%	1	1.0939	1.0988	0.0049	98	
	2	1.1505	1.1564	0.0059	118	108
25	1	1.1735	1.1906	0.0171	342	
	2	1.1889	1.2047	0.0158	316	329
50	1	1.1362	1.1584	0.0222	444	
	2	1.1419	1.1627	0.0208	416	430
75	1	1.1869	1.2099	0.023	460	
	2	1.2038	1.2268	0.023	460	460
100	1	1.1621	1.1869	0.0248	496	
	2	1.1598	1.1855	0.0257	514	505

PENGUJIAN PARAMETER TSS

MENGGUNAKAN TANAMAN

Data

HARI KE	0% (A1)	25% (B1)	50% (C1)	75% (D1)	100% (E1)
0	351	488	461	457	442
3	320	415	440	396	413
6	275	407	404	383	370
9	210	372	400	390	390
12	169	350	436	419	426

Persentase Removal

HARI KE	0% (A1)	25% (B1)	50% (C1)	75% (D1)	100% (E1)
0	0	0	0	0	0
3	8.832	14.96	4.555	13.35	6.561
6	21.65	16.6	12.36	16.19	16.29
9	40.17	23.77	13.23	14.66	11.76
12	51.85	28.28	5.423	8.315	3.62

TANPA TANAMAN

Data

HARI KE	0% (A2)	25% (B2)	50% (C2)	75% (D2)	100% (E2)
0	327	462	468	489	521
3	301	445	408	458	489
6	247	379	400	424	439
9	186	353	423	446	458
12	108	329	430	460	505

Persentase Removal

HARI KE	0% (A2)	25% (B2)	50% (C2)	75% (D2)	100% (E2)
0	0	0	0	0	0
3	7.951	3.68	12.82	6.339	6.142
6	24.46	17.97	14.53	13.29	15.74
9	43.12	23.59	9.615	8.793	12.09
12	66.97	28.79	8.12	5.93	3.071

Pemeriksaan parameter Cr dengan menggunakan tanaman

Hari ke	Konsentrasi (%)	Pemeriksaan			Rata ²
		1	2	3	
0	0	0.005	0.008	0.008	0.007
	25	0.055	0.029	0.022	0.035
	50	0.069	0.068	0.07	0.069
	75	0.106	0.109	0.103	0.106
	100	0.137	0.142	0.134	0.138
3	0	0.003	0.002	0.003	0.003
	25	0.022	0.022	0.021	0.022
	50	0.045	0.045	0.045	0.045
	75	0.07	0.069	0.07	0.07
	100	0.093	0.094	0.094	0.094
6	0	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
	25	0.015	0.015	0.015	0.015
	50	0.032	0.032	0.031	0.032
	75	0.051	0.051	0.051	0.051
	100	0.069	0.069	0.069	0.069
9	0	-0.018	-0.017	-0.017	-0.017
	25	0.011	0.011	0.01	0.011
	50	0.025	0.024	0.024	0.024
	75	0.038	0.039	0.039	0.039
	100	0.054	0.053	0.054	0.054
12	0	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029
	25	0.011	0.008	0.007	0.009
	50	0.021	0.02	0.02	0.02
	75	0.033	0.033	0.032	0.033
	100	0.047	0.045	0.047	0.046

Pemeriksaan parameter Cr tanpa menggunakan tanaman

Hari ke	Konsentrasi (%)	Pemeriksaan			Rata ²
		1	2	3	
0	0	0.008	0.008	0.007	0.008
	25	0.036	0.036	0.036	0.036
	50	0.073	0.072	0.073	0.073
	75	0.106	0.106	0.105	0.106
	100	0.141	0.14	0.14	0.14
3	0	0.006	0.004	0.005	0.005
	25	0.025	0.023	0.025	0.024
	50	0.049	0.049	0.049	0.049
	75	0.072	0.072	0.072	0.072
	100	0.081	0.099	0.109	0.096
6	0	0.003	0.003	0.003	0.003
	25	0.019	0.018	0.016	0.018
	50	0.037	0.036	0.037	0.037
	75	0.056	0.055	0.053	0.055
	100	0.075	0.074	0.074	0.074
9	0	-0.026	-0.026	-0.026	-0.026
	25	0.014	0.013	0.016	0.014
	50	0.029	0.031	0.028	0.029
	75	0.042	0.042	0.048	0.044
	100	0.061	0.06	0.06	0.06
12	0	-0.036	-0.033	-0.034	-0.034
	25	0.011	0.013	0.013	0.012
	50	0.021	0.026	0.028	0.025
	75	0.038	0.038	0.037	0.038
	100	0.052	0.052	0.052	0.052

PENGUJIAN PARAMETER Cr

MENGGUNAKAN TANAMAN

Data

HARI KE	0% (A1)	25% (B1)	50% (C1)	75% (D1)	100% (E1)
0	0.007	0.035	0.069	0.106	0.138
3	0.003	0.022	0.045	0.07	0.094
6	-0.002	0.015	0.032	0.051	0.069
9	-0.017	0.011	0.024	0.039	0.054
12	-0.029	0.009	0.02	0.033	0.046

Persentase Removal

HARI KE	0% (A1)	25% (B1)	50% (C1)	75% (D1)	100% (E1)
0	0	0	0	0	0
3	57.14	37.14	34.78	33.96	31.88
6	100	57.14	53.62	51.89	50
9	-	68.57	65.22	63.21	60.87
12	-	74.29	71.01	68.87	66.67

TANPA TANAMAN

Data

HARI KE	0% (A2)	25% (B2)	50% (C2)	75% (D2)	100% (E2)
0	0.008	0.036	0.073	0.106	0.14
3	0.005	0.024	0.049	0.072	0.096
6	0.003	0.018	0.037	0.055	0.074
9	-0.026	0.014	0.029	0.044	0.06
12	-0.034	0.012	0.025	0.038	0.052

Persentase Removal

HARI KE	0% (A2)	25% (B2)	50% (C2)	75% (D2)	100% (E2)
0	0	0	0	0	0
3	37.5	33.33	32.88	32.08	31.43
6	62.5	50	49.32	48.11	47.14
9	100	61.11	60.27	58.49	57.14
12	-	66.67	65.75	64.15	62.86

Pemeriksaan parameter Cr Tanah

HARI KE	KONSENTRASI (%)	PEMERIKSAAN			RATA2
		1	2	3	
AWAL		-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
AKHIR (TANAMAN)	0	-0.006	-0.005	-0.005	-0.005
	25	0.036	0.036	0.036	0.036
	50	0.037	0.037	0.037	0.037
	75	0.038	0.038	0.038	0.038
	100	0.04	0.041	0.041	0.041
AKHIR (NON TANAMAN)	0	-0.003	-0.003	-0.004	-0.003
	25	0.037	0.037	0.037	0.037
	50	0.039	0.04	0.04	0.039
	75	0.04	0.04	0.04	0.04
	100	0.043	0.042	0.042	0.042

PENGUJIAN PARAMETER Cr TANAH

MENGGUNAKAN TANAMAN

HARI	A1	B1	C1	D1	E1
AWAL	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
AKHIR	-0.005	0.036	0.037	0.038	0.041

TANPA TANAMAN

HARI	A2	B2	C2	D2	E2
AWAL	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
AKHIR	-0.003	0.037	0.039	0.04	0.042

Pemeriksaan parameter pH

Hari ke	Konsentrasi (%)	Pemeriksaan	
		Tanaman	Tanpa tanaman
0	0	7	7
	25	7	7
	50	7	7
	75	7	7
	100	7	7
3	0	7	7
	25	7	8
	50	8	8
	75	8	8
	100	8	8
6	0	7	8
	25	7	8
	50	8	8
	75	8	8
	100	8	8
9	0	7	8
	25	7	8
	50	8	8
	75	8	8
	100	8	8
12	0	7	8
	25	8	8
	50	8	9
	75	8	9
	100	8	9

PENGUJIAN pH DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN

HARI	0% (A1)	25% (B1)	50% (C1)	75% (D1)	100% (E1)
0	7	7	7	7	7
3	7	7	8	8	8
6	7	7	8	8	8
9	7	7	8	8	8
12	7	8	8	8	8

PENGUJIAN pH TANPA MENGGUNAKAN TANAMAN

HARI	0% (A2)	25% (B2)	50% (C2)	75% (D2)	100% (E2)
0	7	7	7	7	7
3	7	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8
9	8	8	8	8	8
12	8	8	9	9	9

UJI ANOVA UNTUK TSS DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Waktu	1	Hari ke 0	5
	2	Hari ke 3	5
	3	Hari ke 6	5
	4	Hari ke 9	5
	5	Hari ke 12	5
Konsentrasi Limbah	1	Konst Limbah 0%	5
	2	Konst Limbah 25%	5
	3	Konst Limbah 50%	5
	4	Konst Limbah 75%	5
	5	Konst Limbah 100%	5

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Deviation	N
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	351.00	.	1
	Konst Limbah 25%	488.00	.	1
	Konst Limbah 50%	461.00	.	1
	Konst Limbah 75%	457.00	.	1
	Konst Limbah 100%	442.00	.	1
	Total	439.80	52.342	5
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	320.00	.	1
	Konst Limbah 25%	415.00	.	1
	Konst Limbah 50%	440.00	.	1
	Konst Limbah 75%	396.00	.	1
	Konst Limbah 100%	413.00	.	1
	Total	396.80	45.713	5
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	275.00	.	1
	Konst Limbah 25%	407.00	.	1
	Konst Limbah 50%	404.00	.	1
	Konst Limbah 75%	383.00	.	1
	Konst Limbah 100%	370.00	.	1
	Total	367.80	54.071	5
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	210.00	.	1
	Konst Limbah 25%	372.00	.	1
	Konst Limbah 50%	400.00	.	1
	Konst Limbah 75%	390.00	.	1
	Konst Limbah 100%	390.00	.	1
	Total	352.40	80.242	5
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	169.00	.	1
	Konst Limbah 25%	350.00	.	1
	Konst Limbah 50%	436.00	.	1
	Konst Limbah 75%	419.00	.	1
	Konst Limbah 100%	426.00	.	1
	Total	360.00	112.020	5
Total	Konst Limbah 0%	265.00	75.435	5
	Konst Limbah 25%	406.40	52.672	5
	Konst Limbah 50%	428.20	25.772	5
	Konst Limbah 75%	409.00	30.042	5
	Konst Limbah 100%	408.20	28.604	5
	Total	383.36	74.309	25

Levene's Test of Equality of Error Variances

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

F	df1	df2	Sig.
	24	0	

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+WAKTU+LIMBAH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	114687.120 ^a	8	14335.890	12.860	.000
Intercept	3674122.240	1	3674122.240	3295.798	.000
WAKTU	25562.160	4	6390.540	5.733	.005
LIMBAH	89124.960	4	22281.240	19.987	.000
Error	17836.640	16	1114.790		
Total	3806646.000	25			
Corrected Total	132523.760	24			

a. R Squared = .865 (Adjusted R Squared = .798)

Estimated Marginal Means

1. Waktu

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	439.800	14.932	408.146	471.454
Hari ke 3	396.800	14.932	365.146	428.454
Hari ke 6	367.800	14.932	336.146	399.454
Hari ke 9	352.400	14.932	320.746	384.054
Hari ke 12	360.000	14.932	328.346	391.654

2. Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Konst Limbah 0%	265.000	14.932	233.346	296.654
Konst Limbah 25%	406.400	14.932	374.746	438.054
Konst Limbah 50%	428.200	14.932	396.546	459.854
Konst Limbah 75%	409.000	14.932	377.346	440.654
Konst Limbah 100%	408.200	14.932	376.546	439.854

3. Waktu * Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	321.440	20.033	278.972	363.908
	Konst Limbah 25%	462.840	20.033	420.372	505.308
	Konst Limbah 50%	484.640	20.033	442.172	527.108
	Konst Limbah 75%	465.440	20.033	422.972	507.908
	Konst Limbah 100%	464.640	20.033	422.172	507.108
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	278.440	20.033	235.972	320.908
	Konst Limbah 25%	419.840	20.033	377.372	462.308
	Konst Limbah 50%	441.640	20.033	399.172	484.108
	Konst Limbah 75%	422.440	20.033	379.972	464.908
	Konst Limbah 100%	421.640	20.033	379.172	464.108
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	249.440	20.033	206.972	291.908
	Konst Limbah 25%	390.840	20.033	348.372	433.308
	Konst Limbah 50%	412.640	20.033	370.172	455.108
	Konst Limbah 75%	393.440	20.033	350.972	435.908
	Konst Limbah 100%	392.640	20.033	350.172	435.108
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	234.040	20.033	191.572	276.508
	Konst Limbah 25%	375.440	20.033	332.972	417.908
	Konst Limbah 50%	397.240	20.033	354.772	439.708
	Konst Limbah 75%	378.040	20.033	335.572	420.508
	Konst Limbah 100%	377.240	20.033	334.772	419.708
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	241.640	20.033	199.172	284.108
	Konst Limbah 25%	383.040	20.033	340.572	425.508
	Konst Limbah 50%	404.840	20.033	362.372	447.308
	Konst Limbah 75%	385.640	20.033	343.172	428.108
	Konst Limbah 100%	384.840	20.033	342.372	427.308

Post Hoc Tests

Waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

	(I) Waktu	(J) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Hari ke 0	Hari ke 3	43.00	21.117	.294	-21.69	107.69
		Hari ke 6	72.00*	21.117	.026	7.31	136.69
		Hari ke 9	87.40*	21.117	.006	22.71	152.09
		Hari ke 12	79.80*	21.117	.012	15.11	144.49
	Hari ke 3	Hari ke 0	-43.00	21.117	.294	-107.69	21.69
		Hari ke 6	29.00	21.117	.652	-35.69	93.69
		Hari ke 9	44.40	21.117	.266	-20.29	109.09
		Hari ke 12	36.80	21.117	.438	-27.89	101.49
	Hari ke 6	Hari ke 0	-72.00*	21.117	.026	-136.69	-7.31
		Hari ke 3	-29.00	21.117	.652	-93.69	35.69
		Hari ke 9	15.40	21.117	.946	-49.29	80.09
		Hari ke 12	7.80	21.117	.996	-56.89	72.49
	Hari ke 9	Hari ke 0	-87.40*	21.117	.006	-152.09	-22.71
		Hari ke 3	-44.40	21.117	.266	-109.09	20.29
		Hari ke 6	-15.40	21.117	.946	-80.09	49.29
		Hari ke 12	-7.60	21.117	.996	-72.29	57.09
Hari ke 12	Hari ke 0	-79.80*	21.117	.012	-144.49	-15.11	
	Hari ke 3	-36.80	21.117	.438	-101.49	27.89	
	Hari ke 6	-7.80	21.117	.996	-72.49	56.89	
	Hari ke 9	7.60	21.117	.996	-57.09	72.29	
Bonferroni	Hari ke 0	Hari ke 3	43.00	21.117	.586	-25.67	111.67
		Hari ke 6	72.00*	21.117	.036	3.33	140.67
		Hari ke 9	87.40*	21.117	.008	18.73	156.07
		Hari ke 12	79.80*	21.117	.016	11.13	148.47
	Hari ke 3	Hari ke 0	-43.00	21.117	.586	-111.67	25.67
		Hari ke 6	29.00	21.117	1.000	-39.67	97.67
		Hari ke 9	44.40	21.117	.517	-24.27	113.07
		Hari ke 12	36.80	21.117	1.000	-31.87	105.47
	Hari ke 6	Hari ke 0	-72.00*	21.117	.036	-140.67	-3.33
		Hari ke 3	-29.00	21.117	1.000	-97.67	39.67
		Hari ke 9	15.40	21.117	1.000	-53.27	84.07
		Hari ke 12	7.80	21.117	1.000	-60.87	76.47
	Hari ke 9	Hari ke 0	-87.40*	21.117	.008	-156.07	-18.73
		Hari ke 3	-44.40	21.117	.517	-113.07	24.27
		Hari ke 6	-15.40	21.117	1.000	-84.07	53.27
		Hari ke 12	-7.60	21.117	1.000	-76.27	61.07
	Hari ke 12	Hari ke 0	-79.80*	21.117	.016	-148.47	-11.13
		Hari ke 3	-36.80	21.117	1.000	-105.47	31.87
		Hari ke 6	-7.80	21.117	1.000	-76.47	60.87
		Hari ke 9	7.60	21.117	1.000	-61.07	76.27

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi TSS

Waktu	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a,b} Hari ke 9	5	352.40	
Hari ke 12	5	360.00	
Hari ke 6	5	367.80	
Hari ke 3	5	396.80	396.80
Hari ke 0	5		439.80
Sig.		.266	.294

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1114.790.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Konsentrasi Limbah

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

	(I) Konsentrasi Limbah	(J) Konsentrasi Limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-141.40*	21.117	.000	-206.09	-76.71	
		Konst Limbah 50%	-163.20*	21.117	.000	-227.89	-98.51	
		Konst Limbah 75%	-144.00*	21.117	.000	-208.69	-79.31	
		Konst Limbah 100%	-143.20*	21.117	.000	-207.89	-78.51	
	Konst Limbah 25%	Konst Limbah 0%	141.40*	21.117	.000	76.71	206.09	
		Konst Limbah 50%	-21.80	21.117	.837	-86.49	42.89	
		Konst Limbah 75%	-2.60	21.117	1.000	-67.29	62.09	
	Konst Limbah 50%	Konst Limbah 100%	-1.80	21.117	1.000	-66.49	62.89	
		Konst Limbah 0%	163.20*	21.117	.000	98.51	227.89	
		Konst Limbah 25%	21.80	21.117	.837	-42.89	86.49	
	Konst Limbah 75%	Konst Limbah 50%	19.20	21.117	.889	-45.49	83.89	
		Konst Limbah 100%	20.00	21.117	.874	-44.69	84.69	
		Konst Limbah 0%	144.00*	21.117	.000	79.31	208.69	
	Konst Limbah 100%	Konst Limbah 25%	2.60	21.117	1.000	-62.09	67.29	
		Konst Limbah 50%	-19.20	21.117	.889	-83.89	45.49	
		Konst Limbah 75%	.80	21.117	1.000	-63.89	65.49	
	Bonferroni	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-141.40*	21.117	.000	-210.07	-72.73
			Konst Limbah 50%	-163.20*	21.117	.000	-231.87	-94.53
			Konst Limbah 75%	-144.00*	21.117	.000	-212.67	-75.33
			Konst Limbah 100%	-143.20*	21.117	.000	-211.87	-74.53
Konst Limbah 25%		Konst Limbah 0%	141.40*	21.117	.000	72.73	210.07	
		Konst Limbah 50%	-21.80	21.117	1.000	-90.47	46.87	
		Konst Limbah 75%	-2.60	21.117	1.000	-71.27	66.07	
Konst Limbah 50%		Konst Limbah 100%	-1.80	21.117	1.000	-70.47	66.87	
		Konst Limbah 0%	163.20*	21.117	.000	94.53	231.87	
		Konst Limbah 25%	21.80	21.117	1.000	-46.87	90.47	
Konst Limbah 75%		Konst Limbah 50%	19.20	21.117	1.000	-49.47	87.87	
		Konst Limbah 100%	20.00	21.117	1.000	-48.67	88.67	
		Konst Limbah 0%	144.00*	21.117	.000	75.33	212.67	
Konst Limbah 100%		Konst Limbah 25%	2.60	21.117	1.000	-66.07	71.27	
		Konst Limbah 50%	-19.20	21.117	1.000	-87.87	49.47	
		Konst Limbah 75%	.80	21.117	1.000	-87.87	69.47	
Konst Limbah 100%		Konst Limbah 0%	143.20*	21.117	.000	74.53	211.87	
		Konst Limbah 25%	1.80	21.117	1.000	-66.87	70.47	
		Konst Limbah 50%	-20.00	21.117	1.000	-88.67	48.67	
		Konst Limbah 75%	-80	21.117	1.000	-69.47	67.87	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi TSS

Konsentrasi Limbah	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a, b} Konst Limbah 0%	5	265.00	
Konst Limbah 25%	5		406.40
Konst Limbah 100%	5		408.20
Konst Limbah 75%	5		409.00
Konst Limbah 50%	5		428.20
Sig.		1.000	.837

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1114.790.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

UJI ANOVA UNTUK TSS TANPA MENGGUNAKAN TANAMAN

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Waktu	1	Hari ke 0	5
	2	Hari ke 3	5
	3	Hari ke 6	5
	4	Hari ke 9	5
	5	Hari ke 12	5
Konsentrasi Limbah	1	Konst Limbah 0%	5
	2	Konst Limbah 25%	5
	3	Konst Limbah 50%	5
	4	Konst Limbah 75%	5
	5	Konst Limbah 100%	5

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Deviation	N
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	327.00	.	1
	Konst Limbah 25%	462.00	.	1
	Konst Limbah 50%	468.00	.	1
	Konst Limbah 75%	489.00	.	1
	Konst Limbah 100%	521.00	.	1
	Total	453.40	74.332	5
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	301.00	.	1
	Konst Limbah 25%	445.00	.	1
	Konst Limbah 50%	408.00	.	1
	Konst Limbah 75%	458.00	.	1
	Konst Limbah 100%	489.00	.	1
	Total	420.20	72.689	5
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	247.00	.	1
	Konst Limbah 25%	379.00	.	1
	Konst Limbah 50%	400.00	.	1
	Konst Limbah 75%	424.00	.	1
	Konst Limbah 100%	439.00	.	1
	Total	377.80	76.620	5
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	186.00	.	1
	Konst Limbah 25%	353.00	.	1
	Konst Limbah 50%	423.00	.	1
	Konst Limbah 75%	446.00	.	1
	Konst Limbah 100%	458.00	.	1
	Total	373.20	112.275	5
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	108.00	.	1
	Konst Limbah 25%	329.00	.	1
	Konst Limbah 50%	430.00	.	1
	Konst Limbah 75%	460.00	.	1
	Konst Limbah 100%	505.00	.	1
	Total	366.40	158.260	5
Total	Konst Limbah 0%	233.80	88.723	5
	Konst Limbah 25%	393.60	57.782	5
	Konst Limbah 50%	425.80	26.405	5
	Konst Limbah 75%	455.40	23.618	5
	Konst Limbah 100%	482.40	33.627	5
	Total	398.20	101.087	25

Levene's Test of Equality of Error Variances

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

F	df1	df2	Sig.
	24	0	

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+WAKTU+LIMBAH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	218776.000 ^a	8	27347.000	16.531	.000
Intercept	3964081.000	1	3964081.000	2396.301	.000
WAKTU	27917.200	4	6979.300	4.219	.016
LIMBAH	190858.800	4	47714.700	28.844	.000
Error	26468.000	16	1654.250		
Total	4209325.000	25			
Corrected Total	245244.000	24			

a. R Squared = .892 (Adjusted R Squared = .838)

Estimated Marginal Means

1. Waktu

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	453.400	18.189	414.840	491.960
Hari ke 3	420.200	18.189	381.640	458.760
Hari ke 6	377.800	18.189	339.240	416.360
Hari ke 9	373.200	18.189	334.640	411.760
Hari ke 12	366.400	18.189	327.840	404.960

2. Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Konst Limbah 0%	233.800	18.189	195.240	272.360
Konst Limbah 25%	393.600	18.189	355.040	432.160
Konst Limbah 50%	425.800	18.189	387.240	464.360
Konst Limbah 75%	455.400	18.189	416.840	493.960
Konst Limbah 100%	482.400	18.189	443.840	520.960

3. Waktu * Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	289.000	24.403	237.267	340.733
	Konst Limbah 25%	448.800	24.403	397.067	500.533
	Konst Limbah 50%	481.000	24.403	429.267	532.733
	Konst Limbah 75%	510.600	24.403	458.867	562.333
	Konst Limbah 100%	537.600	24.403	485.867	589.333
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	255.800	24.403	204.067	307.533
	Konst Limbah 25%	415.600	24.403	363.867	467.333
	Konst Limbah 50%	447.800	24.403	396.067	499.533
	Konst Limbah 75%	477.400	24.403	425.667	529.133
	Konst Limbah 100%	504.400	24.403	452.667	556.133
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	213.400	24.403	161.667	265.133
	Konst Limbah 25%	373.200	24.403	321.467	424.933
	Konst Limbah 50%	405.400	24.403	353.667	457.133
	Konst Limbah 75%	435.000	24.403	383.267	486.733
	Konst Limbah 100%	462.000	24.403	410.267	513.733
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	208.800	24.403	157.067	260.533
	Konst Limbah 25%	368.600	24.403	316.867	420.333
	Konst Limbah 50%	400.800	24.403	349.067	452.533
	Konst Limbah 75%	430.400	24.403	378.667	482.133
	Konst Limbah 100%	457.400	24.403	405.667	509.133
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	202.000	24.403	150.267	253.733
	Konst Limbah 25%	361.800	24.403	310.067	413.533
	Konst Limbah 50%	394.000	24.403	342.267	445.733
	Konst Limbah 75%	423.600	24.403	371.867	475.333
	Konst Limbah 100%	450.600	24.403	398.867	502.333

Post Hoc Tests

Waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

	(I) Waktu	(J) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Hari ke 0	Hari ke 3	33.20	25.724	.700	-45.61	112.01
		Hari ke 6	75.60	25.724	.063	-3.21	154.41
		Hari ke 9	80.20*	25.724	.045	1.39	159.01
		Hari ke 12	87.00*	25.724	.027	8.19	165.81
	Hari ke 3	Hari ke 0	-33.20	25.724	.700	-112.01	45.61
		Hari ke 6	42.40	25.724	.490	-36.41	121.21
		Hari ke 9	47.00	25.724	.393	-31.81	125.81
		Hari ke 12	53.80	25.724	.271	-25.01	132.61
	Hari ke 6	Hari ke 0	-75.60	25.724	.063	-154.41	3.21
		Hari ke 3	-42.40	25.724	.490	-121.21	36.41
		Hari ke 9	4.60	25.724	1.000	-74.21	83.41
		Hari ke 12	11.40	25.724	.991	-67.41	90.21
	Hari ke 9	Hari ke 0	-80.20*	25.724	.045	-159.01	-1.39
		Hari ke 3	-47.00	25.724	.393	-125.81	31.81
		Hari ke 6	-4.60	25.724	1.000	-83.41	74.21
		Hari ke 12	6.80	25.724	.999	-72.01	85.61
Hari ke 12	Hari ke 0	-87.00*	25.724	.027	-165.81	-8.19	
	Hari ke 3	-53.80	25.724	.271	-132.61	25.01	
	Hari ke 6	-11.40	25.724	.991	-90.21	67.41	
	Hari ke 9	-6.80	25.724	.999	-85.61	72.01	
Bonferroni	Hari ke 0	Hari ke 3	33.20	25.724	1.000	-50.45	116.85
		Hari ke 6	75.60	25.724	.096	-8.05	159.25
		Hari ke 9	80.20	25.724	.066	-3.45	163.85
		Hari ke 12	87.00*	25.724	.038	3.35	170.65
	Hari ke 3	Hari ke 0	-33.20	25.724	1.000	-116.85	50.45
		Hari ke 6	42.40	25.724	1.000	-41.25	126.05
		Hari ke 9	47.00	25.724	.864	-36.65	130.65
		Hari ke 12	53.80	25.724	.528	-29.85	137.45
	Hari ke 6	Hari ke 0	-75.60	25.724	.096	-159.25	8.05
		Hari ke 3	-42.40	25.724	1.000	-126.06	41.25
		Hari ke 9	4.60	25.724	1.000	-79.05	88.25
		Hari ke 12	11.40	25.724	1.000	-72.25	95.05
	Hari ke 9	Hari ke 0	-80.20	25.724	.066	-163.85	3.45
		Hari ke 3	-47.00	25.724	.864	-130.65	36.65
		Hari ke 6	-4.60	25.724	1.000	-88.25	79.05
		Hari ke 12	6.80	25.724	1.000	-76.85	90.45
Hari ke 12	Hari ke 0	-87.00*	25.724	.038	-170.65	-3.35	
	Hari ke 3	-53.80	25.724	.528	-137.45	29.85	
	Hari ke 6	-11.40	25.724	1.000	-95.05	72.25	
	Hari ke 9	-6.80	25.724	1.000	-90.45	76.85	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi TSS

Waktu	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a,c} Hari ke 12	5	366.40	
Hari ke 9	5	373.20	
Hari ke 6	5	377.80	377.80
Hari ke 3	5	420.20	420.20
Hari ke 0	5		453.40
Sig.		.271	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1654.250.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Konsentrasi Limbah

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi TSS

	(I) Konsentrasi Limbah	(J) Konsentrasi Limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-159.80*	25.724	.000	-238.61	-80.99
		Konst Limbah 50%	-192.00*	25.724	.000	-270.81	-113.19
		Konst Limbah 75%	-221.60*	25.724	.000	-300.41	-142.79
		Konst Limbah 100%	-248.60*	25.724	.000	-327.41	-169.79
	Konst Limbah 25%	Konst Limbah 0%	159.80*	25.724	.000	80.99	238.61
		Konst Limbah 50%	-32.20	25.724	.723	-111.01	46.61
		Konst Limbah 75%	-61.80	25.724	.165	-140.61	17.01
		Konst Limbah 100%	-88.80*	25.724	.024	-167.61	-9.99
	Konst Limbah 50%	Konst Limbah 0%	192.00*	25.724	.000	113.19	270.81
		Konst Limbah 25%	32.20	25.724	.723	-46.61	111.01
		Konst Limbah 75%	-29.60	25.724	.778	-108.41	49.21
		Konst Limbah 100%	-56.60	25.724	.229	-135.41	22.21
	Konst Limbah 75%	Konst Limbah 0%	221.60*	25.724	.000	142.79	300.41
		Konst Limbah 25%	61.80	25.724	.165	-17.01	140.61
		Konst Limbah 50%	29.60	25.724	.778	-49.21	108.41
		Konst Limbah 100%	-27.00	25.724	.829	-105.81	51.81
	Konst Limbah 100%	Konst Limbah 0%	248.60*	25.724	.000	169.79	327.41
		Konst Limbah 25%	88.80*	25.724	.024	9.99	167.61
		Konst Limbah 50%	56.60	25.724	.229	-22.21	135.41
		Konst Limbah 75%	27.00	25.724	.829	-51.81	105.81
Bonferroni	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-159.80*	25.724	.000	-243.45	-76.15
		Konst Limbah 50%	-192.00*	25.724	.000	-275.65	-108.35
		Konst Limbah 75%	-221.60*	25.724	.000	-305.25	-137.95
		Konst Limbah 100%	-248.60*	25.724	.000	-332.25	-164.95
	Konst Limbah 25%	Konst Limbah 0%	159.80*	25.724	.000	76.15	243.45
		Konst Limbah 50%	-32.20	25.724	1.000	-115.85	51.45
		Konst Limbah 75%	-61.80	25.724	.288	-145.45	21.85
		Konst Limbah 100%	-88.80*	25.724	.033	-172.45	-5.15
	Konst Limbah 50%	Konst Limbah 0%	192.00*	25.724	.000	108.35	275.65
		Konst Limbah 25%	32.20	25.724	1.000	-51.45	115.85
		Konst Limbah 75%	-29.60	25.724	1.000	-113.25	54.05
		Konst Limbah 100%	-56.60	25.724	.428	-140.25	27.05
	Konst Limbah 75%	Konst Limbah 0%	221.60*	25.724	.000	137.95	305.25
		Konst Limbah 25%	61.80	25.724	.288	-21.85	145.45
		Konst Limbah 50%	29.60	25.724	1.000	-54.05	113.25
		Konst Limbah 100%	-27.00	25.724	1.000	-110.65	56.65
	Konst Limbah 100%	Konst Limbah 0%	248.60*	25.724	.000	164.95	332.25
		Konst Limbah 25%	88.80*	25.724	.033	5.15	172.45
		Konst Limbah 50%	56.60	25.724	.428	-27.05	140.25
		Konst Limbah 75%	27.00	25.724	1.000	-56.65	110.65

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi TSS

Konsentrasi Limbah	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a, c} Konst Limbah 0%	5	233.80		
Konst Limbah 25%	5		393.60	
Konst Limbah 50%	5		425.80	425.80
Konst Limbah 75%	5		455.40	455.40
Konst Limbah 100%	5			482.40
Sig.		1.000	.165	.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1654.250.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

**UJI ANOVA UNTUK Cr
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN**

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Waktu	1	Hari ke 0	5
	2	Hari ke 3	5
	3	Hari ke 6	5
	4	Hari ke 9	5
	5	Hari ke 12	5
Konsentrasi Limbah	1	Konst Limbah 0%	5
	2	Konst Limbah 25%	5
	3	Konst Limbah 50%	5
	4	Konst Limbah 75%	5
	5	Konst Limbah 100%	5

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Deviation	N
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	.00700	.	1
	Konst Limbah 25%	.03500	.	1
	Konst Limbah 50%	.06900	.	1
	Konst Limbah 75%	.10600	.	1
	Konst Limbah 100%	.13800	.	1
	Total	.07100	.052702	5
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	.00300	.	1
	Konst Limbah 25%	.02200	.	1
	Konst Limbah 50%	.04500	.	1
	Konst Limbah 75%	.07000	.	1
	Konst Limbah 100%	.09400	.	1
	Total	.04680	.036410	5
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	-.00200	.	1
	Konst Limbah 25%	.01500	.	1
	Konst Limbah 50%	.03200	.	1
	Konst Limbah 75%	.05100	.	1
	Konst Limbah 100%	.06900	.	1
	Total	.03300	.028151	5
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	-.01700	.	1
	Konst Limbah 25%	.01100	.	1
	Konst Limbah 50%	.02400	.	1
	Konst Limbah 75%	.03900	.	1
	Konst Limbah 100%	.05400	.	1
	Total	.02220	.027197	5
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	-.02900	.	1
	Konst Limbah 25%	.00900	.	1
	Konst Limbah 50%	.02000	.	1
	Konst Limbah 75%	.03300	.	1
	Konst Limbah 100%	.04600	.	1
	Total	.01580	.028630	5
Total	Konst Limbah 0%	-.00760	.015027	5
	Konst Limbah 25%	.01840	.010526	5
	Konst Limbah 50%	.03800	.019786	5
	Konst Limbah 75%	.05980	.029440	5
	Konst Limbah 100%	.08020	.037124	5
	Total	.03776	.038454	25

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

F	df1	df2	Sig.
.	24	0	.

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+WAKTU+LIMBAH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.033 ^a	8	.004	29.916	.000
Intercept	.036	1	.036	256.460	.000
WAKTU	.010	4	.002	17.390	.000
LIMBAH	.024	4	.006	42.443	.000
Error	.002	16	.000		
Total	.071	25			
Corrected Total	.035	24			

a. R Squared = .937 (Adjusted R Squared = .906)

Estimated Marginal Means

1. Waktu

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	.071	.005	.060	.082
Hari ke 3	.047	.005	.038	.058
Hari ke 6	.033	.005	.022	.044
Hari ke 9	.022	.005	.011	.033
Hari ke 12	.016	.005	.005	.027

2. Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Konst Limbah 0%	-.008	.005	-.019	.004
Konst Limbah 25%	.018	.005	.007	.030
Konst Limbah 50%	.038	.005	.027	.049
Konst Limbah 75%	.060	.005	.049	.071
Konst Limbah 100%	.080	.005	.069	.091

3. Waktu * Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	.026	.007	.011	.041
	Konst Limbah 25%	.052	.007	.037	.067
	Konst Limbah 50%	.071	.007	.056	.086
	Konst Limbah 75%	.093	.007	.078	.108
	Konst Limbah 100%	.113	.007	.098	.128
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	.001	.007	-.014	.016
	Konst Limbah 25%	.027	.007	.012	.042
	Konst Limbah 50%	.047	.007	.032	.062
	Konst Limbah 75%	.069	.007	.054	.084
	Konst Limbah 100%	.089	.007	.074	.104
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	-.012	.007	-.027	.003
	Konst Limbah 25%	.014	.007	-.001	.029
	Konst Limbah 50%	.033	.007	.018	.048
	Konst Limbah 75%	.055	.007	.040	.070
	Konst Limbah 100%	.075	.007	.060	.090
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	-.023	.007	-.038	-.008
	Konst Limbah 25%	.003	.007	-.012	.018
	Konst Limbah 50%	.022	.007	.007	.037
	Konst Limbah 75%	.044	.007	.029	.059
	Konst Limbah 100%	.065	.007	.050	.080
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	-.030	.007	-.045	-.015
	Konst Limbah 25%	-.004	.007	-.019	.011
	Konst Limbah 50%	.016	.007	.001	.031
	Konst Limbah 75%	.038	.007	.023	.053
	Konst Limbah 100%	.058	.007	.043	.073

Post Hoc Tests

Waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

	(I) Waktu	(J) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Hari ke 0	Hari ke 3	.02420*	.007456	.035	.00136	.04704
		Hari ke 6	.03800*	.007456	.001	.01516	.06084
		Hari ke 9	.04880*	.007456	.000	.02596	.07164
		Hari ke 12	.05520*	.007456	.000	.03236	.07804
	Hari ke 3	Hari ke 0	-.02420*	.007456	.035	-.04704	-.00136
		Hari ke 6	.01380	.007456	.381	-.00904	.03664
		Hari ke 9	.02460*	.007456	.032	.00176	.04744
		Hari ke 12	.03100*	.007456	.006	.00816	.05384
	Hari ke 6	Hari ke 0	-.03800*	.007456	.001	-.06084	-.01516
		Hari ke 3	-.01380	.007456	.381	-.03664	.00904
		Hari ke 9	.01080	.007456	.608	-.01204	.03364
		Hari ke 12	.01720	.007456	.193	-.00564	.04004
	Hari ke 9	Hari ke 0	-.04880*	.007456	.000	-.07164	-.02596
		Hari ke 3	-.02460*	.007456	.032	-.04744	-.00176
		Hari ke 6	-.01080	.007456	.608	-.03364	.01204
		Hari ke 12	.00640	.007456	.908	-.01644	.02924
	Hari ke 12	Hari ke 0	-.05520*	.007456	.000	-.07804	-.03236
		Hari ke 3	-.03100*	.007456	.006	-.05384	-.00816
		Hari ke 6	-.01720	.007456	.193	-.04004	.00564
		Hari ke 9	-.00640	.007456	.908	-.02924	.01644
Bonferroni	Hari ke 0	Hari ke 3	.02420	.007456	.051	-.00005	.04845
		Hari ke 6	.03800*	.007456	.001	.01375	.06225
		Hari ke 9	.04880*	.007456	.000	.02455	.07305
		Hari ke 12	.05520*	.007456	.000	.03095	.07945
	Hari ke 3	Hari ke 0	-.02420	.007456	.051	-.04845	.00005
		Hari ke 6	.01380	.007456	.828	-.01045	.03805
		Hari ke 9	.02460*	.007456	.045	.00035	.04885
		Hari ke 12	.03100*	.007456	.007	.00675	.05525
	Hari ke 6	Hari ke 0	-.03800*	.007456	.001	-.06225	-.01375
		Hari ke 3	-.01380	.007456	.828	-.03805	.01045
		Hari ke 9	.01000	.007456	1.000	-.01345	.03505
		Hari ke 12	.01720	.007456	.348	-.00705	.04145
	Hari ke 9	Hari ke 0	-.04880*	.007456	.000	-.07305	-.02455
		Hari ke 3	-.02460*	.007456	.045	-.04885	-.00035
		Hari ke 6	-.01080	.007456	1.000	-.03505	.01345
		Hari ke 12	.00640	.007456	1.000	-.01785	.03065
	Hari ke 12	Hari ke 0	-.05520*	.007456	.000	-.07945	-.03095
		Hari ke 3	-.03100*	.007456	.007	-.05525	-.00675
		Hari ke 6	-.01720	.007456	.348	-.04145	.00705
		Hari ke 9	-.00640	.007456	1.000	-.03065	.01785

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi Cr

Waktu	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a,b} Hari ke 12	5	.01580		
Hari ke 9	5	.02220		
Hari ke 6	5	.03300	.03300	
Hari ke 3	5		.04680	
Hari ke 0	5			.07100
Sig.		.193	.381	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Konsentrasi Limbah

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

	(I) Konsentrasi Limbah	(J) Konsentrasi Limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-.02600*	.007456	.022	-.04884	-.00316	
		Konst Limbah 50%	-.04560*	.007456	.000	-.06844	-.02276	
		Konst Limbah 75%	-.06740*	.007456	.000	-.09024	-.04456	
		Konst Limbah 100%	-.08780*	.007456	.000	-.11064	-.06496	
	Konst Limbah 25%	Konst Limbah 0%	.02600*	.007456	.022	.00316	.04884	
		Konst Limbah 50%	-.01960	.007456	.112	-.04244	.00324	
		Konst Limbah 75%	-.04140*	.007456	.000	-.06424	-.01856	
	Konst Limbah 50%	Konst Limbah 100%	-.06180*	.007456	.000	-.08464	-.03896	
		Konst Limbah 0%	.04560*	.007456	.000	.02276	.06844	
		Konst Limbah 25%	.01960	.007456	.112	-.00324	.04244	
	Konst Limbah 75%	Konst Limbah 50%	-.02180	.007456	.065	-.04464	.00104	
		Konst Limbah 100%	-.04220*	.007456	.000	-.06504	-.01936	
		Konst Limbah 0%	.06740*	.007456	.000	.04456	.09024	
	Konst Limbah 100%	Konst Limbah 25%	.04140*	.007456	.000	.01856	.06424	
		Konst Limbah 50%	.02180	.007456	.065	-.00104	.04464	
		Konst Limbah 75%	-.02040	.007456	.092	-.04324	.00244	
	Bonferroni	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-.02600*	.007456	.030	-.05025	-.00175
			Konst Limbah 50%	-.04560*	.007456	.000	-.06965	-.02135
			Konst Limbah 75%	-.06740*	.007456	.000	-.09165	-.04315
			Konst Limbah 100%	-.08780*	.007456	.000	-.11205	-.06355
Konst Limbah 25%		Konst Limbah 0%	.02600*	.007456	.030	.00175	.05025	
		Konst Limbah 50%	-.01960	.007456	.182	-.04385	.00465	
		Konst Limbah 75%	-.04140*	.007456	.000	-.06565	-.01715	
Konst Limbah 50%		Konst Limbah 100%	-.06180*	.007456	.000	-.08605	-.03755	
		Konst Limbah 0%	.04560*	.007456	.000	.02135	.06965	
		Konst Limbah 25%	.01960	.007456	.182	-.00465	.04385	
Konst Limbah 75%		Konst Limbah 50%	-.02180	.007456	.099	-.04605	.00245	
		Konst Limbah 100%	-.04220*	.007456	.000	-.06645	-.01795	
		Konst Limbah 0%	.06740*	.007456	.000	.04315	.09165	
Konst Limbah 100%		Konst Limbah 25%	.04140*	.007456	.000	.01715	.06565	
		Konst Limbah 50%	.02180	.007456	.099	-.00245	.04605	
		Konst Limbah 75%	-.02040	.007456	.147	-.04465	.00385	
Konst Limbah 0%		Konst Limbah 25%	.08780*	.007456	.000	.06355	.11205	
		Konst Limbah 50%	.06180*	.007456	.000	.03755	.08605	
		Konst Limbah 75%	.04220*	.007456	.000	.01795	.06645	
		Konst Limbah 100%	.02040	.007456	.147	-.00385	.04465	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi Cr

Konsentrasi Limbah	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a, b} Konst Limbah 0%	5	-.00760			
Konst Limbah 25%	5		.01840		
Konst Limbah 50%	5		.03800	.03800	
Konst Limbah 75%	5			.05980	.05980
Konst Limbah 100%	5				.08020
Sig.		1.000	.112	.085	.092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.
- b. Alpha = .05.

UJI ANOVA UNTUK Cr TANPA MENGGUNAKAN TANAMAN

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Waktu	1	Hari ke 0	5
	2	Hari ke 3	5
	3	Hari ke 6	5
	4	Hari ke 9	5
	5	Hari ke 12	5
Konsentrasi Limbah	1	Konst Limbah 0%	5
	2	Konst Limbah 25%	5
	3	Konst Limbah 50%	5
	4	Konst Limbah 75%	5
	5	Konst Limbah 100%	5

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Deviation	N
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	.00800	.	1
	Konst Limbah 25%	.03600	.	1
	Konst Limbah 50%	.07300	.	1
	Konst Limbah 75%	.10600	.	1
	Konst Limbah 100%	.14000	.	1
	Total	.07260	.052847	5
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	.00500	.	1
	Konst Limbah 25%	.02400	.	1
	Konst Limbah 50%	.04900	.	1
	Konst Limbah 75%	.07200	.	1
	Konst Limbah 100%	.09600	.	1
	Total	.04920	.036396	5
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	.00300	.	1
	Konst Limbah 25%	.01800	.	1
	Konst Limbah 50%	.03700	.	1
	Konst Limbah 75%	.05500	.	1
	Konst Limbah 100%	.07400	.	1
	Total	.03740	.028325	5
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	-.02600	.	1
	Konst Limbah 25%	.01400	.	1
	Konst Limbah 50%	.02900	.	1
	Konst Limbah 75%	.04400	.	1
	Konst Limbah 100%	.06000	.	1
	Total	.02420	.032866	5
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	-.03400	.	1
	Konst Limbah 25%	.01200	.	1
	Konst Limbah 50%	.02500	.	1
	Konst Limbah 75%	.03800	.	1
	Konst Limbah 100%	.05200	.	1
	Total	.01860	.032951	5
Total	Konst Limbah 0%	-.00880	.019639	5
	Konst Limbah 25%	.02080	.009654	5
	Konst Limbah 50%	.04260	.019308	5
	Konst Limbah 75%	.06300	.027295	5
	Konst Limbah 100%	.08440	.035282	5
	Total	.04040	.039606	25

Levene's Test of Equality of Error Variances

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

F	df1	df2	Sig.
.	24	0	.

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+WAKTU+LIMBAH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.036 ^a	8	.004	34.530	.000
Intercept	.041	1	.041	316.740	.000
WAKTU	.009	4	.002	18.057	.000
LIMBAH	.026	4	.007	51.003	.000
Error	.002	16	.000		
Total	.078	25			
Corrected Total	.038	24			

a. R Squared = .945 (Adjusted R Squared = .918)

Estimated Marginal Means

1. Waktu

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	.073	.005	.062	.083
Hari ke 3	.049	.005	.038	.060
Hari ke 6	.037	.005	.027	.048
Hari ke 9	.024	.005	.013	.035
Hari ke 12	.019	.005	.008	.029

2. Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Konst Limbah 0%	-.009	.005	-.020	.002
Konst Limbah 25%	.021	.005	.010	.032
Konst Limbah 50%	.043	.005	.032	.053
Konst Limbah 75%	.063	.005	.052	.074
Konst Limbah 100%	.084	.005	.074	.095

3. Waktu * Konsentrasi Limbah

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

Waktu	Konsentrasi Limbah	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Hari ke 0	Konst Limbah 0%	.023	.007	.009	.038
	Konst Limbah 25%	.053	.007	.039	.067
	Konst Limbah 50%	.075	.007	.060	.089
	Konst Limbah 75%	.095	.007	.081	.110
	Konst Limbah 100%	.117	.007	.102	.131
Hari ke 3	Konst Limbah 0%	-1.39E-17	.007	-.014	.014
	Konst Limbah 25%	.030	.007	.015	.044
	Konst Limbah 50%	.051	.007	.037	.066
	Konst Limbah 75%	.072	.007	.057	.086
	Konst Limbah 100%	.093	.007	.079	.108
Hari ke 6	Konst Limbah 0%	-.012	.007	-.026	.003
	Konst Limbah 25%	.018	.007	.003	.032
	Konst Limbah 50%	.040	.007	.025	.054
	Konst Limbah 75%	.060	.007	.046	.074
	Konst Limbah 100%	.081	.007	.067	.096
Hari ke 9	Konst Limbah 0%	-.025	.007	-.039	-.011
	Konst Limbah 25%	.005	.007	-.010	.019
	Konst Limbah 50%	.026	.007	.012	.041
	Konst Limbah 75%	.047	.007	.032	.061
	Konst Limbah 100%	.068	.007	.054	.083
Hari ke 12	Konst Limbah 0%	-.031	.007	-.045	-.016
	Konst Limbah 25%	-.001	.007	-.015	.013
	Konst Limbah 50%	.021	.007	.006	.035
	Konst Limbah 75%	.041	.007	.027	.056
	Konst Limbah 100%	.063	.007	.048	.077

Post Hoc Tests

Waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

	(I) Waktu	(J) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Hari ke 0	Hari ke 3	.02340*	.007178	.034	.00141	.04539
		Hari ke 6	.03520*	.007178	.001	.01321	.05719
		Hari ke 9	.04840*	.007178	.000	.02641	.07039
		Hari ke 12	.05400*	.007178	.000	.03201	.07599
	Hari ke 3	Hari ke 0	-.02340*	.007178	.034	-.04539	-.00141
		Hari ke 6	.01180	.007178	.493	-.01019	.03379
		Hari ke 9	.02500*	.007178	.022	.00301	.04699
		Hari ke 12	.03060*	.007178	.005	.00861	.05259
	Hari ke 6	Hari ke 0	-.03520*	.007178	.001	-.05719	-.01321
		Hari ke 3	-.01180	.007178	.493	-.03379	.01019
		Hari ke 9	.01320	.007178	.387	-.00879	.03519
		Hari ke 12	.01880	.007178	.114	-.00319	.04079
	Hari ke 9	Hari ke 0	-.04840*	.007178	.000	-.07039	-.02641
		Hari ke 3	-.02500*	.007178	.022	-.04699	-.00301
		Hari ke 6	-.01320	.007178	.387	-.03519	.00879
		Hari ke 12	.00560	.007178	.933	-.01639	.02759
Hari ke 12	Hari ke 0	-.05400*	.007178	.000	-.07599	-.03201	
	Hari ke 3	-.03060*	.007178	.005	-.05259	-.00861	
	Hari ke 6	-.01880	.007178	.114	-.04079	.00319	
	Hari ke 9	-.00560	.007178	.933	.02759	.01639	
Bonferroni	Hari ke 0	Hari ke 3	.02340*	.007178	.049	.00006	.04674
		Hari ke 6	.03520*	.007178	.002	.01186	.05854
		Hari ke 9	.04840*	.007178	.000	.02506	.07174
		Hari ke 12	.05400*	.007178	.000	.03066	.07734
	Hari ke 3	Hari ke 0	-.02340*	.007178	.049	-.04674	-.00006
		Hari ke 6	.01180	.007178	1.000	-.01154	.03514
		Hari ke 9	.02500*	.007178	.031	.00166	.04834
		Hari ke 12	.03060*	.007178	.006	.00726	.05394
	Hari ke 6	Hari ke 0	-.03520*	.007178	.002	-.05854	-.01186
		Hari ke 3	-.01180	.007178	1.000	-.03514	.01154
		Hari ke 9	.01320	.007178	.846	-.01014	.03654
		Hari ke 12	.01880	.007178	.186	-.00454	.04214
	Hari ke 9	Hari ke 0	-.04840*	.007178	.000	-.07174	-.02506
		Hari ke 3	-.02500*	.007178	.031	-.04834	-.00166
		Hari ke 6	-.01320	.007178	.846	-.03654	.01014
		Hari ke 12	.00560	.007178	1.000	-.01774	.02894
Hari ke 12	Hari ke 0	-.05400*	.007178	.000	-.07734	-.03066	
	Hari ke 3	-.03060*	.007178	.006	-.05394	-.00726	
	Hari ke 6	-.01880	.007178	.186	-.04214	.00454	
	Hari ke 9	-.00560	.007178	1.000	-.02894	.01774	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi Cr

Waktu	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD ^{a, c} Hari ke 12	5	.01860		
Hari ke 9	5	.02420		
Hari ke 6	5	.03740	.03740	
Hari ke 3	5		.04920	
Hari ke 0	5			.07260
Sig.		.114	.493	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

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

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

Konsentrasi Limbah

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi Cr

	(I) Konsentrasi Limbah	(J) Konsentrasi Limbah	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-.02960*	.007178	.006	-.05159	-.00761	
		Konst Limbah 50%	-.05140*	.007178	.000	-.07339	-.02941	
		Konst Limbah 75%	-.07180*	.007178	.000	-.09379	-.04981	
		Konst Limbah 100%	-.09320*	.007178	.000	-.11519	-.07121	
	Konst Limbah 25%	Konst Limbah 0%	.02960*	.007178	.006	.00761	.05159	
		Konst Limbah 50%	-.02180	.007178	.053	-.04379	.00019	
		Konst Limbah 75%	-.04220*	.007178	.000	-.06419	-.02021	
	Konst Limbah 50%	Konst Limbah 0%	.05140*	.007178	.000	.02941	.07339	
		Konst Limbah 25%	.02180	.007178	.053	-.00019	.04379	
		Konst Limbah 75%	-.02040	.007178	.076	-.04239	.00159	
	Konst Limbah 75%	Konst Limbah 0%	.07180*	.007178	.000	.04981	.09379	
		Konst Limbah 25%	.04220*	.007178	.000	.02021	.06419	
		Konst Limbah 50%	.02040	.007178	.076	-.00159	.04239	
	Konst Limbah 100%	Konst Limbah 0%	-.02140	.007178	.058	-.04339	.00059	
		Konst Limbah 25%	.09320*	.007178	.000	.07121	.11519	
		Konst Limbah 50%	.06360*	.007178	.000	.04161	.08559	
	Bonferroni	Konst Limbah 0%	Konst Limbah 25%	-.02960*	.007178	.008	-.05294	-.00626
			Konst Limbah 50%	-.05140*	.007178	.000	-.07474	-.02806
			Konst Limbah 75%	-.07180*	.007178	.000	-.09514	-.04846
			Konst Limbah 100%	-.09320*	.007178	.000	-.11654	-.06986
Konst Limbah 25%		Konst Limbah 0%	.02960*	.007178	.008	.00626	.05294	
		Konst Limbah 50%	-.02180	.007178	.079	-.04514	.00154	
		Konst Limbah 75%	-.04220*	.007178	.000	-.06554	-.01886	
Konst Limbah 50%		Konst Limbah 0%	.05140*	.007178	.000	.02806	.07474	
		Konst Limbah 25%	.02180	.007178	.079	-.00154	.04514	
		Konst Limbah 75%	-.02040	.007178	.118	-.04374	.00294	
Konst Limbah 75%		Konst Limbah 0%	-.04180*	.007178	.000	-.06514	-.01846	
		Konst Limbah 25%	.07180*	.007178	.000	.04846	.09514	
		Konst Limbah 50%	.04220*	.007178	.000	.01886	.06554	
Konst Limbah 100%		Konst Limbah 0%	.02040	.007178	.118	-.00294	.04374	
		Konst Limbah 25%	-.02140	.007178	.088	-.04474	.00194	
		Konst Limbah 50%	.09320*	.007178	.000	.06986	.11654	
Konst Limbah 75%		Konst Limbah 0%	.06360*	.007178	.000	.04026	.08694	
		Konst Limbah 25%	.04180*	.007178	.000	.01846	.06514	
		Konst Limbah 50%	.02140	.007178	.088	-.00194	.04474	
		Konst Limbah 75%	.02140	.007178	.088	-.00194	.04474	

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

Konsentrasi Cr

Konsentrasi Limbah	N	Subset			
		1	2	3	4
Tukey HSD ^{a, b} Konst Limbah 0%	5	-.00880			
Konst Limbah 25%	5		.02080		
Konst Limbah 50%	5		.04260	.04260	
Konst Limbah 75%	5			.06300	.06300
Konst Limbah 100%	5				.08440
Sig.		1.000	.053	.076	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type II Sum of Squares

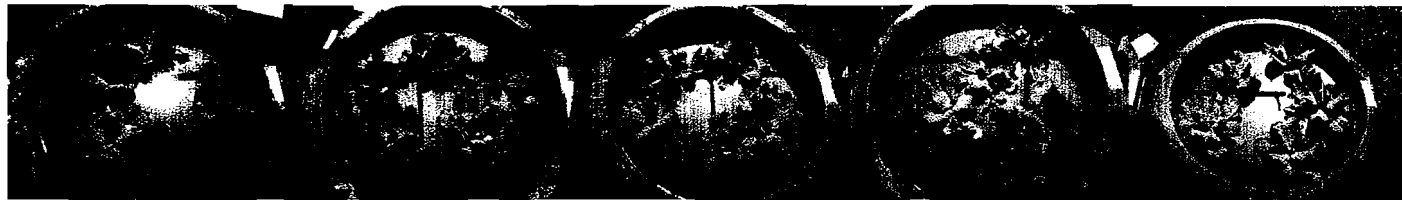
The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

FOTO REAKTOR PADA HARI KE 0

Reaktor dengan menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

Reaktor tanpa menggunakan tanaman



0%

25%

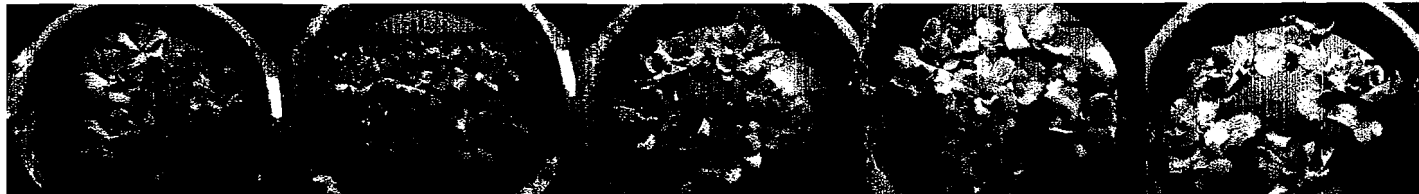
50%

75%

100%

FOTO REAKTOR PADA HARI KE 3

Reaktor dengan menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

Reaktor tanpa menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

FOTO REAKTOR PADA HARI KE 6

Reaktor dengan menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

Reaktor tanpa menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

FOTO REAKTOR PADA HARI KE 9

Reaktor dengan menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

Reaktor tanpa menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

FOTO REAKTOR PADA HARI KE 12

Reaktor dengan menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%

Reaktor tanpa menggunakan tanaman



0%

25%

50%

75%

100%