

SKRIPSI

**UJI KEMAMPUAN
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
DALAM MENURUNKAN Cr TOTAL DAN WARNA
LIMBAH TEKSTIL**

Oleh :

**AJENG WIDYANINGTYAS
01.26.035**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**

SECRET

MEMORANDUM FOR

THE SECRETARY OF DEFENSE
ATTENTION: THE SECRETARY OF DEFENSE
ATTENTION: THE SECRETARY OF DEFENSE

DATE:

TOP SECRET

SECRET

MEMORANDUM FOR THE SECRETARY OF DEFENSE
ATTENTION: THE SECRETARY OF DEFENSE
ATTENTION: THE SECRETARY OF DEFENSE
ATTENTION: THE SECRETARY OF DEFENSE

SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

UJI KEMAMPUAN

**ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
DALAM MENURUNKAN Cr TOTAL DAN WARNA
LIMBAH TEKSTIL**

OLEH:

AJENG WIDYANINGTYAS

01.26.035

Menyetujui:

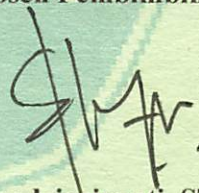
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 1039900327

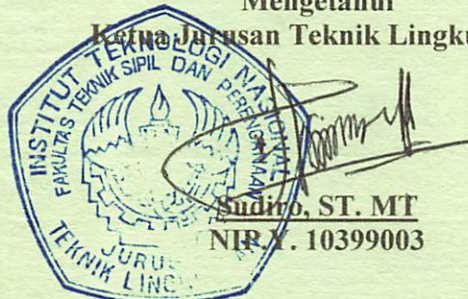
Dosen Pembimbing II



Evy Hendriariyanti, ST. MMT
NIP.P. 1030300382

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 10399003

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

UJI KEMAMPUAN

**ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
DALAM MENURUNKAN Cr TOTAL DAN WARNA
LIMBAH TEKSTIL**

OLEH:

AJENG WIDYANINGTYAS

01.26.035

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 22 Maret 2007.

Menyetujui

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi



Ketua

Ir. Agustina Nuzul Hidayati, MTP
NIP.Y. 103900214

Sekretaris

Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 1039900327

Dosen Penguji I

Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi
NIP. Y. 131965844

Dosen Penguji II

Candra Dwiratna, ST. MT.
NIP. Y.1030000349

Widyaningtyas Ajeng., Sudiro., Hendriariyanti, E., 2007. *Uji Kemampuan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Dalam Menurunkan Cr Total Dan Warna Limbah Tekstil*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Semakin berkembangnya industri dewasa ini menyebabkan timbulnya masalah lingkungan. Limbah industri tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berbahaya bagi makhluk hidup. Salah satunya adalah limbah cair industri tekstil yang mengandung Cr Total dan warna. Cr Total merupakan salah satu jenis logam berat yang termasuk kategori limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) karena dapat membahayakan makhluk hidup dan mencemari lingkungan. Untuk mengurangi efek toksiknya diperlukan pengolahan, dan yang umum dilakukan adalah pengolahan secara biologis dengan menggunakan tumbuhan air (eceng gondok).

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar Cr Total dan warna pada limbah cair industri tekstil dengan memanfaatkan eceng gondok sebagai tanaman uji.

Penelitian ini menggunakan reaktor kontinyu. Dimana pada penelitian ini, meliputi variasi waktu detensi dan jumlah tanaman eceng gondok. Variasi waktu detensi yang dipilih, yaitu 60 jam, 120 jam dan 180 jam. Variasi jumlah tanaman eceng gondok yang dipilih, yaitu 4 buah dan 6 buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Cr Total tertinggi sebesar 64,29 %, yaitu pada reaktor dengan variasi waktu detensi 180 jam dan jumlah tanaman 6 buah. Sedangkan persentase penurunan kandungan warna tertinggi sebesar 63,13 %, yaitu pada reaktor dengan variasi waktu detensi 180 jam dan jumlah tanaman 6 buah.

Kata kunci : eceng gondok, penurunan Cr Total dan warna, limbah cair industri tekstil.

ABSTRAKSI

Semakin berkembangnya industri dewasa ini menyebabkan timbulnya masalah lingkungan. Limbah industri dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berbahaya bagi makhluk hidup. Salah satunya adalah limbah cair industri tekstil yang mengandung Cr Total dan warna. Cr Total merupakan salah satu jenis logam berat yang termasuk kategori limbah berbahaya (B3) karena dapat membahayakan makhluk hidup dan merusak lingkungan. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang kemampuan eceng gondok dalam menurunkan Cr Total dan warna limbah tekstil, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan metode percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan eceng gondok dalam menurunkan Cr Total dan warna limbah tekstil. Penelitian ini menggunakan metode percobaan dengan menggunakan eceng gondok sebagai media penyerap limbah tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok mampu menurunkan Cr Total dan warna limbah tekstil. Semakin lama eceng gondok digunakan, maka semakin banyak Cr Total dan warna yang diserap. Penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai kemampuan eceng gondok dalam menurunkan Cr Total dan warna limbah tekstil.

Kata kunci: eceng gondok, limbah tekstil, Cr Total, warna, kemampuan menyerap.

Widyaningtyas Ajeng., Sudiro., Hendriariyanti, E., 2007. *Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Capability Test to Reduce Total Cr and Colors of Textile Waste*. Thesis. Environmental Engineering Specialty, Malang National Technology Institute.

ABSTRACT

Industrial development recently came to prominent leads to the occurrence of environmental problem. Industrial waste results in environmental pollution and dangerous substance for life being. One of the kinds refers to textile industrial liquid waste containing Total Cr and Colors. Total Cr remains as one of heavy metals classified into Poisonous Dangerous Substance (B3) contained waste because it dangers to life being and its environment due to its pollution. Reducing its toxic effect needs further processing. The common method considers biological processing through the use of a kind of water plant (Eceng Gondok).

Research aims at reducing the rate of Cr Total and Colors in textile industrial liquid waste using Eceng Gondok plant as testing plant.

Continuous reactor comes into consideration. This research includes time variation of detention and the number of Eceng Gondok plant. Time variation of detention selected entails 60 hours, 120 hours, and 180 hours. Number of Eceng Gondok plant variation concerned reaches about 4 and 6 plants. Results of research indicate that the highest reduction of Total Cr concentration percentage accounts to 64.29 %, occurred at the reactor with 180 hours detention time variation and 6 plants. The highest reduction of Colors content percentage counts for 63.13 %, developed at the reactor with 180 hours detention time variation and 6 plants.

Keywords: Eceng Gondok, Cr Total and Colors reduction, textile industrial liquid waste.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan anugerah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul ***“Uji Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Cr Total Dan Warna Limbah Tekstil”*** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, sekaligus selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Ibu Anis Artiyani, ST., selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Ibu Candra Dwi Ratna, ST. MT., selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan sepejuangan Angkatan '01 yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Uji Kemampuan Berpikir Kritis (Critical Thinking Ability) Dalam Menentukan Total Dan Warna Lintah Tekstil" ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian analisis data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan TTN Malang, sekaligus selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.

2. Ibu Evy Hendriani, ST, MMT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.

3. Ibu Anis Ariyani, ST, selaku sekretaris jurusan Teknik Lingkungan TTN Malang.

4. Ibu Ganda Dewi Ratna, ST, MT, selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan TTN Malang yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan TTN Malang.

5. Ibu dosen pembimbing dan staf jurusan Teknik Lingkungan TTN Malang.

6. Teman-teman Teknik Lingkungan, khususnya di kelas Teknik Lingkungan TTN Malang yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Orang tua yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Tekstil	4
2.1.1. Proses Produksi	4
2.1.2. Air Limbah Tekstil.....	5
2.1.2.1. Parameter Kimia.....	6
2.1.2.2. Parameter Fisika.....	9
2.1.3. Pencelupan Dan Penyempurnaan.....	11
2.1.3.1. Teknologi Pencelupan.....	11
2.1.3.2. Pencelupan Dengan Zat Warna Reaktif.....	17
2.1.3.3. Karakteristik Limbah Industri Penyempurnaan ...	17
2.2. Logam Berat.....	18
2.2.1. Gambaran Umum Logam Berat	18
2.2.2. Logam Berat Kromium	19
2.3. Tumbuhan Eceng Gondok.....	22
2.3.1. Sistematika Dalam Taksonomi	23
2.3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok	23

2.4. Removal Logam Berat Dengan Tumbuhan Air	24
2.4.1. Kemampuan Tumbuhan Air Untuk Removal Logam Berat .	24
2.4.2. Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Air.....	25
2.5 Teknologi Pengolahan Logam Berat Dengan Memanfaatkan Tumbuhan Air.....	26
2.6. Metode Pengolahan Data	32
2.6.1. Statistik Deskriptif	32
2.6.2. Statistik Inferensi	34
2.6.2.1. Analisa Korelasi	34
2.6.2.2. Analisa Regresi	36
2.6.2.3. Analisa Varian.....	37
2.6.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data	37

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Variabel Penelitian	38
3.1.1. Variabel Terikat	38
3.1.2. Variabel Bebas	38
3.2. Alat-Alat Dan Bahan.....	38
3.2.1. Alat-Alat.....	38
3.2.2. Bahan.....	38
3.3. Penelitian Pendahuluan	39
3.3.1. Analisa Awal Media Tanam.....	39
3.3.2. Aklimatisasi.....	40
3.4. Pelaksanaan Penelitian	40
3.4.1. Penelitian Dengan Variasi Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman Eceng Gondok.....	40
3.4.2. Ekstraksi Tanaman	41
3.5. Analisa Data Statistik.....	42

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil	44
4.2. Tahap Aklimatisasi.....	44

4.3. Analisa Penurunan Konsentrasi Cr Total.....	45
4.3.1. Analisa Deskriptif	45
4.3.2. Analisa ANOVA	48
4.3.2.1. Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Cr Total.....	48
4.3.2.2. Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Cr Total.....	49
4.3.3. Analisa Korelasi	50
4.3.4. Analisa Regresi	51
4.4. Analisa Penurunan Kandungan Warna	54
4.4.1. Analisa Deskriptif	54
4.4.2. Analisa ANOVA	57
4.4.2.1. Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Warna.....	57
4.4.2.2. Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Warna.....	58
4.4.3. Analisa Korelasi	59
4.4.4. Analisa Regresi	60
4.5. Pembahasan.....	63
4.5.1. Penurunan Konsentrasi Cr Total	63
4.5.2. Penurunan Kandungan Warna.....	65

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	35
Tabel 4.1. Hasil Analisa Awal Air Limbah Industri Tekstil	44
Tabel 4.2 Hasil Analisa Air Limbah Industri Tekstil Setelah Aklimatisasi.....	44
Tabel 4.3 Konsentrasi Cr Total Setelah Perlakuan	45
Tabel 4.4 Persentase Penurunan Konsentrasi Cr Total	46
Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Cr Total	48
Tabel 4.6 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Cr Total	49
Tabel 4.7. Korelasi Antara Persentase Penurunan Kandungan Cr Total, Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman	50
Tabel 4.8 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Kandungan Cr Total	51
Tabel 4.9 Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Cr Total	51
Tabel 4.10 Konsentrasi Warna Setelah Perlakuan	54
Tabel 4.11 Persentase Penurunan Kandungan Warna.....	55
Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Warna	57
Tabel 4.13 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Warna	58
Tabel 4.14. Korelasi Antara Persentase Penurunan Kandungan Warna, Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman	59

Tabel 4.15 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Kandungan
Warna 60

Tabel 4.16 Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi Persentase Penurunan Warna . 60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Proses Produksi Tekstil	4
Gambar 2.2. Proses fitoekstraksi.....	28
Gambar 2.3. Proses rizofiltrasi.....	28
Gambar 2.4. Proses fitostabilisasi	29
Gambar 2.5. Proses rizodegradasi	30
Gambar 2.6. Proses fitodegradasi.....	31
Gambar 2.7. Proses fitovolatilisasi.....	31
Gambar 2.8. Diagram Kontrol Shewhart	33
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 4.1. Konsentrasi Cr Total Setelah Perlakuan.....	46
Gambar 4.2. Grafik Penurunan Kandungan Cr Total	47
Gambar 4.3. Kandungan Warna Setelah Perlakuan	55
Gambar 4.4. Grafik Penurunan Kandungan Warna	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta aplikasinya, maka aktivitas manusia dalam memperbaiki taraf hidupnya semakin meningkat pula. Hal tersebut dapat memberikan dampak terhadap lingkungan, karena menyebabkan kualitas lingkungan berubah secara dinamis yang diakibatkan oleh adanya peningkatan kuantitas buangan hasil aktivitas manusia. Sebagian dari buangan hasil aktivitas manusia mengandung logam berat yang apabila tidak tertangani secara tepat dapat membahayakan makhluk hidup dan mencemari lingkungan.

Air buangan industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemar yang dapat merusak kualitas lingkungan. Parameter utama yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran oleh air buangan industri tekstil adalah TSS, BOD, COD, pH, Krom total, Fenol total, warna, minyak, lemak dan kekeruhan. Warna dan krom merupakan parameter penting dalam limbah industri tekstil. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan sampai memenuhi standard kualitas air buangan yang berlaku.

Dalam klasifikasi limbah B3, logam berat termasuk kategori beracun (toksik). Limbah beracun adalah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan, yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut (Trihadiningrum, 2000). Salah satu jenis logam berat yang dihasilkan dalam jumlah besar dan belum tertangani secara maksimal adalah logam berat kromium (Cr). Krom sangat toksik dalam bentuk Cr(VI) dari pada Cr(III) dan terakumulasinya krom dalam tubuh dapat merusak organ-organ tubuh seperti hati, ginjal dan dapat menghambat kerja enzim serta bersifat karsinogenik (Palar, Haryando, 1994).

Cara yang umum dipakai untuk mengolah air buangan industri tekstil adalah dengan penambahan zat kimia, flokulasi, elektro koagulasi, yang pada

umumnya membutuhkan biaya operasi dan pemeliharaan yang cukup mahal. Pengolahan air limbah secara biologis dengan menggunakan tumbuhan air merupakan salah satu alternatif yang dapat dipakai sebagai usaha pemulihan kualitas lingkungan yang telah tercemar, dengan biayanya yang cukup murah dan efisien dalam penerapan dan pengoperasiannya. Tumbuhan air yang digunakan adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan absorpsi yang tinggi dan toleran terhadap kontaminan tertentu yang konsentrasinya tinggi serta toleran terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Jenis tanaman yang banyak ditemukan dalam kolam air limbah di negara berkembang ialah eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan manfaat eceng gondok misalnya (Gopal dan Shirma, 2002, dalam Suwariyanti, 2002) menyatakan bahwa eceng gondok dapat menyerap dan mengumpulkan logam berat Cd, Hg dan Ni dalam jumlah besar. Selanjutnya Nugraheni (2001) telah meneliti kemampuan eceng gondok dalam menurunkan salinitas dan kesadahan sumber baku air minum bersifat payau. Kemudian Dian Amalia (2005) telah meneliti kemampuan eceng gondok dalam menurunkan Cr^{6+} pada air limbah sintesis.

Dari hasil beberapa penelitian tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk menurunkan konsentrasi Cr Total pada air limbah industri tekstil dengan menggunakan eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar kemampuan eceng gondok dalam mengurangi kandungan Cr Total dan warna pada air limbah tekstil ?
2. Seberapa banyak jumlah tanaman eceng gondok yang optimum untuk menurunkan konsentrasi Cr Total dan warna pada air limbah tekstil ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemampuan eceng gondok dalam mengurangi kandungan Cr Total dan warna pada air limbah tekstil.
2. Menentukan jumlah eceng gondok yang optimum untuk menurunkan konsentrasi Cr Total dan warna pada air limbah tekstil.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*).
3. Dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan konsentrasi awal Cr.
4. Pengadaptasian eceng gondok.
5. Sampel yang digunakan adalah sampel yang berasal dari air limbah industri tekstil.
6. Parameter utama yang diteliti adalah :
 - Penurunan kandungan logam berat Cr Total.
 - Penurunan kandungan warna.
 - pH media tanam.
 - Temperatur media tanam.
 - Kandungan Cr Total dalam tumbuhan uji (eceng gondok).
7. Variasi yang dilakukan adalah :
 - Variasi jumlah tanaman eceng gondok.
 - Variasi waktu detensi.

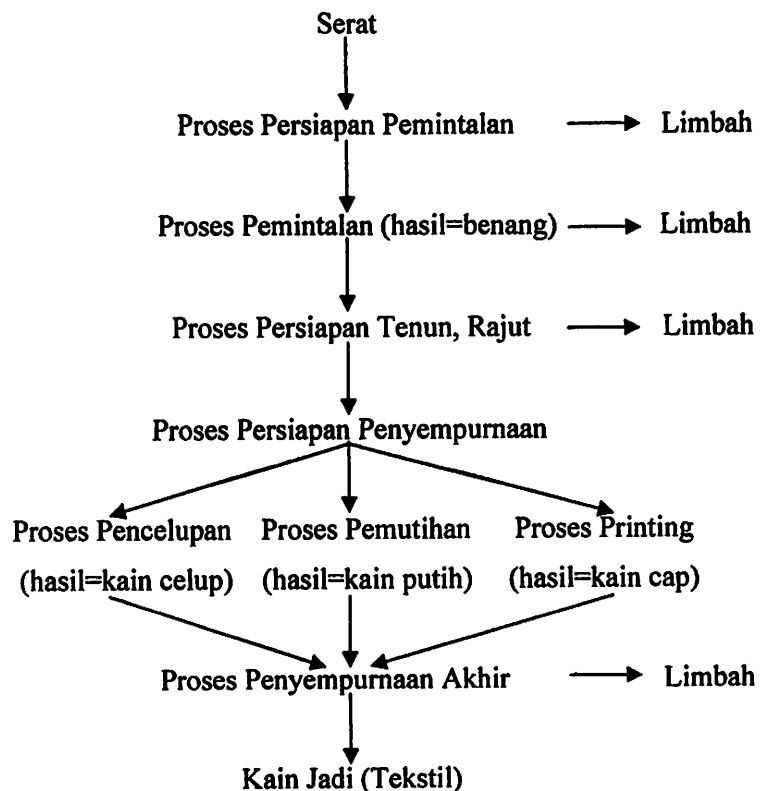
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tekstil

2.1.1 Proses Produksi

Industri tekstil diawali dari industri benang (pemintalan), industri pembuatan kain (pertenunan dan perajutan), industri penyempurnaan (finishing), hingga industri pakaian jadi (garment). Industri pembuatan serat lebih banyak merupakan suatu industri kimia organik yang masalahnya lebih banyak merupakan masalah dari suatu industri kimia organik. Secara skematis proses produksi tekstil tanpa proses garmen dimulai dari bahan baku serat hingga kain jadi. Proses persiapan yaitu persiapan pemintalan, persiapan pertenunan, perajutan dan persiapan penyempurnaan ditujukan untuk memperlancar jalannya proses produksi (Gambar 2.1). Dari masing-masing proses diatas akan ditampilkan seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Skema Proses Produksi Tekstil (Evaluasi Tekstil, ITT Bandung 1975)

2.1.2 Air Limbah Tekstil

Air limbah tekstil adalah air buangan yang berupa limbah cair hasil pencelupan dan penyempurnaan dari proses industri tekstil yang kaya akan bahan organik yang mempunyai potensi pencemaran yang cukup tinggi. Potensi pencemaran air limbah dari industri penyempurnaan tekstil sangat bervariasi tergantung dari proses yang dilakukan, kapasitas produksi, mesin yang digunakan dalam mengolah bahan bakunya dan kondisi lingkungan tempat pembuangan limbahnya, sehingga akibat pencemarannya pun berbeda-beda.

Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan industri tekstil karena memberikan dampak yang paling luas, disebabkan oleh karakteristik fisik maupun karakteristik kimianya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah cair terutama dihasilkan dari proses penyempurnaan tekstil. Limbah cair akan mengandung bahan-bahan yang dilepas dari serat, sisa bahan kimia yang ditambahkan pada proses penyempurnaan tersebut, serta serat yang terlepas dengan cara kimia atau mekanik selama proses produksi berlangsung. Parameter-parameter setiap jenis limbah tekstil adalah :

1. Parameter Kimia
 - a. BOD
 - b. COD
 - c. pH
 - d. Senyawa Anorganik
 - e. Senyawa Organik
2. Parameter Fisika
 - a. Padatan Total
 - b. Warna
 - c. Bau
 - d. Suhu
 - e. SS

Dari beberapa hal yang ditimbulkan tersebut diatas akan menyebabkan bau yang kurang sedap, sebagai akibat dari peruraian bahan-bahan organik secara alami.

2.1.2 Air Limbah Tekstil

Air limbah tekstil adalah air buangan yang berupa limbah cair hasil pencelupan dan penyempurnaan dari proses industri tekstil yang kaya akan bahan organik yang mempunyai potensi pencemaran yang cukup tinggi. Potensi pencemaran air limbah dari industri penyempurnaan tekstil sangat bervariasi tergantung dari proses yang dilakukan, kapasitas produksi mesin yang digunakan dalam mengolah bahan bakunya dan kondisi lingkungan tempat pembuangan limbahnya, sehingga akibat pencemarannya pun berbeda-beda.

Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengolahan dampak lingkungan industri tekstil karena memberikan dampak yang paling luas, disebabkan oleh karakteristik fisik maupun karakteristik kimianya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah cair terutama dihasilkan dari proses penyempurnaan tekstil. Limbah cair akan mengandung bahan-bahan yang dipecah dari serat sisa bahan kimia yang ditambahkan pada proses penyempurnaan tersebut serta serat yang terlepas dalam air kimia saat mekanik selama proses produksi berlangsung. Parameter-parameter setiap jenis

limbah tekstil adalah :

1. Parameter Kimia
 - a. BOD
 - b. COD
 - c. pH
- d. *Sebagai* Anorganik
- e. *Sebagai* Organik
2. Parameter Fisika
 - a. Padatan Total
 - b. Warna
 - c. Bau
 - d. Suhu
 - e. SS

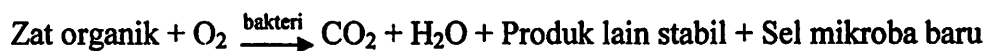
Dari beberapa hal yang ditimbulkan tersebut diatas akan menyebabkan bau yang kurang sedap, sebagai akibat dari pematiran bahan-bahan organik secara alam.

Industri tekstil pada umumnya banyak menggunakan air untuk proses maupun untuk pencucian bahan baku dan pewarnaan. Disamping limbah cair, juga dihasilkan limbah padat yang berasal dari serat, benang atau potongan kain.

2.1.2.1 Parameter Kimia

1. BOD (Biological Oxygen Demand)

Adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik secara biologi. Pada dasarnya kebutuhan oksigen sejalan dengan jumlah bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme (Rao,1992). Dijelaskan oleh Mahida (1981), BOD adalah jumlah oksigen dalam ppm atau mg/l yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menyeimbangkan zat-zat organik yang dapat dibusukkan di bawah keadaan aerobik. Bila air limbah yang mengandung zat organik masuk ke dalam suatu badan air (selokan, sungai, dll) maka mikroba khususnya bakteri yang ada akan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Dalam melakukan proses pemecahan zat organik, mikroba membutuhkan oksigen menurut persamaan reaksi sebagai berikut :



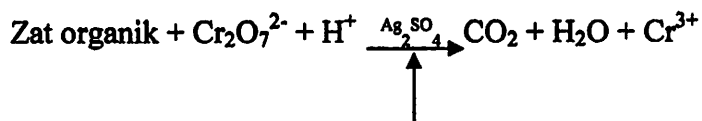
Pengujian BOD merupakan uji biasa dengan cara melakukan pengukuran banyaknya oksigen yang dipakai oleh mikroba pada kondisi yang persis sama dengan proses yang terjadi secara alamiah. Oleh karena itu zat-zat yang bersifat toksik tidak boleh ada dan zat nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba seperti Nitrogen (N), Fosfor (P) dan beberapa mineral (Fe, Ca) harus tersedia. Hal penting lainnya adalah tersedianya mikroba dalam jumlah yang cukup. Reaksi biologis pada pengujian BOD ditetapkan berlangsung pada temperatur 20°C selama 5 hari sehingga muncul istilah BOD₅. Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil 5 hari, sehingga sering ditulis dengan simbol BOD₅. Untuk menentukan besarnya BOD biasanya menggunakan ppm (part per million), artinya kebutuhan oksigen dalam miligram yang dipergunakan untuk menguraikan zat pencemar yang terkandung dalam 1 kg atau dalam 1 liter air

limbah (G. Alaerts, Sri Sumestri Santika, Metoda Penelitian Air, Surabaya, 1984).

2. COD (Chemical Oxygen Demand)

Adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987). Beberapa jenis zat organik dalam air limbah sukar diuraikan secara oksidasi menggunakan bantuan mikroorganisme. Senyawa tersebut tahan terhadap oksidasi secara biologi, tetapi dapat diuraikan dengan menggunakan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam, misalnya menggunakan kalium bikromat atau permanganat. Oleh karena itu COD dapat dipakai sebagai ukuran untuk mengukur derajat pencemaran air yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa yang sukar diuraikan. Nilai COD biasanya dalam satuan ppm, kilogram atau persentase (%). Pengujian kebutuhan oksigen kimia (KOK) atau Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan cara uji yang digunakan secara luas untuk mengukur pencemaran air yang ditimbulkan oleh limbah domestik maupun industri. Cara uji ini digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Sebagian besar zat organik dapat dioksidasi menggunakan oksidator kuat dalam suasana asam. Selama pengujian berlangsung, zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah dirubah menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) oleh dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) dalam suasana asam dan bantuan katalis Ag_2SO_4 .

Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Proses oksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O berlangsung sempurna sehingga nilai COD akan lebih besar dari pada nilai BODnya. Satu keterbatasan pengujian COD adalah ketidakmampuannya membedakan antara zat organik "biodegradable" dengan yang "non biodegradable". Namun keuntungan pengujian COD yaitu membutuhkan waktu yang cukup cepat (± 3 jam) dibandingkan dengan pengujian BOD yang berlangsung selama 5 hari.

Oleh karena itu dalam keadaan tertentu, pengujian COD sering digunakan untuk menggantikan BOD. Data COD dapat diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui. Satuan nilai COD adalah mg O₂/l atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (G. Alaert, Sri Sumestri Santika, 1984)

3. pH (Derajat Keasaman)

Adalah konsentrasi ion hidrogen yaitu kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam. Kondisi air limbah dikatakan bersifat asam apabila konsentrasi ion hidrogen lebih besar dari pada ion hidroksil, biasanya dinyatakan dengan nilai satuan pH 1-7. Air limbah bersifat katalis apabila konsentrasi ion hidroksil lebih besar dari pada ion hidrogennya dan dinyatakan dengan nilai satuan pH 7-14 dan bersifat netral apabila kadar ion hidrogen dan ion hidroksilnya relatif sama dengan nilai pH sekitar 7. Air limbah dari penyempurnaan tekstil karena dalam pengolahannya banyak menggunakan senyawa alkali, misalnya dalam pemasakan, penggelantangan dan pencelupan, maka pada umumnya air buangnya bersifat alkali.

4. Senyawa Anorganik

Zat organik dalam air limbah industri tekstil sangat beraneka ragam dan pada umumnya berupa alkali, asam dan garam-garaman. Zat-zat tersebut memberikan kondisi air limbah bersifat alkali, asam atau netral dengan kadar elektrolit tinggi. Alkali dan asam yang digunakan dalam pengolahan bahan tekstil dapat berupa alkali kuat atau lemah, sedang garam yang banyak digunakan adalah garam natrium klorida, natrium sulfat dan natrium asetat. Kandungan zat-zat anorganik dalam limbah cair antara lain logam-logam berat, nitrat, kesadahan dan lain-lain.

Oleh karena itu dalam keadaan tertentu, pengujian COD sering digunakan untuk menganalisis BOD. Pada COD dapat diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui. Satuan nilai COD adalah mg O₂ atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (G).

Alam, Sri Sunardi Sanika, 1984

3. pH (Derajat Keasaman)

Adalah konsentrasi ion hidrogen yaitu kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis sehingga mengganggu proses perjemihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam. Kondisi air limbah dikatakan bersifat asam apabila konsentrasi ion hidrogen lebih besar dari pada ion hidroksil, biasanya dinyatakan dengan nilai satuan pH 1-7. Air limbah bersifat kakuasi apabila konsentrasi ion hidroksil lebih besar dari pada ion hidrogen dan dinyatakan dengan nilai satuan pH 7-14 dan bersifat netral apabila kadar ion hidrogen dan ion hidroksilnya relatif sama dengan nilai pH sekitar 7. Air limbah yang mempunyai konsentrasi asam dalam perantara yang banyak mengandung senyawa organik, misalnya dalam proses pembusukan, penguraian dan penguapan maka pada umumnya pH-nya akan lebih

4. Parameter Lain

Salah satu faktor air limbah industri terkait dengan pencemaran adalah pada umumnya berupa alkali, asam dan garam-garaman. Alkali tersebut menyebabkan kondisi air limbah bersifat alkali, namun pada kondisi lain dapat bersifat asam. Alkali dan asam yang terkandung di air limbah dapat bersifat korrosif, terutama pada suhu yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat asam-basa air limbah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan korosi yang dapat ditimbulkan oleh air limbah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan korosi yang dapat ditimbulkan oleh air limbah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan korosi yang dapat ditimbulkan oleh air limbah.

5. Senyawa Organik

Senyawa organik pada umumnya terdiri dari gabungan unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan juga mungkin dari unsur nitrogen dan belerang. Senyawa penting yang kerap kali terdapat dalam air limbah industri tekstil berupa senyawa karbohidrat, protein, lemak-minyak, zat aktif permukaan, zat organik aromatik seperti zat warna dan zat pembantu. Senyawa tersebut mempunyai potensi pencemaran yang cukup tinggi. Senyawa organik dalam air limbah terutama yang tersusun dari unsur-unsur utama : karbon, hidrogen, oksigen dan sedikit unsur-unsur nitrogen dan belerang mempunyai potensi untuk menyerap oksigen. Oksigen di dalam air tersebut digunakan untuk menguraikan atau membongkar senyawa organik, dengan demikian kadar oksigen dalam air limbah lama-kelamaan akan berkurang dan air limbah menjadi keruh dan berbau. Senyawa organik yang terkandung dapat diukur dengan nilai permanganat (Zat Organik dengan Titrimetri), BOD (Biological Oxygen Demand), dan COD (Chemical Oxygen Demand).

2.1.2.2 Parameter Fisika

1. Padatan total

Padatan total adalah jumlah zat padat yang tertinggal, apabila air limbah tersebut dipanaskan pada suhu 103°C-105°C. Padatan ini dapat digolongkan menjadi padatan tersuspensi, padatan koloidal dan padatan terlarut.

a. Padatan Tersuspensi (Suspended Solid)

Padatan ini adalah padatan dengan ukuran lebih besar dari 1 mikron. Dapat mengendap sendiri tanpa bantuan zat tambahan koagulan, meskipun dalam waktu yang lama.

b. Padatan Koloidal

Padatan ini merupakan padatan dengan ukuran antara 1 milimikron – 1 mikron, tidak terendapkan sendiri tanpa bantuan zat koagulan. Pengerjaannya dengan proses oksidasi dalam waste water treatment cara biologi atau dengan penambahan zat koagulan, sehingga terjadi gumpalan yang kemudian baru dapat diendapkan. Adanya kekeruhan juga

2. Senyawa Organik

Senyawa organik pada umumnya terdiri dari gabungan unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan juga mungkin dari unsur nitrogen dan belerang. Senyawa penting yang kerap kali terdapat dalam air limbah industri tekstil berupa senyawa karbohidrat, protein, lemak-minyak, zat alkil, permukaan, zat organik aromatik seperti zat warna dan zat pembantu. Senyawa tersebut mempunyai potensi pencemaran yang cukup tinggi. Senyawa organik dalam air limbah terutama yang terasam dari unsur-unsur utama : karbon, hidrogen, oksigen dan sedikit unsur-unsur nitrogen dan belerang mempunyai potensi untuk menyerap oksigen. Oksigen di dalam air tersebut digunakan untuk menguraikan asam membonatkan senyawa organik dengan demikian kadar oksigen dalam air limbah lama-kelamaan akan berkurang dan air limbah menjadi kental dan berbau. Senyawa organik yang terdapat dalam limbah organik nilai pemanasan (Xm) organik dengan persamaan $1000 \text{ (Xm)} = \text{Oxygen Demand (COD) (Chemical Oxygen Demand)}$.

3.1.2.3 Parameter Fisika

1. Padatan total

Padatan total adalah jumlah zat padat yang terendap, apabila air limbah tersebut dipanaskan pada suhu $103^{\circ}\text{C}-105^{\circ}\text{C}$. Padatan ini dapat digolongkan menjadi padatan teresponsif, padatan koloidal dan padatan terlarut.

a. Padatan Teresponsif (Suspended Solid)

Padatan ini adalah padatan dengan ukuran lebih besar dari 1 mikron ($10^6 \mu\text{m}$) yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Padatan teresponsif merupakan sebagian besar dari padatan yang terendap.

b. Padatan Koloidal

Padatan ini merupakan padatan dengan ukuran antara 1 mikron -- 1 mikron , tidak terendapkan sendiri tanpa bantuan zat koagulan. Pengujannya dengan proses oksidasi dalam wadah tertutup dengan biologi dan dengan pemanasan zat koagulan sehingga terjadi pengendapan yang kemudian dapat dibedakan dengan koloidal.

disebabkan karena adanya partikel-partikel koloidal yang mempengaruhi daya tembus sinar yang melewati air.

c. **Padatan Terlarut (Soluble Solid)**

Padatan terlarut merupakan padatan dengan ukuran lebih kecil dari 1 milimikron. Padatan ini dapat terjadi dari senyawa organik atau anorganik yang dalam larutan berupa ion-ion.

2. **Warna**

Warna limbah pabrik tekstil terutama disebabkan dari sisi-sisi zat warna yang tidak terpakai dan kotoran-kotoran dari alam sekitarnya. Warna selain dapat mengurangi nilai estetika lingkungan juga mungkin dapat bersifat racun dan warna ini biasanya sukar dihancurkan. Genangan air berwarna banyak sekali menyerap oksigen dalam air, sehingga dalam waktu yang lama akan membuat air berwarna hitam dan berbau.

3. **Bau**

Bau yang ditimbulkan dari air limbah merupakan tanda adanya pelepasan gas yang berbau, misalnya senyawa Hidrogen Sulfida. Gas ini timbul dari hasil penguraian zat organik yang mengandung belerang atau senyawa sulfat dalam kondisi kekurangan oksigen sehingga terjadi proses anaerob.

4. **Suhu**

Suhu air limbah pada umumnya lebih tinggi dari suhu tempat pembuangannya. Suhu air merupakan parameter penting untuk kehidupan makhluk air dan kegunaan dari air tersebut. Pada suhu yang lebih tinggi, kandungan oksigen dalam air limbah berkurang sehingga memungkinkan timbulnya tanaman-tanaman air yang tidak diinginkan.

5. **SS (Suspended Solid)**

SS merupakan karakteristik penting dalam pengolahan biologis, karena merupakan indikator kekeruhan air limbah. Biasanya BOD dan SS menjadi ukuran pada penggunaan uji BOD dan rata-rata dari oksidasi akan termasuk dalam beberapa penelitian (Edward D.S, 1977: 229). SS terdiri atas padatan terendapkan (seatble solid) yang mempunyai diameter berukuran lebih dari 0,01 mm dan padatan tak terendapkan (non seatble solid) berukuran antara

partikel koloid dan padatan suspensi terendapkan (settle suspended solid) 0,01-0,001 mm (Homer W. Parker, 1987: 25).

2.1.3 Pencelupan Dan Penyempurnaan

Pencelupan dan penyempurnaan bertujuan meningkatkan nilai komersial dari kain. Nilai komersial ini menyangkut warna, pola dan mode serta nilai-nilai guna yang tergantung dari apakah produk akhir akan digunakan untuk pakaian, barang-barang rumah tangga atau penggunaan lainnya. Pencelupan adalah salah satu cara yang meningkatkan nilai penyempurnaan juga memberikan peningkatan nilai dengan menimbulkan bulu-bulu pada kain (*raising*), menghaluskan (*glazing*) dan dalam beberapa hal dengan membuatnya anti kusut, kedap air dan tolak air.

Pencelupan terdiri dari melarutkan atau mendispersikan zat warna dalam air atau medium lain, kemudian memasukkan bahan tekstil ke dalam larutan tersebut sehingga terjadi penyerapan zat warna ke dalam serat. Penyerapan zat warna ke dalam serat merupakan reaksi eksotermik dan reaksi keseimbangan. Beberapa zat pembantu misalnya garam, asam alkali atau lainnya ditambahkan ke dalam larutan celup dan kemudian pencelupan diteruskan hingga diperoleh warna yang dikehendaki.

2.1.3.1 Teknologi Pencelupan

Tahap-tahap proses pencelupan :

1. Difusi zat warna dalam larutan
2. Adsorpsi
3. Penetrasi atau difusi zat warna dari permukaan serat ke pusat

Dewasa ini dipergunakan bermacam-macam jenis zat warna bergantung pada jenis serat yang akan diwarnai, macam warna, tahan luntur yang diinginkan, faktor-faktor teknis dan ekonomis lainnya. Di dalam praktek zat warna tekstil tidak dapat digolongkan berdasarkan struktur kimianya, melainkan berdasarkan sifat-sifat pencelupan maupun penggunaannya.

partikel koloid dan padatan suspensi terendapkan (scalbe suspended solid) 0,01-0,001 mm (Homer W. Parker, 1987: 22).

2.1.3. Penelitian Dan Penyempurnaan

Penelitian dan penyempurnaan bertujuan meningkatkan nilai komersial dari kain. Nilai komersial ini mencakup warna, pola dan mode serta nilai-nilai guna yang tergantung dari apakah produk akhir akan digunakan untuk pakaian, barang-barang rumah tangga atau penggunaan lainnya. Penelitian adalah salah satu cara yang meningkatkan nilai penyempurnaan juga memberikan peningkatan nilai dengan menambahkan bulu-bulu pada kain (raising), menghaluskan (glazing) dan dalam beberapa hal dengan membuatnya anti kusut, kedap air dan tolak air.

Penelitian terdiri dari melakukan atau mendisposisikan zat warna dalam air atau medium lain kemudian mengasamkan bahan tekstil ke dalam larutan tersebut sehingga terjadi penyerapan zat warna ke dalam serat. Penyerapan zat warna ke dalam serat tersebut terjadi secara fisik dan kimia. Penyerapan fisik zat warna merupakan proses yang sangat sederhana dan dapat dilakukan di dalam rumah tangga dan industri dengan menggunakan alat yang sederhana. Penyerapan kimia zat warna ke dalam serat tekstil memerlukan peralatan yang lebih canggih dan mahal yang dilakukan di industri.

2.1.3.1. Teknologi Penelitian

1. tahap-tahap proses penelitian :

1. Uji fisi zat warna dalam larutan

2. Absorpsi

3. Penstasi atau fisi zat warna dari permukaan serat ke pusat

Dewasa ini dipergunakannya bermacam-macam jenis zat warna tergantung pada jenis serat yang akan diwarnai, macam warna, jumlah warna yang diinginkan. Penelitian ini telah dan akan terus berlanjut ke arah penelitian zat warna tekstil yang dapat digunakan berdasarkan karakteristik serat dan jenisnya. Penelitian ini akan berlanjut ke arah penelitian mengenai penyempurnaan.

Zat-zat warna tersebut dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Zat Warna Asam

Zat warna asam merupakan garam natrium dari asam-asam organik misalnya asam sulfonat atau asam karboksilat. Zat warna ini dipergunakan dalam suasana asam dan memiliki daya tembus langsung terhadap serat-serat protein atau poliamida. Zat warna asam merupakan golongan zat warna yang larut dalam air. Faktor-faktor yang mempengaruhi zat warna asam yaitu pengaruh elektrolit dan suhu. Penggunaan zat warna ini tergantung golongannya, namun umumnya ditambah asam sulfat.

Sifat-sifat zat warna asam, yaitu :

- Merupakan zat warna yang larut dalam air.
- Ketahanan sinar dan cuci yang baik. Sifat ketahanan tersebut dipengaruhi oleh berat molekul dan konfigurasinya.

2. Zat Warna Basa

Zat warna basa merupakan garam-garam klorida atau oksalat dari basa-basa organik, misalnya basa amonium, oksonium dan sering pula merupakan garam rangkap dengan seng klorida, biasanya disebut juga zat warna kation karena khromofor dari zat warna ini terdapat pada kationnya. Warna-warnanya cerah tapi tahan luntur, warnanya kurang baik. Zat warna ini mempunyai daya tembus langsung terhadap serat-serat protein. Zat warna basa tidak mempunyai afinitas terhadap selulosa, akan tetapi dengan pengerjaan pendahuluan memakai asam tanin, dapat juga mencelup serat selulosa. Zat warna basa termasuk golongan zat warna yang larut dalam air. Disebut pula sebagai zat warna kationik karena zat warna basa di dalam larutan celup akan terionisasi dan bagian yang berwarna bermuatan positif. Untuk memakai zat warna ini umumnya ditambahkan asam asetat.

Sifat-sifat zat warna basa, yaitu :

- Merupakan zat warna yang larut dalam air.
- Ketahanan sinar dan cucinya kurang baik.
- Warnanya cerah dan intensitas warnanya sangat tinggi.

3. Zat Warna Direk

Zat warna ini menyerupai zat warna asam yakni merupakan garam natrium dari asam sulfonat dan hampir seluruhnya merupakan senyawa-senyawa azo. Zat warna direk ini mempunyai daya tembus langsung terhadap serat-serat selulosa disebut juga warna substantif, tahan lunturanya kurang baik. Zat warna direk termasuk zat warna yang larut dalam air, juga tidak tahan terhadap oksidasi reduksi. Zat warna direk dibagi atas 3 golongan yaitu golongan A, B dan C. Faktor-faktor yang berpengaruh pada zat warna ini besarnya penambahan elektrolit (Na_2SO_4) maka warna semakin tua, pengaruh suhu, pengaruh perbandingan larutan dan pengaruh pH. Umumnya untuk penggunaan zat warna ini ditambahkan NaCl. Contoh zat warna direk antara lain : Congo Red (C.1. Direct Red 28) dan Diazo Brown (C.1. Direct Brown 138)

4. Zat Warna Mordan dan Komplek Logam

Zat warna ini tidak mempunyai daya tembus terhadap serat-serat tekstil, tetapi dapat bersenyawa dengan oksida-oksida logam yang dipergunakan sebagai mordan, membentuk senyawa yang tidak larut dalam air, dipergunakan untuk mewarnai serat-serat wol atau poliamida seperti halnya zat warna asam tetapi memiliki tahan luntur yang baik. Zat warna kompleks logam merupakan perkembangan terakhir dari zat warna mordan. Dalam pencelupan dengan zat warna mordan timbul kesukaran karena terjadi perubahan warna yang diakibatkan oleh senyawa-senyawa logam. Untuk itu zat warna kompleks logam dibuat dengan mereaksikan krom dengan molekul-molekul zat warna.

5. Zat Warna Belerang

Zat warna ini merupakan senyawa organik kompleks yang mengandung belerang pada sistem khromofornya dan gugusan sampingnya yang berguna dalam pencelupan. Dipergunakan terutama untuk serat-serat selulosa, untuk mendapatkan tahan luntur warna terhadap pencucian dengan nilai yang baik tetapi dengan biaya yang rendah, biasanya warnanya suram. Struktur molekul zat warna belerang merupakan molekul yang kompleks dan tidak larut dalam air. Maka dalam pencelupannya diperlukan reduktor natrium sulfida dan soda abu untuk melarutkannya.

3. Zat Warna Direk

Zat warna ini menyerupai zat warna asam yakni merupakan garam natrium dari asam sulfonat dan hampir seluruhnya merupakan senyawa-senyawa azo. Zat warna direk ini mempunyai daya tempas langsung terhadap serasi-serasi sehingga disebut juga warna substantif (bahan luntur yang larut baik). Zat warna direk termasuk zat warna yang larut dalam air juga tidak tahan terhadap oksidasi reduksi. Zat warna direk dibagi atas 3 golongan yaitu golongan A, B dan C. Faktor-faktor yang berpengaruh pada zat warna ini besarnya bergantung elektron ($N=2O_4$) maka warna semakin tua. pengaruh suhu, pengaruh perbandingan larutan dan pengaruh pH. Contohnya untuk pengaruh zat warna ini dibandingkan NaCl. Contoh zat warna direk antara lain : Congo Red (C.I. Direct Red 28) dan Diazo Brown (C.I. Direct Brown 138)

4. Zat Warna Mordan dan Komplek Logam

Zat warna ini tidak mempunyai daya tempas terhadap serasi-serasi tekstil, tetapi dapat bersenyawa dengan oksida-oksida logam yang dipergunakan sebagai mordan, membentuk senyawa yang tidak larut dalam air dipergunakan untuk mewarnai serasi-serasi wol atau bahan-bahan seperti halnya zat warna asam tetapi memiliki luntur yang baik. Zat warna kompleks logam merupakan senyawa organik dan zat warna mordan. Bahan tersebut digunakan untuk mewarnai mordan untuk memperoleh warna yang tahan terhadap pencucian. Zat warna kompleks logam dibentuk oleh senyawa organik yang terikat pada zat warna kompleks logam dibentuk dengan cara mengikat molekul-molekul dari zat warna tersebut.

5. Zat Warna Siterang

Zat warna ini merupakan senyawa organik kompleks yang mempunyai kelengkapan pada sistem kromofora dan sistem auxofora yang berlainan. Zat warna siterang mempunyai daya tempas yang lambat terhadap serasi-serasi tekstil dan tahan terhadap pencucian. Zat warna siterang ini mempunyai daya tempas yang lambat terhadap serasi-serasi tekstil dan tahan terhadap pencucian. Zat warna siterang ini mempunyai daya tempas yang lambat terhadap serasi-serasi tekstil dan tahan terhadap pencucian. Zat warna siterang ini mempunyai daya tempas yang lambat terhadap serasi-serasi tekstil dan tahan terhadap pencucian.

Sifat-sifat zat warna belerang, yaitu :

- Zat warna yang tidak larut dalam air, namun beberapa diantaranya ada yang larut dalam air dan menyerupai zat warna bejana.
- Zat warna ini tidak langsung untuk mencelup serat selulosa tanpa direduksi terlebih dahulu. Reduktor yang dapat dipakai antara lain natrium hidrosulfit, natrium sulfida atau campuran keduanya.
- Tahan cuci dan tahan sinar.
- Harganya murah.
- Hasil celupannya dapat menimbulkan kemunduran kekuatan bahan yang dicelup.

6. Zat Warna Bejana

Zat warna ini tidak larut dalam air tetapi dapat dirubah menjadi senyawa leuco yang larut dalam penambahan senyawa reduktor natrium hidrosulfit dan natrium hidroksida. Untuk mempermudah cara pemakaiannya dikembangkan menjadi zat warna bejana yang larut dengan cara mengubah strukturnya menjadi garam natrium dari ester asam sulfat. Zat warna yang larut ini dapat dikembalikan ke dalam struktur aslinya di dalam serat dengan cara oksidasi dalam suasana asam. Oleh karena itu hasil celupannya mempunyai ketahanan cuci yang baik. Afinitas larutan leuco terhadap serat selulosa sangat besar, sehingga sering menimbulkan hasil celupan yang tidak merata. Untuk mengatasinya sering dilakukan pencelupan cara pigmen padding dimana zat warna yang tidak mempunyai afinitas didistribusikan merata pada bahan sebelum direduksi dan dioksidasi.

7. Zat Warna Dispersi

Zat warna dispersi tidak banyak larut dalam air dan tidak dapat mewarnai serat hidrofob, namun dengan bantuan zat pengemban atau dengan suhu yang tinggi, maka serat dapat diwarnai. Dengan adanya energi panas akan melunakkan serat dan bersamaan dengan itu melelehkan zat warna, sehingga berdifusi ke dalam serat. Dalam perdagangan sebagai bubuk.

Stilat-stilat zat warna berikut. yaitu :

- Zat warna yang tidak larut dalam air namun beberapa diantaranya ada yang larut dalam air dan menyerupai zat warna pejal.
- Zat warna ini tidak langsung untuk mencolup serat selulosa tetapi direduksi terlebih dahulu. Reduktor yang dapat dipakai antara lain natrium hidrosulfid, natrium sulfida dan campuran keduanya.
- Takan cuci dan taban sinar.
- Hasilnya merah.
- Hasil celupannya dapat menimbulkan perbedaan ketahanan bahan yang dicelup.

6. Zat Warna Pejal

Zat warna ini tidak larut dalam air tetapi dapat diubah menjadi senyawa lencu yang larut dalam benzena dan reduktor senyawa reduktor natrium hidrosulfid dan natrium hidrosida. Untuk memperoleh cara pemakaiannya dikembangkan menjadi zat warna pejal yang larut dengan cara mengubah strukturnya menjadi garam natrium dari ester asam sulfid. Zat warna yang larut ini dapat dikembangkan ke dalam struktur aslinya di dalam serat dengan cara oksidasi dalam suasana asam. Oleh karena itu hasil celupannya mempunyai ketahanan cuci yang baik. Akibat lain dari teknik tersebut serat selulosa sangat besar sehingga sering menimbulkan hasil celupan yang tidak merata. Untuk mengatasinya sering dilakukan pencelupan cara pignon padding dimana zat warna yang tidak mempunyai afinitas dibubarkan merata pada bahan sebelum direduksi dan dioksidasi.

7. Zat Warna Dispersi

Zat warna dispersi tidak banyak larut dalam air dan tidak dapat merambat secara langsung ke dalam benzena dan pengalihan ke dalam serat. Untuk itu benzena dan pengalihan ke dalam serat melalui suatu zat yang dapat larut dalam air dan dapat berdifusi ke dalam serat dan benzena dengan itu berdifusi ke dalam serat sehingga berdifusi ke dalam serat. Untuk memperoleh selulosa pejal.

Sifat-sifat zat warna dispersi, yaitu :

- Zat warna ini termasuk golongan zat warna yang tidak larut dalam air, akan tetapi pada umumnya dapat terdispersi secara sempurna.
- Zat warna ini sebenarnya tidak dapat mewarnai serat hidrofob sehingga memerlukan bantuan zat pembawa carrier atau dengan suhu tinggi.

8. Zat Warna Reaktif

Zat warna ini dapat bereaksi dengan selulosa atau protein sehingga memberikan tahan luntur warna yang baik. Reaktifitas zat warna ini bermacam-macam, sehingga sebagian dapat digunakan pada suhu tinggi. Zat warna reaktif termasuk golongan zat warna yang larut dalam air. Faktor yang berpengaruh pada penyerapan zat warna ini adalah tingginya pH dan banyaknya elektrolit. Untuk memakai zat warna ini umumnya ditambahkan natrium karbonat.

9. Zat Warna Naftol

Zat warna ini merupakan zat warna yang tidak larut dan terbentuk di dalam serat dari dua komponen pembentukannya. Golongan zat warna ini terutama untuk mewarnai serat selulosa dengan warna cerah terutama warna merah. Ketahanannya baik kecuali tahan gosoknya. Zat warna naftol merupakan zat warna yang terbentuk di dalam serat dari komponen penggandeng yaitu naftol dan garam pembangkit, yaitu senyawa diazonium yang terdiri dari senyawa amina aromatik. Zat warna ini termasuk golongan zat warna azo yang tidak larut dalam air. Zat warna ini dapat mempunyai afinitas terhadap serat selulosa setelah diubah menjadi naftolat, dengan jalan melarutkannya dalam larutan alkali. Garam diazonium yang dipergunakan sebagai pembangkit tidak mempunyai afinitas terhadap selulosa, sehingga cara pencelupan dengan zat warna naftol selalu dimulai dengan pencelupan memakai larutan naftolat dan natrium hidroksida, kemudian baru dibangkitkan dengan garam diazonium. Zat warna naftol dapat bersifat poligenik, artinya dapat memberikan bermacam-macam warna, tergantung dari macam garam diazonium yang dipergunakan dan dapat pula bersifat monogetik, yaitu hanya dapat memberikan warna yang mengarah ke satu warna saja, tidak bergantung kepada macam garam diazoniumnya.

10. Zat Warna Pigmen

Zat warna pigmen mula-mula banyak digunakan di dalam pencelupan. Dengan ditemukannya zat pengikat yang bersifat plastis, maka penggunaan zat warna pigmen dalam pencelupan mulai dikembangkan. Cara pencelupannya dengan resin bonding yaitu dengan penggunaan zat pengikat yang berupa resin memungkinkan diperoleh hasil yang memuaskan, terutama dalam ketahanan cucinya. Zat warna ini tidak larut dalam air dan tidak mempunyai daya tembus terhadap serat tekstil. Oleh karena zat warna tersebut menempel pada serat dengan resin sebagai pengikat, hal ini menyebabkan pegangan kainnya menjadi kaku dan tahan gosoknya kurang baik.

Sifat-sifat zat warna pigmen, yaitu :

- Tidak larut dalam air dan sebenarnya tidak mempunyai afinitas terhadap tekstil.
- Ketahanan gosoknya kurang.

Mekanisme pencelupan dari zat warna pigmen ini tidak bisa dilakukan dengan cara konvensional seperti halnya pencelupan pada zat warna dispersi.

11. Zat Warna Oksidasi

Zat warna ini merupakan suatu senyawa antara berat molekul rendah, yang dicelupkan dan kemudian dioksidasikan dalam serat di dalam suasana asam untuk membentuk molekul berwarna yang lebih besar dan tahan larut.

Dari uraian diatas, jelaslah bahwa tiap-tiap jenis zat warna mempunyai kegunaan tertentu dan sifat-sifat yang tertentu pula. Pemilihan zat warna yang akan dipakai bergantung pada bermacam-macam faktor antara lain :

1. Jenis serat yang akan diwarnai.
2. Macam warna yang dipilih dan warna-warna yang tersedia di dalam jenis zat warna.
3. Tahan luntur warna yang diinginkannya.
4. Peralatan produksi yang tersisa.
5. Biaya.

2.1.3.2 Pencelupan Dengan Zat Warna Reaktif

Zat warna reaktif adalah suatu zat warna yang dapat mengadakan reaksi dengan serat, sehingga zat warna tersebut merupakan bagian dari pada serat. Oleh karena itu hasil celupan zat warna reaktif mempunyai ketahanan cuci yang sangat baik, demikian pula berat molekul zat warna relatif kecil maka kilapnya akan lebih dari pada zat warna direk.

Menurut reaksi yang terjadi, zat warna relatif dapat dibagikan menjadi dua golongan :

1. Golongan I : Zat warna reaktif yang mengadakan reaksi substitusi dengan serat dan membentuk ikatan pseudo ester, misalnya zat warna Procion, Cibaron, Driamaren dan Levafik.
2. Golongan II : Zat warna reaktif yang dapat mengadakan reaksi adisi dengan serat dan membentuk ikatan ester, misalnya zat warna Remasol, Remalan dan Primazin.

Menurut cara pemakaiannya, zat warna reaktif dapat pula dibagi menjadi :

1. Pemakaian secara dingin, yaitu untuk zat warna reaktif yang mempunyai kereaktifan tinggi, misalnya Procion M, dengan sistem reaktif dikloro-triazin.
2. Pemakaian secara panas, yaitu untuk zat warna reaktif yang mempunyai kereaktifan rendah misalnya Procion H, Cibacron dengan sistem reaktif momo-khlorotriazin, Remasol dengan sistem reaktif vinil sulfon.

2.1.3.3 Karakteristik Limbah Industri Penyempurnaan

Proses penyempurnaan tekstil adalah proses basah tekstil yang paling banyak menimbulkan pencemaran, karena mengerjakan tekstil dalam larutan zat kimia dengan menggunakan air sebagai medianya.

Proses penyempurnaan tekstil pada umumnya dapat digolongkan menjadi beberapa proses pokok sebagai berikut :

1. Persiapan pencelupan atau pencapan yang meliputi :
 - Penghilangan kanji (Desizing).
 - Pemasakan (Scouring).

- Pemerseran (Mercerizing) untuk kapas dan campurannya atau konstisasi untuk rayon dan poliester.
2. Pencelupan (Dyeing).
 3. Pencapan (Printing).
 4. Penyempurnaan akhir, Calandring (penyetrikaan) dan penyempurnaan resin.

Proses-proses ini dapat dilakukan dengan dua alternatif, yaitu :

Secara keseluruhan berurutan dan sebagian atau dimodifikasi, tergantung pada jenis bahan tekstil yang dikerjakan, alat yang tersedia serta hasil akhir yang diharapkan. Adanya penggunaan zat-zat kimia seperti alkali, asam, kanji, oksidator, reduktor, elektrolit, zat aktif permukaan (surfaktan), zat warna, polimer sintetik dan panas dapat menyebabkan air limbah industri tekstil bersifat alkali asam, COD dan BOD tinggi, berwarna, berbusa, bau dan panas. Tingkat pencemaran yang ditimbulkan bergantung pada macam bahan yang dikerjakan, proses pengerjaan dan jenis mesin/ alat yang digunakan.

Pada proses penyempurnaan bahan kapas dan rayon, proses penghilangan kanji memberikan kadar pencemar yang paling tinggi. Pencemaran yang tinggi juga dikeluarkan dari proses pemasakan, pengelantangan, pencelupan dan pengecapan. Pada proses penyempurnaan bahan poliester, tahap proses relaxing, sisa pencelupan dan pencapan serta pencucian juga sebagai pencemar yang tinggi.

2.2 Logam Berat

2.2.1 Gambaran Umum Logam Berat

Logam berat dalam klasifikasi limbah B3 termasuk kategori beracun (toksik) karena mengandung zat pencemar organik yang sulit diuraikan secara alami dan beracun bagi manusia dan lingkungan. Apabila logam beracun tersebut keberadaannya berlebih di lingkungan dapat menjadi sumber racun bagi kehidupan. Racun tersebut dapat menimbulkan efek negatif pada sistem biologi, kerusakan serius pada struktur dan fungsinya serta dapat menyebabkan kematian. Logam berat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu (Darmono, 1995) :

1. Logam berat beracun.

Logam berat ini sama sekali tidak boleh masuk ke dalam tubuh makhluk hidup, karena dengan konsentrasi yang kecil sudah bersifat toksik.

Contoh : Hg, Cd, Pb.

2. Logam berat esensial.

Logam berat ini dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup dalam konsentrasi tertentu dan umumnya kecil. Logam berat ini berperan dalam pertumbuhan maupun perkembangan sel-sel tubuh serta diperlukan dalam proses biokimia. Apabila kebutuhan dalam jumlah sangat kecil tidak terpenuhi maka akan berakibat fatal bagi kelangsungan hidup makhluk hidup dan pertumbuhan makhluk hidup tersebut. Akan tetapi apabila jumlahnya berlebih maka akan meracuni tubuh makhluk hidup.

Contoh : Cu, Zn, Ni, Cr.

2.2.2 Logam Berat Kromium

Kromium merupakan salah satu jenis logam berat yang ditemukan pertama kali oleh Vaqueline pada tahun 1797. Kromium berasal dari bahasa Yunani "*Chroma*" yang mempunyai arti warna. Logam berat kromium mempunyai karakteristik sebagai berikut:

a. Sifat Fisik

Dalam keadaan murni, kromium adalah logam yang putih keras, berkilap dan tidak dapat ditempa. Pasif terhadap lingkungan sehingga tampak inert. Tahan terhadap kebanyakan reagen korosif. Beberapa sifat dan kemampuan logam murni adalah sebagai berikut :

- Nomor atom : 24
- Berat atom : 51,996
- Golongan : VI B
- Konfigurasi e : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
- Valensi : +2, +3, +6
- Struktur kristal : kubus pusat badan
- Titik leleh : 1875 °C
- Titik didih : 2199 °C
- ρ (20 °C) : 7,19 g/cm³
- Tahanan jenis (20 °C) : 12,9 $\mu \Omega$ cm

- Kekuatan tarik (500 °C) : 275 MPa

b. Sifat Kimia

- Kromium termasuk dalam bahan berbahaya karena merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini bereaksi secara langsung dengan N, C, S, Boron (Palar, 1994).
- Logam Kromium tidak dapat dioksidasi oleh udara lembab.
- Dalam larutan- larutan air, kromium membentuk tiga jenis ion, yaitu: kation kromium (II), kromium (III) dan anion kromat (dan dikromat) yang mempunyai bilangan valensi +6 (Vogel, 1995). Senyawa yang dibentuk oleh Cr^{2+} bersifat basa, senyawa yang dibentuk Cr^{3+} bersifat amfoter dan senyawa yang dibentuk oleh Cr^{6+} bersifat asam (Palar, 1994).

c. Sifat Biologis

Sifat biologis logam berat kromium memiliki daya racun yang tinggi. Daya racunnya ditentukan oleh tingkat valensi ionnya. Ion Cr^{6+} merupakan bentuk logam yang lebih banyak dikenal daripada ion Cr^{3+} dan Cr^{2+} , karena dapat mengakibatkan keracunan akut dan kronis. Ion Cr^{6+} di dalam proses metabolisme akan menghalangi dan menghambat kerja enzim *Benzopiren hidrosilase* yang mampu mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel- sel tumbuh secara liar dan tidak terkontrol dan lazim disebut kanker. Hal inilah yang menyebabkan kromium dikelompokkan sebagai logam karsinogenik (Palar, 1994).

Menurut Wong dan Tam (1998) toksisitas kromium dibedakan sebagai berikut :

1. Kromium dengan bilangan oksidasi 2+.
 Cr^{2+} memiliki tingkat toksisitas yang rendah. Efek yang ditimbulkan pada toksisitas akut adalah gangguan pernapasan.
2. Kromium dengan bilangan oksidasi 3+.
 Cr^{3+} dapat mengakibatkan gangguan paru-paru, sedangkan pada organisme perairan tingkat rendah (misal : bentik) akan menghambat pertumbuhan organisme tersebut. Untuk ikan, Cr^{3+} menyebabkan gangguan dalam metabolisme.

3. Kromium dengan bilangan oksidasi 6+.

Pada organisme bentik dapat menyebabkan gerakan abnormal dan mengurangi jumlah populasi. Jika konsentrasinya melebihi $0,05 \mu\text{g/l}$ akan menghambat pertumbuhan ikan, aberasi (penyimpangan) kromosom, mengurangi daya tahan tubuh terhadap penyakit dan perubahan morfologis. Terakumulasinya krom dalam tubuh dapat merusak organ-organ tubuh seperti hati, ginjal dan dapat menghambat kerja enzim dan bersifat karsinogenik (Palar, Haryando, 1994).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat, yaitu :

1. pH.

Logam berat akan memiliki sifat lebih toksik apabila berada pada pH asam dibandingkan pada pH basa.

2. Kesadahan.

Salah satu penyebab kesadahan adalah adanya ion Ca^{2+} , dimana ion tersebut bersifat antagonis terhadap ion logam berat, sehingga keberadaan ion Ca^{2+} akan mengurangi sifat toksisitas logam berat di perairan dan dengan semakin tingginya nilai kesadahan pada suatu perairan akan mengurangi sifat toksisitas dari logam berat.

3. Cahaya.

Organisme fotosintesis, seperti tumbuhan lebih peka terhadap logam berat pada intensitas cahaya yang tinggi dibandingkan pada intensitas cahaya rendah.

4. Terbentuknya senyawa kompleks.

Ion logam mampu berikatan dengan senyawa organik membentuk senyawa kompleks organik. Pembentukan senyawa kompleks akan mengakibatkan penurunan kandungan logam berat dalam air, sehingga mengurangi sifat toksisitas logam berat tersebut.

5. Interaksi antar ion logam berat.

Keberadaan beberapa ion logam berat secara bersama-sama dalam perairan bersifat lebih toksik dibandingkan dengan bila keberadaan ion logam berat tersebut hanya satu jenis saja. Selain itu ion logam berat juga memiliki sifat

antagonis maupun sinergis jika terdapat dua atau lebih ion logam berat, dimana salah satunya akan mengurangi sifat toksik ion logam berat tersebut, maka interaksi ion- ion logam berat tersebut bersifat antagonis, tetapi sebaliknya jika bersifat memperkuat sifat toksik logam berat maka interaksi yang terjadi bersifat sinergis.

6. Salinitas.

Keberadaan garam berupa NaCl pada suatu perairan akan menurunkan sifat toksisitas logam berat.

2.3 Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhorniae crassipes*)

Eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang beriklim tropis maupun subtropis. Tumbuhan air sendiri berdasarkan cara pertumbuhannya dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

- Tumbuhan Sub Merged

Tumbuhan jenis ini tumbuh subur di bawah permukaan air dan memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan tebal pada dasar badan air dan di bawah permukaan air.

- Tumbuhan Floating

Tumbuhan air berjenis floating memiliki ciri-ciri akarnya mengambang di dalam air dan tidak melekat pada dasar perairan.

- Tumbuhan Emergent

Tumbuhan emergent mempunyai karakteristik akarnya melekat di dasar badan air dan bagian tumbuhan yang melakukan fotosintesis terletak di atas permukaan air.

Tumbuhan eceng gondok bersifat menahun, mengapung bebas bila air cukup dalam. tetapi berakar dasar (dalam lumpur). Tumbuhan ini dapat bertahan hidup pada keadaan yang sangat kritis sekalipun, baik dengan adanya nutrisi maupun tanpa nutrisi. Keberadaan nutrisi mengakibatkan pertumbuhan eceng gondok semakin cepat dan subur.

Tumbuhan eceng gondok terdiri dari akar, helai daun, tangkai daun, dan stolon (akar rimpang). Eceng gondok berakar serabut, tidak bercabang, dan mempunyai tudung akar yang menonjol.

2.3.1 Sistematika dalam taksonomi

Dalam taksonomi, eceng gondok menempati sistematika sebagai berikut (Lawrence, 1967 dalam Dian, 2005) :

Divisio	:	<i>Embryophytasiphonagama</i>
Sub Divisio	:	<i>Angiospermae</i>
Klas	:	<i>Monocotyledone</i>
Ordo	:	<i>Farinosae</i>
Famili	:	<i>Pontederiaceae</i>
Genus	:	<i>Eichhorniae</i>
Spesies	:	<i>Eichhorniae crassipes</i>

2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok

Dalam pertumbuhannya eceng gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Temperatur.

Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang dapat tumbuh dengan optimum pada kisaran suhu lingkungan antara 25° C - 30° C, sehingga tumbuhan ini akan tumbuh dengan subur di daerah subtropis dan tropis. Pertumbuhan eceng gondok akan terhambat apabila lingkungan tempat tumbuhnya memiliki temperatur dibawah 10° C maupun diatas 40° C. Eceng gondok sangat toleran terhadap musim dingin (suhu 1° C) di daerah lintang utara apabila durasi waktunya singkat, tetapi dengan durasi yang panjang akan membunuh eceng gondok. Eceng gondok juga dapat bertahan sampai dengan suhu 40° C pada daerah tropis (Aneja dan Singh, 1992).

b. Intensitas cahaya.

Intensitas cahaya yang diperlukan oleh eceng gondok agar dapat tumbuh secara optimum sebesar 240.000 lux-jam, sedangkan intensitas cahaya minimum sebesar 24.000 lux-jam.

c. Kadar garam (salinitas).

Eceng gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang sangat toleran terhadap level salinitas yang rendah, tetapi eceng gondok akan mati jika berada pada lingkungan dengan kadar garam lebih dari 0,2 %.

d. pH.

Eceng gondok tumbuh secara optimal pada pH air antara 6 – 8. Pertumbuhannya akan terhambat apabila berada pada kondisi lingkungan dengan pH diatas 10. Hal ini dapat terjadi karena pada pH air diatas 10 akan memberikan efek toksik terhadap tumbuhan.

2.4 Removal Logam Berat Dengan Tumbuhan Air

2.4.1 Kemampuan Tumbuhan Air Untuk Removal Logam Berat

Dewasa ini tumbuhan air banyak dimanfaatkan untuk mengolah nutrient dan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Hal ini disebabkan karena tumbuhan membutuhkan unsure mineral dari dalam media hidupnya sebagai nutrisi dalam jumlah yang tidak sedikit. Akan tetapi dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan juga memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi dan mengakumulasi logam-logam yang ada di sekitar media tumbuhnya. Hal ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk dimanfaatkan sebagai pengolahan logam berat yang terkandung di dalam air limbah. Zat yang diserap tersebut bukan hanya yang dibutuhkan untuk metabolisme tumbuhan saja. Tumbuhan juga mempunyai kemampuan untuk menyerap maupun mengakumulasi zat-zat yang tidak dimanfaatkan untuk metabolisme. Sebagai contoh adalah pemakaian bahan organik sebagai sumber C, penyerapan dan akumulasi logam berat (misal : Cu dan Zn), serta penyerapan polutan organik seperti N dan P.

Tumbuhan air akan mempunyai toleransi lebih tinggi terhadap toksisitas logam berat apabila hidup pada ekosistem yang terkontaminasi oleh limbah (terutama yang mengandung logam berat). Jika dibandingkan dengan tumbuhan yang hidup pada daerah tidak terkontaminasi. Hal ini disebabkan karena kontaminasi logam berat pada tanah atau sedimen dapat mendorong tumbuhan tersebut melakukan evolusi menyesuaikan dengan habitatnya. Oleh karena itu

tumbuhan air yang akan digunakan untuk mengolah air limbah terutama yang mengandung logam berat harus diaklimatisasi terlebih dahulu. Tujuan aklimatisasi adalah agar tumbuhan air tersebut mampu beradaptasi dan memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap bahan-bahan toksik termasuk logam berat. Akar dari tumbuhan yang mempunyai toleransi terhadap logam akan menyerap lebih banyak logam bila dibandingkan dengan akar tumbuhan yang tidak mempunyai toleransi tinggi.

2.4.2 Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Air

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan air dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu : (Baker, 1999 dalam Dian Amalia, 2005).

1. Penyerapan logam oleh akar

Di dalam akar tanaman, terdapat daerah (kompartemen) yang merupakan tempat terjadinya transportasi larutan, terutama untuk larutan yang mengandung ion dan masuk ke dalam sistem perakaran tumbuhan.

2. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkat melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain.

3. Lokalisasi logam dalam jaringan

Untuk mencegah terjadinya peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan cara menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Pada proses penyerapan logam berat dan larutan oleh tumbuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Jenis tumbuhan yang digunakan.
2. Konsentrasi awal larutan.
3. Kapasitas penyerapan yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut.
4. pH larutan.

Semakin rendah nilai pH dari suatu larutan akan mengakibatkan kapasitas penyerapan semakin berkurang karena H^+ yang terlalu tinggi akan bersifat asam dan nantinya akan menghambat penyerapan logam berat.

5. Keberadaan logam berat, baik itu logam ringan maupun sesama logam berat.
6. Waktu kontak.

Semakin lama waktu penyerapan, maka semakin besar pula ion logam berat yang dapat diserap oleh tumbuhan air. Namun faktor ini tidak berlaku apabila tumbuhan air telah mencapai titik jenuh sehingga berapapun waktu kontak berikutnya, tumbuhan air tidak akan mampu menyerap logam berat lagi dan hal ini dapat dijadikan pedoman untuk menentukan kapan tumbuhan tersebut harus di *recovery*.

2.5 Teknologi Pengolahan Logam Berat Dengan Memanfaatkan Tumbuhan Air

Selama beberapa dasawarsa ini telah dikembangkan alternatif pengolahan limbah yang lebih sederhana yaitu pengolahan limbah dengan memanfaatkan tumbuhan air. Metode ini digunakan karena tumbuhan air memiliki kemampuan untuk memisahkan bahan pencemar dalam air limbah. Kebanyakan dari peneliti mempercayai bahwa tumbuhan dapat mengakumulasi logam berat. Umumnya tumbuhan air menyerap logam berat melalui akar dan batangnya. Beberapa jenis tumbuhan air memiliki kemampuan untuk menghilangkan logam berat pada air limbah, seperti Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*).

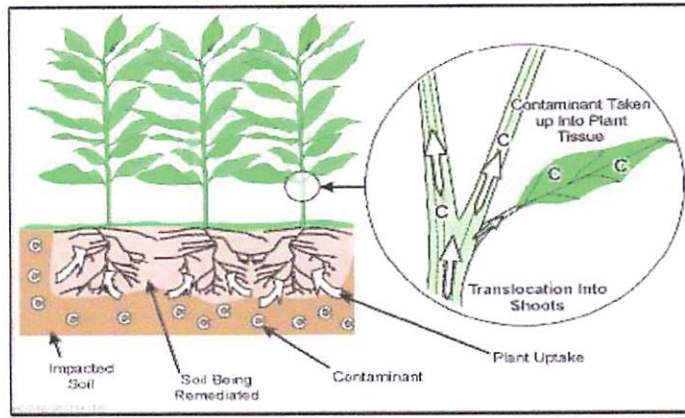
Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah *fitoremediasi*. Istilah *fitoremediasi* berasal dari kata Inggris *phytoremediation* kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *Phyto* asal kata Yunani atau *greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (plant), *remediation* asal kata Latin *remediare* (to remedy) yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi *fitoremediasi* (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem yang menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau

menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman untuk digunakan dan dengan dampak negatif relatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat. Keuntungan paling besar dalam penggunaan fitoremediasi adalah biaya operasi lebih murah bila dibandingkan pengolahan konvensional lain seperti insinerasi, pencucian tanah berdasarkan sistem kimia dan energi yang dibutuhkan. Sebagai perbandingan, sistem pencucian logam membutuhkan biaya sekitar US\$ 250/kubik yard sedangkan fitoremediasi hanya membutuhkan US\$ 80/kubik yard.

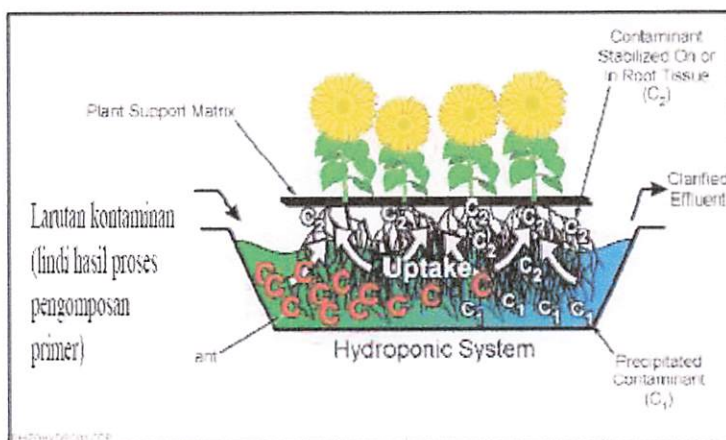
Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan, yaitu sebagai berikut :

1. Fitoekstraksi / fitoakumulasi (*Phytoaccumulation / phytoextraction*) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*. Dapat dilihat pada gambar 2.2 akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini adalah cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik. Spesies tumbuhan yang dipakai adalah sejenis hiperakumulator misalnya pakis, bunga matahari dan jagung.



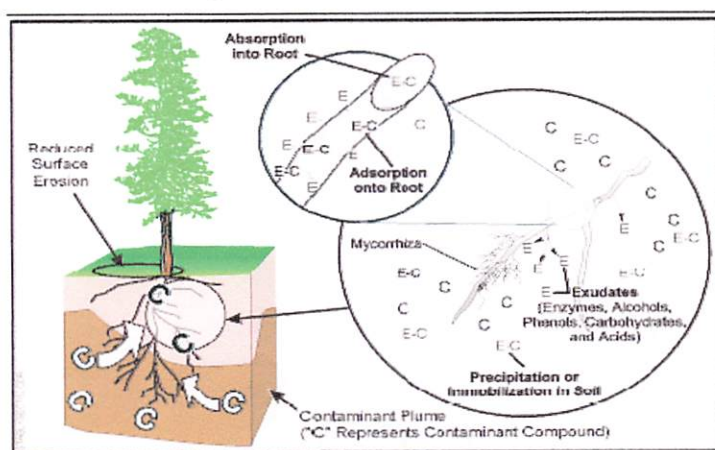
Gambar 2.2 Proses fitoekstraksi
(Mangkoedihardjo, 2005)

2. **Rhizofiltration** (rhizo = akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar atau pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Dapat dilihat pada gambar 2.3 akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zone akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah tumbuhan air seperti *Cattail*, bunga matahari, Kayu Apu, dan Eceng Gondok (Mangkoedihardjo, 2002).



Gambar 2.3 Proses rizofiltrasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

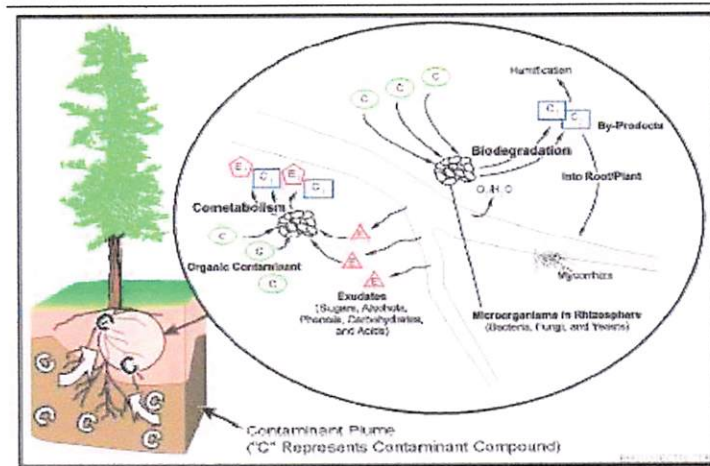
3. Fitostabilisasi (*phytostabilization*) yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Dapat dilihat pada gambar 2.4 akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zone akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air, seperti bunga matahari dan jenis tumbuhan air lainnya serta kedelai.



Gambar 2.4 Proses fitostabilisasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

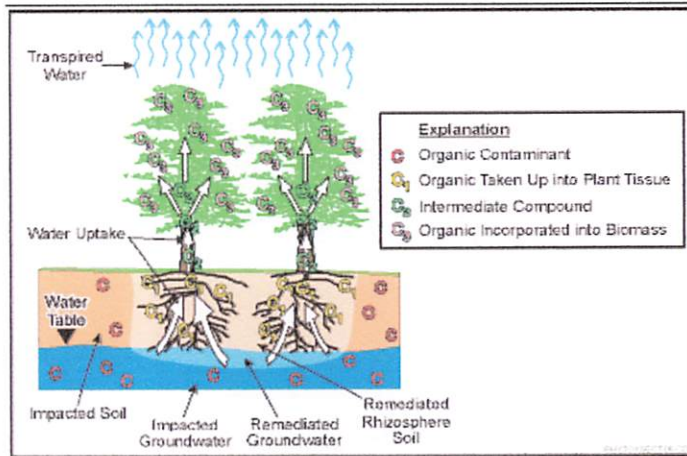
4. Rizodegradasi (*Rhizodegradation*) disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, or *planted-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri. Dapat dilihat pada gambar 2.5 polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini

adalah tepat untuk dekontaminasi zat organik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.



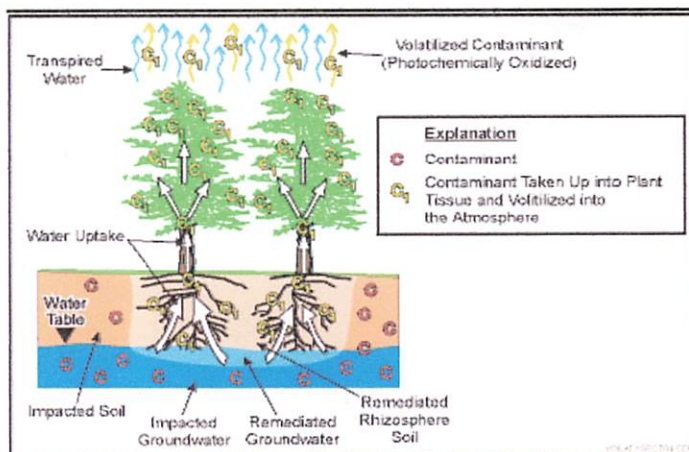
Gambar 2.5 Proses rizodegradasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

5. Fitodegradasi (*Phytodegradation / phyto transformation*) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi. Dapat dilihat pada gambar 2.6 organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.



Gambar 2.6 Proses fitodegradasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

6. Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*) yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang. Dapat dilihat pada gambar 2.7 penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah tumbuhan kapas, pakis dan berbagai jenis tumbuhan air.



Gambar 2.7 Proses fitovolatilisasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

2.6 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (Soleh, 2005).

2.6.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan – dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi (Soleh, 2005). Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif (Sudjana,2002).

a. Mean / Rataan Sampel (\bar{x})

Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

dimana:

\bar{x} = rata – rata hitung dari sampel

$\sum x$ = total jumlah sampel

n = banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (s)

Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

dimana:

s = standart deviasi yang dicari

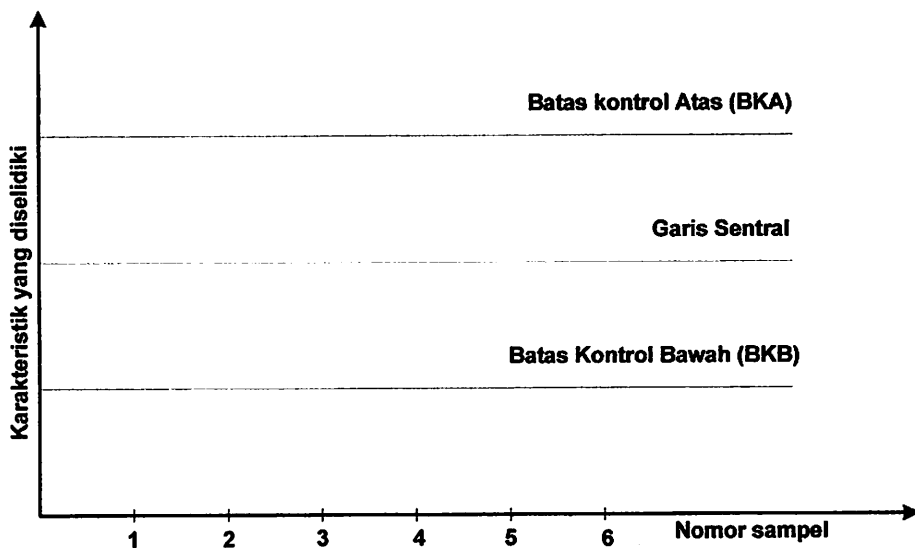
Σx = jumlah semua harga sampel

n = banyaknya sampel

c. Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata – ratanya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut:



Gambar 2.8 Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil – hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA).

Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB (Sudjana,2002) adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

dimana:

\bar{x} = rata – rata harga sampel

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai $K = 2$

\bar{s} = standart deviasi rata – rata

2.6.2 Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan (Soleh, 2005). Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

2.6.2.1 Analisa Korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama untuk data kuantitatif, dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup (-1, 1). Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni:

Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain

apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar, dan sebaliknya.

Lihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini:

Tabel 2.1 Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

(Sumber: Soleh, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan “1” memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Soleh, 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus (Sudjana, 2002) :

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

dimana:

- r = koefisien korelasi
- x_i = variabel bebas
- y_i = variabel terikat
- n = jumlah data

2.6.2.2 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel – variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti didalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksikan kondisi masa yang akan datang.

Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing – masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_n$$

dimana:

- Y = variabel terikat
- a = konstanta
- b = koefisien regresi
- X_1 = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu:

Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

2.6.2.3 Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

dimana:

S_B^2 = varians antar kelompok

S_W^2 = varians dalam kelompok

2.6.3 Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat (Iqbal,2002 dalam ketut, 2005).

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan

variabel bebas.

2.6.2.3 Analisis Varian

Pengujian menggunakan analisis varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Variance (ANOVA)*. Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat (mean square) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_A}{S_B}$$

dimana:

S_A = varians antar kelompok

S_B = varians dalam kelompok

2.6.3 Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini dibuat setelah interpretasi data/pengamatan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat selanjutnya dibuktikan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat (Ipda, 2002 dalam Ketun, 2002).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

3.1.1 Variabel Terikat

- Penurunan Cr Total
- Penurunan warna

3.1.2 Variabel Bebas

- Jumlah tanaman : 4 eceng gondok, 6 eceng gondok.
- Waktu detensi : 60 jam, 120 jam, 180 jam.

3.2 Alat-Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Reaktor berupa bak dari kaca berbentuk balok dengan panjang 60cm, lebar 35cm dan tinggi 30cm.
- Neraca digital.
- pH meter.
- Termometer.
- Spektrofotometer.
- Desikator.
- Oven.
- Erlenmeyer.
- Kertas saring.
- Alat penumbuk.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

- Limbah cair industri tekstil.
- Aquadest.

- Eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*) sebagai tumbuhan uji. Tumbuhan uji yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kriteria sebagai berikut :
 - Warna tumbuhan : hijau segar
 - Ketinggian : 10 - 30 cm
 - Jumlah daun : 5 - 7 lembar
 - Berat basah : 40 gr – 60 gr
 - Panjang akar : 5 cm – 20 cm
 - Umur Tanaman : ± 2 minggu
- Pupuk untuk penambahan nutrient.
- H₂SO₄.
- H₃PO₄ 85%.
- Difenilkarbazid.

3.3 Penelitian Pendahuluan

3.3.1 Analisa Awal Media Tanam

Analisa yang dilakukan sesuai dengan standard prosedur analisa yang terdapat pada Standard Methods (APHA, 1995) dan Metode Penelitian Air (Alaerts dan Santika, 1987), yaitu :

- Analisa konsentrasi Cr Total dengan metode kolorimetri dan alat yang digunakan adalah spektrofotometer (3-59 – 3-60).
- Analisa warna dengan metode spektrofotometri dan alat yang digunakan adalah spektrofotometer (99-101).
- Analisa pH dengan pH meter.
- Analisa temperatur dengan termometer.

3.3.2 Aklimatisasi

Sebelum diaplikasikan untuk meremoval kandungan Cr Total dan warna, terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi pada eceng gondok. Tujuan proses aklimatisasi ini adalah supaya eceng gondok dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang mengandung Cr Total yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Proses aklimatisasi adalah sebagai berikut :

1. Persiapan media tanam eceng gondok yaitu air limbah industri tekstil dengan penambahan pupuk sebanyak 6,35 gram dalam 10 liter air limbah.
2. Pemilihan tanaman eceng gondok yang sehat dan segar.
3. Penanaman eceng gondok pada media tanam selama 3 hari.
4. Setelah hari ketiga, dilakukan pemilihan eceng gondok yang sehat dan segar untuk selanjutnya tanaman siap diaplikasikan, dimana sebelumnya dicuci terlebih dahulu.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini sistem proses yang digunakan adalah sistem kontinyu, dimana penelitian dilakukan pada reaktor dengan pemberian input maupun output selama proses penelitian berlangsung. Dimana pada penelitian ini, meliputi variasi jumlah tumbuhan uji dan variasi waktu detensi. Pada waktu yang telah ditentukan, dilakukan pengamatan untuk mengukur kandungan Cr Total dan warna pada media tanam, pH media tanam, suhu media tanam.

3.4.1 Penelitian Dengan Variasi Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman Eceng Gondok

Variasi jumlah tanaman dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh jumlah tanaman terhadap penurunan kandungan konsentrasi Cr Total dan warna pada air limbah tekstil. Prosedur untuk penelitian ini adalah :

1. Dipersiapkan sejumlah reaktor dengan perlakuan yang sama, yaitu media tanam dengan air limbah industri tekstil yang mengandung Cr Total dan pemberian pupuk NPK sebesar 6,35 gram dalam 10 liter air limbah industri tekstil.

2. Eceng gondok yang telah diaklimatisasi, ditiriskan dan ditimbang sesuai dengan variasi jumlah tanaman eceng gondok yang telah dipilih, yaitu : 4 eceng gondok dan 6 eceng gondok. Pemilihan ini disesuaikan dengan ukuran reaktor dan ukuran tanaman uji, dengan catatan bahwa luas permukaan dari media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan eceng gondok supaya tidak saling tumpang tindih. Kemudian eceng gondok diaplikasikan pada media tanam yang telah tersedia yang sebelumnya dicuci terlebih dahulu.
3. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap tanaman uji, perubahan pH, perubahan suhu, konsentrasi Cr Total dan kandungan warna pada waktu yang telah ditentukan yaitu 60 jam, 120 jam, 180 jam. Untuk memperoleh sampel yang representatif, maka cara pengambilan sampel dari media tanam dilakukan dengan menggunakan botol sampel. Sampel yang telah diambil langsung dianalisa sehingga tidak memerlukan pengawetan sampel. Sebelum dianalisa, sampel dipisahkan dari kotoran-kotoran pengganggu seperti akar-akar eceng gondok yang mati.

3.4.2 Ekstraksi Tanaman

Ekstraksi ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok yang telah digunakan untuk penelitian mengandung Cr Total. Prosedur untuk penelitian ini adalah :

1. Tanaman eceng gondok yang telah dipakai untuk penelitian dan tanaman eceng gondok yang langsung diambil dari tempat asalnya, dicuci terlebih dahulu.
2. Masukkan dalam oven selama 48 jam pada temperatur 90°C.
3. Masukkan dalam desikator lalu timbang sampai beratnya stabil.
4. Selanjutnya tanaman dihancurkan.
5. Ambil serbuk masing-masing 0,5 gram.
6. Encerkan serbuk dengan air sebanyak 50 mL, masukkan dalam erlenmeyer 125 mL.
7. Netralkan dengan penambahan H₂SO₄ dan 0,3 mL H₃PO₄ 85%.

8. Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 mL, tambahkan 2 mL larutan difenilkarbazid, encerkan sampai tanda batas dan kocok sampai bercampur rata.
9. Baca setelah 5-10 menit dan bandingkan terhadap larutan baku, lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

3.5 Analisa Data Statistik

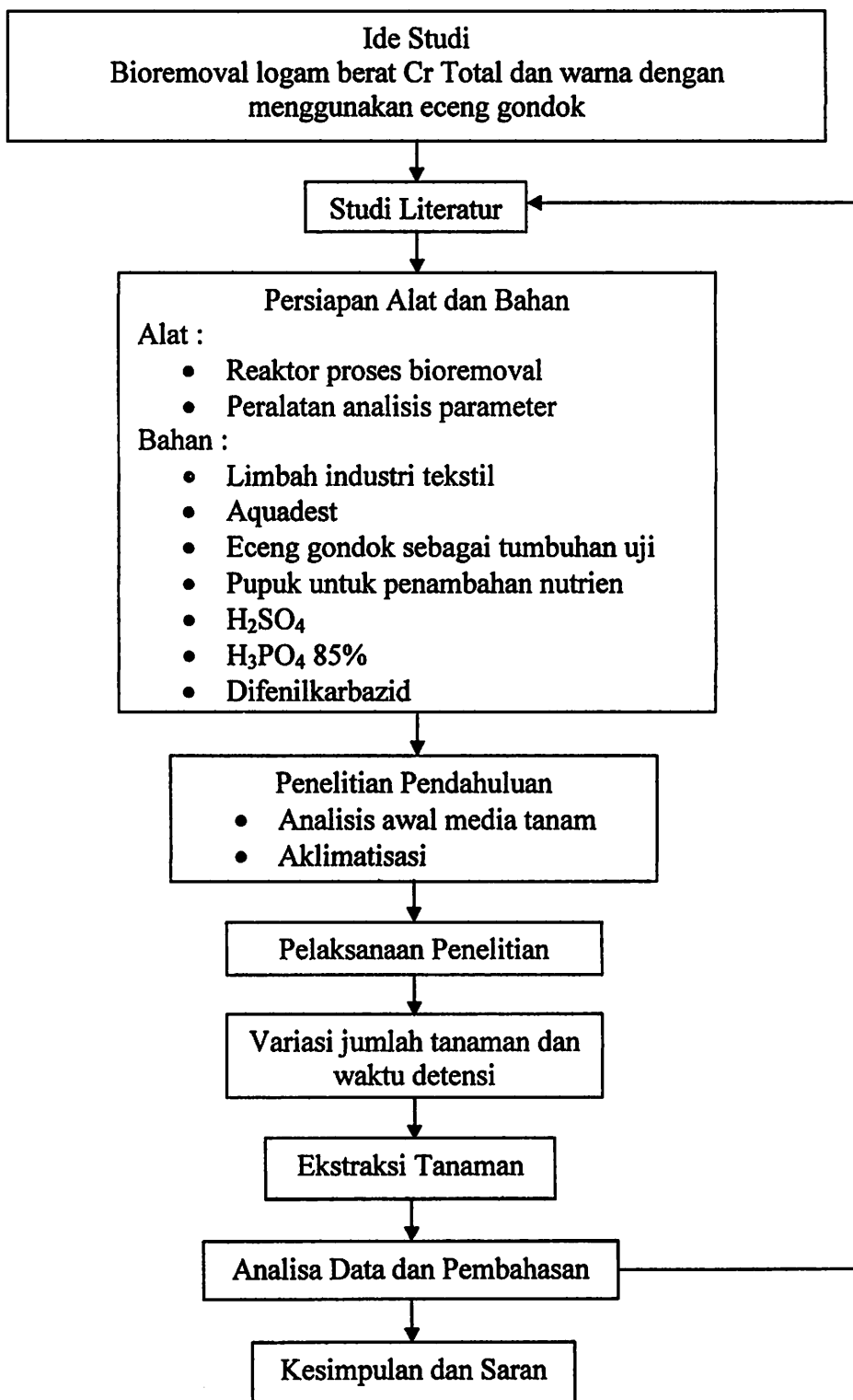
Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

Analisa anova bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain. Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat. Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel terikat (Soleh, 2005).

8. Pindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 100 ml, tambahkan 5 ml larutan diklorhidratid, encerkan sampai tanda batas dan kocok sampai bercampur rata.
9. Baca setelah 2-10 menit dan bandingkan terhadap larutan baku lakukan pengukuran dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 740 nm.

3.2. Analisa Data Statistik

Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :
 Analisa anova bertujuan untuk mengetahui tingkat ketertarikan suatu variabel terhadap variabel lain. Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat. Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat mempengaruhi variabel terikat (Zohri, 2002).



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel penelitian. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karekteristik air limbah industri tekstil sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Analisa Awal Air Limbah Industri Tekstil

PARAMETER	HASIL ANALISA
Cr Total	34,61 mg/l
Warna	1,86 Pt.CO
Temperatur	27 °C
pH	7,3

Sumber : Hasil Penelitian

4.2 Tahap Aklimatisasi

Dalam penelitian ini dilakukan aklimatisasi pada tanaman uji yang bertujuan supaya eceng gondok dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang mengandung Cr Total yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Dari tahap aklimatisasi didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Analisa Air Limbah Industri Tekstil Setelah Aklimatisasi

PARAMETER	HASIL ANALISA
Cr Total	16,32 mg/l
Warna	0,79 Pt.CO
Temperatur	27 °C
pH	7,3

Sumber : Hasil Penelitian

4.3 Analisa Penurunan Konsentrasi Cr Total

4.3.1 Analisa Deskriptif

Data kandungan Cr Total setelah proses perlakuan yang dilakukan pada variasi waktu detensi 60 jam, 120 jam, 180 jam dan jumlah tanaman 4 buah dan 6 buah dapat dilihat pada tabel 4.3.

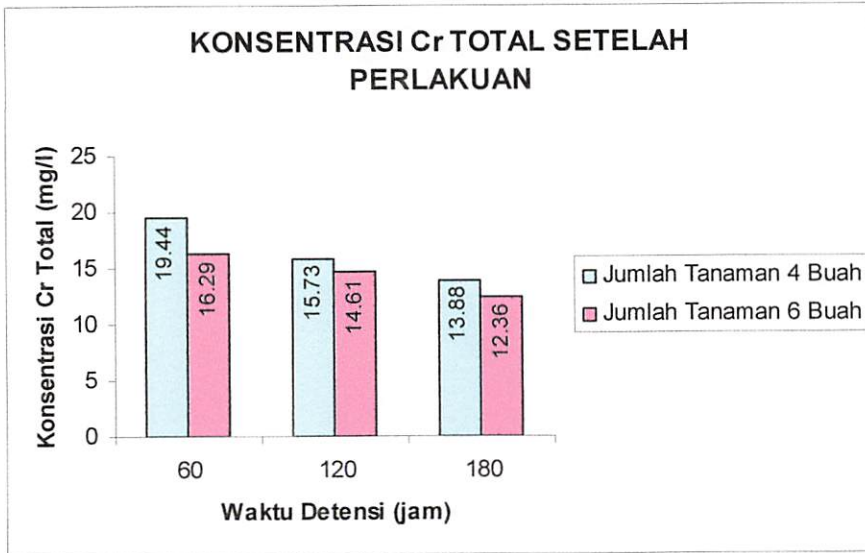
Berdasarkan tabel 4.3. kandungan Cr Total terbesar adalah pada waktu detensi 60 jam dengan jumlah tanaman 4 buah sebesar 19,44 mg/l sedangkan kandungan Cr Total terendah adalah pada waktu detensi 180 jam dengan jumlah tanaman 6 buah sebesar 12,36 mg/l.

Tabel 4.3. Konsentrasi Cr Total Setelah Perlakuan

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	Konsentrasi Cr Total (mg/l)
60	4	19,44
120		15,73
180		13,88
60	6	16,29
120		14,61
180		12,36

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.3. dapat diplotkan pada grafik batang yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Konsentrasi Cr Total Setelah Perlakuan

Untuk mengetahui persentase penurunan Cr Total pada setiap variasinya digunakan rumus :

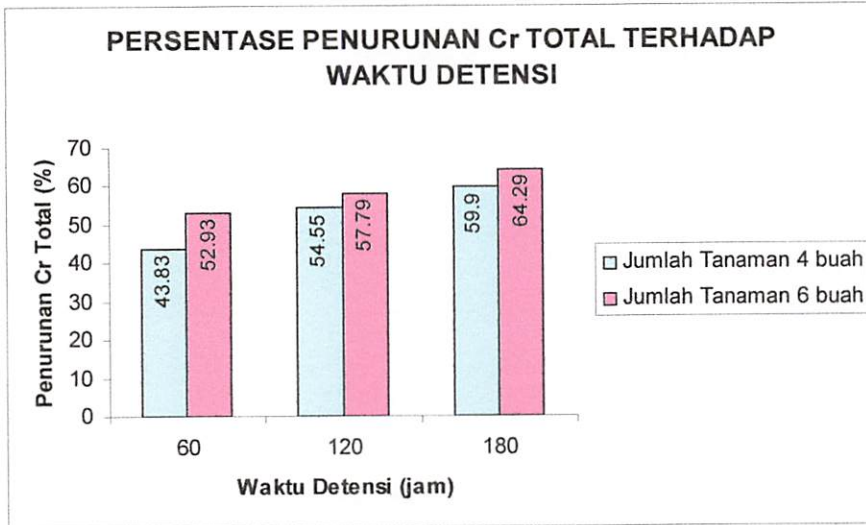
$$\% \text{ Penurunan Cr Total} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase penurunan Cr Total dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Persentase Penurunan Konsentrasi Cr Total

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	% Penurunan
60	4	43,83
120		54,54
180		59,90
60	6	52,92
120		57,78
180		64,29

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.2. Grafik Penurunan Kandungan Cr Total

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.2 didapatkan persentase penurunan Cr Total berada diantara 43,83 % - 64,29 %. Untuk persentase penurunan terendah sebesar 43,83 % terjadi pada perlakuan waktu detensi 60 jam dengan jumlah tanaman 4 buah. Sedangkan untuk persentase tertinggi sebesar 64,29 % terjadi pada perlakuan waktu detensi 180 jam dengan jumlah tanaman 6 buah.

4.3.2 Analisa ANOVA

4.3.2.1 Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Cr Total

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi waktu detensi dalam persentase penurunan Cr Total, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Cr Total

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu Detensi	2	568,0	284,0	25,26	0,000
Error	15	168,7	11,2		
Total	17	736,7			

Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Variasi waktu detensi adalah tidak berbeda nyata/identik.
- H_1 = Variasi waktu detensi adalah berbeda nyata/tidak identik.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

1. Nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Dengan nilai probabilitas $0,000 < 0,05$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan Cr Total.

2. Nilai F.

Berdasarkan tabel 4.5 nilai F hitung sebesar 25,26 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,68. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0), artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan Cr Total.

4.3.2.2 Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Cr Total

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi jumlah tanaman dalam persentase penurunan Cr Total, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Cr Total

Source	DF	SS	MS	F	p
Jumlah Tanaman	1	139,8	139,8	3,75	0,071
Error	16	596,8	37,3		
Total	17	736,7			

Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Variasi jumlah tanaman adalah tidak berbeda nyata/identik.
- H_1 = Variasi jumlah tanaman adalah berbeda nyata/tidak identik.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

1. Nilai Probabilitas.
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Dengan nilai probabilitas $0,071 \geq 0,05$, maka H_0 diterima. Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah tanaman terhadap persentase penurunan Cr Total.

2. Nilai F.

Berdasarkan tabel 4.6 nilai F hitung sebesar 3,75 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 4,49. Karena nilai F hitung lebih kecil daripada F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0), artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah tanaman terhadap persentase penurunan Cr Total.

4.3.3 Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.7.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 = tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.
- H_1 = ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.7 Korelasi Antara Persentase Penurunan Kandungan Cr Total, Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman

		Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman (buah)
% Penurunan Cr Total	Pearson correlation	0,875	0,436
	P-Value	0,000	0,071

Dari tabel 4.7 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah :

1. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan Cr Total dengan variasi waktu detensi adalah 0,875. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada pada angka 0,7-0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan Cr Total dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$).
2. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan Cr Total dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,436. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada pada angka 0,4-0,7 (Soleh, 2005).

Hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar jumlah tanaman maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan Cr Total dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai 0,071 ($\geq 0,05$) maka korelasi antara dua variabel diatas tidak signifikan.

4.3.4 Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan data atau signifikansi prediksi dari hubungan/ korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 4.8 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Kandungan Cr Total

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,888	1,955	14,27	0,000
Waktu Detensi (jam)	0,114319	0,007054	16,21	0,000
Jumlah Tanaman (buah)	2,7872	0,3456	8,07	0,000

S = 1,46617 R-Sq = 95,6% R-Sq(adj) = 95,0%

Tabel 4.9 Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Cr Total

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	704,41	352,21	163,84	0,000
Residual Error	15	32,24	2,15		
Total	17	736,66			

Hipotesis :

- Ho = Konstanta X_1 dan X_2 bernilai nol
- H1 = Konstanta X_1 dan X_2 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

1. Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
2. Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

A. Hasil uji kelinieran pada tabel 4.9 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi Cr Total.

B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang di dapat yaitu :

$$Y = 27,9 + 0,114X_1 + 2,79X_2$$

Dimana:

Y = persentase penurunan kandungan Cr Total

X_1 = variasi waktu detensi (jam)

X_2 = variasi jumlah tanaman (buah)

Adapun interpretasi dari persamaan di atas adalah :

- $Y = 27,9$

Nilai konstanta 27,9 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X = 0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase penurunan Cr Total. Sehingga untuk nilai $X_1 = 180$ jam dan nilai $X_2 = 6$ buah, maka nilai $Y = 65,16$ %.

- $X_1 = 0,114$; $X_2 = 2,79$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan waktu detensi 60

jam, maka persentase penurunan Cr Total yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 0,114 kali dengan tingkat keakuratan 95,6 %.

- C. Dari hasil analisa regresi juga di dapatkan koefisien determinasi (R Square) sebesar 95,6 % dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 95,0 %, menyatakan besarnya pengaruh variasi waktu detensi dan jumlah tanaman terhadap persentase penurunan konsentrasi Cr Total. Artinya sebesar 95,6 % persentase penurunan konsentrasi Cr Total dipengaruhi oleh adanya variasi waktu detensi dan jumlah tanaman. Sedangkan sisanya 4,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.
- D. Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung (tabel 4.9) 163,84. Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,68. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan kandungan Cr Total dengan variasi waktu detensi dan jumlah tanaman mempunyai hubungan linier.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t tabel adalah 1,753; sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.8 adalah 16,21 (variasi waktu detensi) dan 8,07 (variasi jumlah tanaman). Karena t hitung > t tabel maka koefisien regresi signifikan.
 - Nilai t hitung dari konstanta regresi pada tabel 4.8 sebesar 14,27, karena t hitung > t tabel maka konstanta regresi tersebut signifikan.

4.4 Analisa Penurunan Kandungan Warna

4.4.1 Analisa Deskriptif

Data kandungan warna setelah proses perlakuan yang dilakukan pada variasi waktu detensi 60 jam, 120 jam, 180 jam dan jumlah tanaman 4 buah dan 6 buah dapat dilihat pada tabel 4.10.

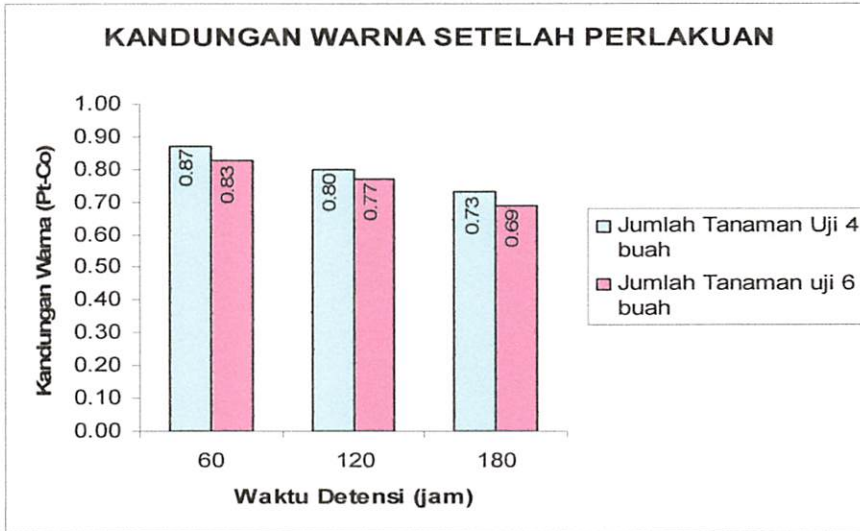
Berdasarkan tabel 4.10. kandungan warna terbesar adalah pada waktu detensi 60 jam dengan jumlah tanaman 4 buah sebesar 0,87 Pt-Co. Sedangkan kandungan warna terendah adalah pada waktu detensi 180 jam dengan jumlah tanaman 6 buah sebesar 0,69 Pt-Co.

Tabel 4.10. Konsentrasi Warna Setelah Perlakuan

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	Konsentrasi Warna (Pt-Co)
60	4	0,87
120		0,80
180		0,73
60	6	0,83
120		0,77
180		0,69

Sumber : Hasil Penelitian

Dari tabel 4.10. dapat diplotkan pada grafik batang yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Kandungan Warna Setelah Perlakuan

Untuk mengetahui persentase penurunan warna pada setiap variasinya digunakan rumus :

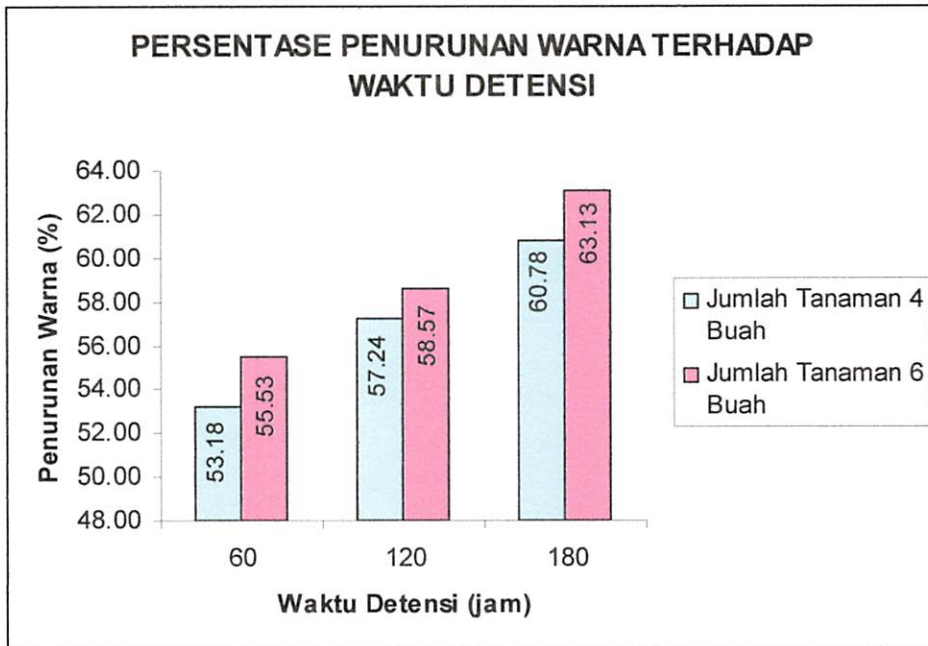
$$\% \text{ Penurunan Warna} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase penurunan warna dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Persentase Penurunan Kandungan Warna

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	% Penurunan
60	4	53,18
120		57,24
180		60,78
60	6	55,53
120		58,57
180		63,13

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.4. Grafik Penurunan Kandungan Warna

Berdasarkan tabel 4.11 dan gambar 4.4 didapatkan persentase penurunan warna berada diantara 53,18 % - 63,13 %. Untuk persentase penurunan terendah sebesar 53,18 % terjadi pada perlakuan waktu detensi 60 jam dengan jumlah tanaman 4 buah. Sedangkan untuk persentase tertinggi sebesar 63,13 % terjadi pada perlakuan waktu detensi 180 jam dengan jumlah tanaman 6 buah.

4.4.2 Analisa ANOVA

4.4.2.1 Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Warna

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi waktu detensi dalam persentase penurunan Warna, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Persentase Penurunan Warna

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu Detensi	2	172,39	86,20	63,05	0,000
Error	15	20,51	1,37		
Total	17	192,90			

Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Variasi waktu detensi adalah tidak berbeda nyata/identik
- H_1 = Variasi waktu detensi adalah berbeda nyata/tidak identik

Pengambilan keputusan berdasarkan :

1. Nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Dengan nilai probabilitas $0,000 < 0,05$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan warna.

2. Nilai F.

Berdasarkan tabel 4.12 nilai F hitung sebesar 63,05 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,68. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0), artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan warna.

4.4.2.2 Analisa ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Warna

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi jumlah tanaman dalam persentase penurunan warna, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Jumlah Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Warna

Source	DF	SS	MS	F	P
Jumlah Tanaman	1	18,1	18,1	1,66	0,216
Error	16	174,8	10,9		
Total	17	192,9			

Hipotesis yang diberikan adalah :

- H_0 = Variasi jumlah tanaman adalah tidak berbeda nyata/identik.
- H_1 = Variasi jumlah tanaman adalah berbeda nyata/tidak identik.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

1. Nilai Probabilitas.

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

Dengan nilai probabilitas $0,216 \geq 0,05$, maka H_0 diterima. Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah tanaman terhadap persentase penurunan warna.

2. Nilai F.

Berdasarkan tabel 4.13 nilai F hitung sebesar 3,75 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 4,49. Karena nilai F hitung lebih kecil daripada F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0), artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah tanaman terhadap persentase penurunan warna.

4.4.3 Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.14.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 = tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.
- H_1 = ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.14 Korelasi Antara Persentase Penurunan Kandungan Warna, Waktu Detensi Dan Jumlah Tanaman

		Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman (buah)
% Penurunan Warna	Pearson correlation	0,945	0,306
	P-Value	0,000	0,216

Dari tabel 4.14 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah :

1. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan warna dengan variasi waktu detensi adalah 0,945. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada pada angka 0,9-1 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan warna dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($<0,05$).
2. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan warna dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,306. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada pada angka 0,2-0,4 (Soleh, 2005).

4.4.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diurut, maka digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.14.

Hipotesis yang diberikan :

— H_0 = tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.

— H_1 = ada hubungan (korelasi) antara dua variabel.

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas :

— jika probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.

— jika probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.14 Korelasi Antara Persentase Penurunan Kandungan Warna Waktu Deteksi Dan Jumlah Tumbuhan

Waktu Deteksi (jam)	Jumlah Tumbuhan (buah)	Pearson correlation	r^2
0,045	0,300		
0,000	0,210		

Dari tabel 4.14 menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel yang

dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah :

1. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan warna dengan variasi waktu deteksi adalah 0,945. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada pada angka 0,9-1 (Soleh, 2002). Hubungan kedua variabel ini berarti hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu deteksi maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan warna dan variasi waktu deteksi, ditunjukkan dengan nilai 0,000 ($< 0,05$).
2. Nilai koefisien korelasi persentase penurunan kandungan warna dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,300. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada pada angka 0,2-0,4 (Soleh, 2002).

Hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar jumlah tanaman maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan warna dan jumlah tanaman, ditunjukkan dengan nilai 0,216 ($\geq 0,05$) maka korelasi antara dua variabel diatas tidak signifikan.

4.4.4 Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan data atau signifikansi prediksi dari hubungan/ korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 4.15 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Warna

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	45,6317	0,5613	81,30	0,000
Waktu Detensi (jam)	0,063125	0,002025	31,17	0,000
Jumlah Tanaman (buah)	1,00278	0,09922	10,11	0,000

S = 0,420942 R-Sq = 98,6% R-Sq(adj) = 98,4%

Tabel 4.16 Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Warna

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	190,242	95,121	536,82	0,000
Residual Error	15	2,658	0,177		
Total	17	192,900			

Hipotesis :

- Ho = Konstanta X_1 dan X_2 bernilai nol
- H1 = Konstanta X_1 dan X_2 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

1. Jika probabilitas $\geq 0,05$, Ho diterima
2. Jika probabilitas $< 0,05$, Ho ditolak

A. Hasil uji kelinieran pada tabel 4.16 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi Cr Total.

B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang di dapat yaitu :

$$Y = 45,6 + 0,0631X_1 + 1X_2$$

Dimana :

Y = persentase penurunan kandungan warna

X_1 = variasi waktu detensi (jam)

X_2 = variasi jumlah tanaman (buah)

Adapun interpretasi dari persamaan di atas adalah :

- $Y = 45,6$

Nilai konstanta 45,6 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada di atas nilai nol (positif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X = 0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase penurunan Cr Total. Sehingga untuk nilai $X_1 = 180$ jam dan nilai $X_2 = 6$ buah, maka nilai $Y = 62,96$ %.

- $X_1 = 0,0631$; $X_2 = 1$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan waktu detensi 60 jam, maka persentase penurunan warna yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 0,0631 kali dengan tingkat keakuratan 98,6 %.

C. Dari hasil analisa regresi juga di dapatkan koefisien determinasi (R Square) sebesar 98,6 % dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari

faktor kesalahan (bias) sebesar 98,4 %, menyatakan besarnya pengaruh variasi waktu detensi dan jumlah tanaman terhadap persentase penurunan konsentrasi warna. Artinya sebesar 98,6 % persentase penurunan konsentrasi warna dipengaruhi oleh adanya variasi waktu detensi dan jumlah tanaman. Sedangkan sisanya 1,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

- D. Dari uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung (tabel 4,16) 536,82. Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,68. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan kandungan warna dengan variasi waktu detensi dan jumlah tanaman mempunyai hubungan linier.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t tabel adalah 1,753 sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.15 adalah 31,17 (variasi waktu detensi) dan 10,11 (variasi jumlah tanaman). Karena t hitung > t tabel maka koefisien regresi signifikan.
 - Nilai t hitung dari konstanta regresi pada tabel 4.15 sebesar 81,30, karena t hitung > t tabel maka konstanta regresi tersebut signifikan.

4.5 Pembahasan

4.5.1 Penurunan Konsentrasi Cr Total

Hubungan variasi waktu detensi dengan persentase penurunan Cr Total ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Variasi waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah.

Heider et al, 1984 menyatakan bahwa proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman dilakukan melalui membran sel secara difusi dan osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul-molekul air lainnya. Dengan demikian jumlah ion yang berdifusi ke dalam akar tergantung pada jumlah molekul-molekul air yang diserap oleh tanaman. Semakin lama waktu detensi, semakin banyak jumlah air yang diserap. Semakin banyak jumlah air yang diserap maka akan semakin banyak pula jumlah logam yang diserap.

Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan Cr Total dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai 0,071 ($\geq 0,05$) maka korelasi antara dua variabel diatas tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pengambilan range variasi jumlah tanaman yang sangat rendah yaitu jumlah tanaman 4 buah dan 6 buah. Hubungan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan Cr Total ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar jumlah tanaman maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya.

Variasi jumlah tanaman pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan banyaknya Cr Total pada air limbah yang diserap oleh tanaman uji. Proses penyerapan unsur hara oleh eceng gondok berlangsung dengan jalan penimbunan ion dalam sel akar. Proses penimbunan ini dianggap sebagai tahap pertama dalam proses penyerapan unsur hara melalui akar. Ion-ion yang telah melakukan perjalanan dari permukaan akar, menempel di permukaan akar dan menembus dinding sel. Melalui proses tersebut diatas, maka sampailah

4.2. Pembahasan

4.2.1. Penurunan Konsentrasi Cr Total

Hubungan variasi waktu detensi dengan persentase penurunan Cr Total ini secara, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat begitu pula sebaliknya. Variasi waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi maka semakin banyak pula kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah.

Heider et al. 1984 menyatakan bahwa proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman dilakukan melalui membran sel secara difusi dan osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul-molekul air lainnya. Dengan demikian jumlah ion yang berdifusi ke dalam akan tergantung pada jumlah molekul-molekul air yang diserap oleh tanaman. Semakin lama waktu detensi semakin banyak jumlah air yang diserap. Semakin banyak jumlah air yang diserap maka akan semakin banyak pula jumlah logam yang diserap.

Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan Cr Total dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai 0,071 (0,002) maka koefisien standar dua arah pada tingkat kepercayaan 95% adalah 0,002. Hal ini menunjukkan bahwa variasi jumlah tanaman yang diserap akan sangat berpengaruh terhadap variasi jumlah Cr Total yang diserap. Hal ini menunjukkan bahwa dengan persentase penurunan Cr Total yang berbeda-beda akan mengakibatkan variasi jumlah logam yang diserap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah logam yang diserap maka akan semakin banyak pula jumlah logam yang diserap.

Hasil jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai 0,071 (0,002) maka koefisien standar dua arah pada tingkat kepercayaan 95% adalah 0,002. Hal ini menunjukkan bahwa variasi jumlah tanaman yang diserap akan sangat berpengaruh terhadap variasi jumlah Cr Total yang diserap. Hal ini menunjukkan bahwa dengan persentase penurunan Cr Total yang berbeda-beda akan mengakibatkan variasi jumlah logam yang diserap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah logam yang diserap maka akan semakin banyak pula jumlah logam yang diserap.

ion-ion pada membran sel. Dari lapisan membran sel inilah mekanisme penyerapan dimulai.

Pengangkutan ion melalui membran sel dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengangkutan pasif dan pengangkutan aktif. Pada pengangkutan aktif, molekul-molekul lipid sangat berperan. Molekul-molekul ini berfungsi sebagai carier dan mudah berdifusi dalam lapisan lipid. Sedangkan pada pengangkutan pasif, membran sel mempunyai pori-pori yang dapat dilalui oleh partikel-partikel hidrofilik. Walaupun terdapat pori-pori, tetapi tidak semua partikel hidrofilik dapat melalui membran sel ini. Hal tersebut dikarenakan pori-pori bersifat sebagai saringan, sehingga penembusan lebih banyak terjadi oleh partikel yang lebih kecil dari pada partikel yang lebih besar. Dalam hal ini kegiatan metabolisme jaringan berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara, dimana kegiatan metabolisme tergantung dari usia dan perkembangan tanaman.

Pada sel-sel yang sedang tumbuh membesar atau sel yang masih muda, cenderung meningkatkan luas permukaan dan volumenya. Pada sel yang sedang tumbuh ini, kemampuan menghimpun ion cukup besar, karena disamping volume sel yang bertambah besar, juga akan terjadi sintesis tempat-tempat pengikatan yang baru dan molekul-molekul carier. Hal ini tidak akan terjadi pada sel yang sudah tidak mengalami pertumbuhan vegetatif yang aktif.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan Cr Total. Dimana 95,6 % data persentase penurunan Cr Total dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman. Semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan Cr Total. Sedangkan sisanya 4,4 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian.

Dari hasil analisa regresi tersebut dapat diketahui bahwa waktu detensi memberikan pengaruh terhadap kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah. Semakin banyak jumlah tanaman, maka semakin banyak pula unsur-unsur kimia yang terserap, semakin lama waktu detensi dan banyaknya jumlah tanaman, maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya.

4.5.2 Penurunan Kandungan Warna

Hubungan variasi waktu detensi dengan persentase penurunan warna ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Variasi waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah. Sebagian unsur-unsur kimia yang terserap tersebut adalah unsur-unsur yang terkandung di dalam warna.

Unsur-unsur kimia yang terdapat pada limbah yang digunakan dalam penelitian adalah TSS, BOD, COD, pH, Krom total, Fenol total, Na, Cl, Zn, C, H, O, S, minyak, lemak dan kekeruhan. Komposisi kimia yang terkandung pada parameter warna yang dapat diserap oleh tumbuhan uji adalah Hidrogen (H), Oksigen (O), Sulfur (S) dan Klor (Cl).

Hidrogen (H), Oksigen (O) dan Sulfur (S) merupakan unsur makro bagi tumbuhan, yaitu unsur hara yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah banyak. Sedangkan Klor (Cl) merupakan unsur mikro bagi tumbuhan, yaitu unsur hara yang diperlukan oleh tumbuhan dalam jumlah sedikit. Hidrogen (H) dan Oksigen (O) merupakan salah satu unsur yang berperan penting pada proses fotosintesis. Sulfur (S) mempunyai peran dalam pembentukan bintil-bintil akar, membantu pertumbuhan anakan. Juga merupakan unsur penting dalam penyusunan beberapa jenis protein seperti asam amino. Sedangkan Klor (Cl) banyak ditemukan dalam air sel semua bagian tanaman.

Secara umum penyerapan unsur hara oleh tumbuhan dapat diterangkan dengan berbagai macam teori. Salah satu teori menerangkan bahwa didalam tubuh tumbuhan terdapat xilem yang merupakan pipa-pipa kapiler yang satu dengan lainnya saling berhubungan. Air akan naik dari akar menuju ke ujung batang didalam pipa kapiler tersebut. Naiknya air akan mengalami gaya gesekan dan juga menentang gaya berat dari dinding pipa. Perjalanan air tersebut dapat terjadi dengan adanya bantuan sel hidup.

Tingkat signifikan persentase penurunan kandungan warna dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai 0,216 ($\geq 0,05$) maka korelasi antara dua variabel diatas tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena pengambilan range variasi jumlah tanaman yang sangat rendah yaitu jumlah tanaman 4 buah dan 6 buah. Hubungan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan warna ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar jumlah tanaman maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Hal ini memperlihatkan bahwa jumlah tanaman mempengaruhi tingkat efisiensi penurunan konsentrasi warna pada air limbah.

Dengan semakin banyaknya eceng gondok yang terdapat pada media tanam, maka kemampuannya untuk menyerap konsentrasi warna akan semakin besar, tetapi dengan catatan bahwa luas permukaan dari media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan eceng gondok dan tumbuhan tidak saling tumpang tindih. Dalam pengolahan air limbah, tidak memerlukan variasi jumlah tanaman yang sangat besar, namun demikian variasi jumlah tanaman harus disesuaikan dengan luas permukaan dari media tanam, karena apabila tidak disesuaikan akan menimbulkan pendangkalan dan perombakan bahan organik akibat pembusukan tumbuhan dan dapat menyebabkan kenaikan konsentrasi air limbah.

Variasi jumlah tanaman pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan banyaknya unsur hara pada air limbah yang diserap oleh tanaman uji. Sebagian unsur-unsur kimia yang terserap tersebut adalah unsur-unsur yang terkandung di dalam warna. Komposisi kimia yang terkandung pada parameter warna yang dapat diserap oleh tumbuhan uji adalah Hidrogen (H), Oksigen (O), Sulfur (S) dan Klor (Cl).

Tumbuhan tidak memilih jenis unsur yang diserapnya, sehingga unsur hara yang terdapat pada media tanamnya langsung diserap tanpa diseleksi terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan tumbuhan tidak dapat memilih jenis unsur apa yang diperlukan maupun yang merugikan baginya. Kecepatan penyerapan suatu unsur hara dipengaruhi oleh konsentrasi unsur hara tersebut dalam larutan yang akan diserapnya. Semakin tinggi konsentrasi unsur hara dalam larutan yang diserap, akan diimbangi dengan kecepatan penyerapan yang relatif tinggi. Kecepatan

penyerapan suatu unsur hara berbeda pada tiap jenis, spesies dan varietas tumbuhan serta unsur hara yang ada.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan warna. Dimana 98,6 % data persentase penurunan kandungan warna dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman, semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan kandungan warna. Sedangkan sisanya 1,4 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian.

Dari hasil analisa regresi tersebut dapat diketahui bahwa waktu detensi memberikan pengaruh terhadap kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah. Semakin banyaknya jumlah tanaman, maka semakin banyak pula unsur-unsur kimia yang terserap. Maka dari itu dengan bertambah lamanya waktu detensi dan banyaknya jumlah tanaman, maka persentase penurunan kandungan warna akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Eceng gondok memiliki kemampuan dalam menurunkan kandungan Cr Total pada air limbah tekstil. Persentase penurunan Cr Total tertinggi sebesar 64,29 % yaitu pada variasi waktu detensi 180 jam dan jumlah tanaman 6 buah.
2. Eceng gondok memiliki kemampuan dalam menurunkan kandungan warna pada air limbah tekstil. Persentase penurunan warna tertinggi sebesar 63,13 % yaitu pada variasi waktu detensi 180 jam dan jumlah tanaman 6 buah.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan eceng gondok yang dikombinasikan dengan tumbuhan air lain secara bersama-sama.
2. Dalam pemanfaatan eceng gondok untuk menyerap logam berat dalam air limbah perlu diperkirakan penanganan pembuangan tanaman setelah dimanfaatkan untuk penyerapan, karena logam berat dalam konsentrasi yang besar dapat bersifat racun (toxic) yang mana dapat membahayakan lingkungan.
3. Perlu dilakukan pengambilan range variasi jumlah tanaman yang lebih panjang, sehingga hasil analisa yang didapatkan signifikan.
4. Perlu dilakukan penelitian dengan menambah interval waktu detensi sehingga dapat diketahui secara pasti pada waktu detensi berapa jam/ hari, tumbuhan uji mengalami depurasi sehingga tumbuhan uji dapat diganti dengan tumbuhan uji yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G, Santika S, Sumestri Sri. (1987), *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- Amalia, Dian (2005), *Studi Keefektifan Penurunan Kromium (Cr^{6+}) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Eceng Gondok*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Aneja, K. R. and K. Singh (1992), *Effect of Water Hyacinth (Eichhorniae crassipes (Mart). Solms.) on the Physicochemical Environmental of Shallow Pond*. Proc. Indian Nat. Sci. Acad. B56 (6) : 357-364
- Astagina, Manik (2005), *Uji Kemampuan Karbon Aktif Dari Sekam Padi Untuk Menurunkan Warna Dan Krom Dalam Limbah Cair Industri Tekstil*. Proposal Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Bernasconi, G dkk (1995), *Teknologi Kimia Bagian 2*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Chen, Philip S (1968), *Inorganic, Organic and Biological Chemistry*. New York: Barnes and Noble Books
- Darmono (1995), *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia-Press.
- Dwi, Waluyo Sihono. (2001), *Statistika Untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Eaton, Andre D; Lenore S. Clesceri; Arnold E. Greenberg (1995), *Standard Methods For The Examination Of Water And Waste Water*. America : APHA, AWWA, WEF
- Edward D. S (1977), *Water and Wastewater Treatment*. New York : McGraw-Hill
- Frank C.LU (1995), *Toksikologi Dasar*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Hadi, Anwar. (2005), *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama
- Harborne, J.B (1987), *Metode Fotokimia*. Bandung: ITB

- Heider et al., (1984), *Economic Utilization of Water Hyacinth as a Measure for The Control of The Plant*. University of Dhaka, Bangladesh
- Homer W. Parker, P. E. (1987), *Wastewater Sistem Engineering*. New Jersey : Prentice Hall Inc
- Iriawan, Nur (2006), *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi
- Juli Puspari, Ni Ketut (2005), *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Untuk Proses Penurunan Warna Dan Kandungan Organik Dengan Koagulan Khitosan Dari Limbah Perikanan*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Kimball, John W. (1975), *Biology*. Amsterdam : Addison Wesley Publishing Company
- Lestari, Indah Tri (2005), *Uji Efektifitas Serbuk Gergaji Kayu Jati Untuk Menurunkan Zat Warna Dan Konsentrasi Krom Limbah Penyamakan Kulit Dalam Kolom Adsorpsi Alir Kontinyu*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Mahida (1981), *Teknologi Tekstil*. Jakarta
- Mangkoedihardjo, Sarwoko (2005), *Fitoteknologi Dan Ekotoksikologi Dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Martely (2003), *Kajian Kinerja dan Perencanaan Ulang Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT. Mermaid Textil Indonesia*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Metcalf & Eddy, INC. (1979), *Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse*. Tata Macgraw-Hill Publishing Company Ltd
- Nugraheni, P (2001), *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhorniae crassipes) Untuk Menurunkan Salinitas Dan Kesadahan Sumber Air Baku Air Minum Bersifat Payau*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

- Palar, Heryando (1994), *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Rao, S. C. (1992), *Handbook of Land Treatment Systems for Industrial and Municipal Wastes*. Noyes Publications.
- Santoso, S., (2005), *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia
- Sawyer N. Clair. (1994), *Chemistry For Environmental Engineering (4th ed)*. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Soedarjatmo (1996), *Biologi 2a*. Surakarta: PT. Intan Pariwara
- Soleh, Achmad Zanbar (2005), *Ilmu Statistika Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Bandung: Rekayasa Sains
- Sudjana (2002), *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito
- Sughiarto (1987), *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Suryantara, I Wayan Andi (1999), *Kemampuan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Dalam Mereduksi Kadar Logam Cu dan Cr Pada Sampel Buatan Dengan Metode Hidroponik*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Suwariyanti, A (2002), *Studi Literatur Penurunan Kandungan Logam Berat (Cu dan Cd) Dalam Limbah Cair Dengan Memanfaatkan Tumbuhan Air*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Trihadiningrum, Y (2000), *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Buku Ajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Vogel (1985), *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka.
- Wong, Y. S., Tam, N. F. Y., (1998), *Wastewater Treatment With Algae*. New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Palau, Heryando (1994). *Perencanaan dan Teknologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka

Cipta

Rao, S. C. (1992). *Handbook of Lead Treatment Systems for Industrial and*

Municipal Wastes. Nova Publications.

Santoso, S. (2002). *Monografi Statistik di Era Reformasi dengan SPSS 12*. Jakarta:

PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia

Sayogo, R. (1994). *Chemistry for Environmental Engineering* (4th ed.).

Englewood Cliffs: Prentice-Hall International Edition.

Schubert, H. (1997). *Waste Water Engineering: Treatment and Reclamation*

3rd Edition. London: Chapman & Hall.

Sharma, S. C. (1997). *Water Pollution: Control and Management*. New Delhi:

Prentice-Hall of India.

Soedjadi, H. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*.

Indonesis

Suzanto, I. Wawan Anli (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas*

(Etiologi, Konsep, Teknik, dan Aspek Lain-lain). Jakarta: EGC

Tjallingii, H. (1997). *Water Pollution: Control and Management*. New Delhi:

Prentice-Hall of India.

Wijaya, S. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*

3rd Edition. Jakarta: EGC.

Wijaya, S. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*

3rd Edition. Jakarta: EGC.

Wijaya, S. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*

3rd Edition. Jakarta: EGC.

Wijaya, S. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*

3rd Edition. Jakarta: EGC.

Wijaya, S. (1997). *Keperawatan Kesehatan Komunitas: Teori dan Praktek*

LAMPIRAN

LAMPIRAN

METODE ANALISA

PARAMETER UJI

Analisa Cr Total

1. Metode

Spektronik 20

2. Prinsip

Pemeriksaan Cr Total ditentukan dengan membandingkan pembacaan skala Cr Total pada Cr Total sampel dengan larutan standard Cr Total yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer.

3. Pereaksi

Diphenil Carbazide

4. Cara Kerja

- a. Timbang contoh ± 2 gram. Masukkan ke dalam erlenmeyer 100 cc. Tambahkan aquaregia ± 25 cc. Kemudian panaskan di atas kompor sampai asat.
- b. Tambahkan asam nitrat encer (2,5 N) sebanyak 25 cc. Panaskan perlahan-lahan di atas kompor ± 15 menit, kemudian dinginkan.
- c. Saring ke labu ukur 100 cc kemudian tambahkan aquades sampai tanda batas. Kocok sampai homogen.
- d. Ambil 15 cc larutan, masukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian tambahkan 0,85 cc H_2SO_4 3 M. Lalu kocok.
- e. Tambahkan larutan Diphenil Carbazide 0,25 %, lalu kocok.
- f. Baca dengan spektronik 20 pada panjang gelombang 540 nm. Catat absorbansinya.
- g. Hasil yang didapat dibandingkan dengan nilai absorbansi pada larutan standard, untuk mengetahui konsentrasi Cr Total yang didapat. Standar dari $K_2Cr_2O_7$.

5. Perhitungan

$$A = 2 \log (\%T)$$

Dimana :

A = absorbansi

T = Transmittansi (nilai yang dibaca pada spektrofotometer)

$$X = (A - 0,007)/0,1757$$

Dimana :

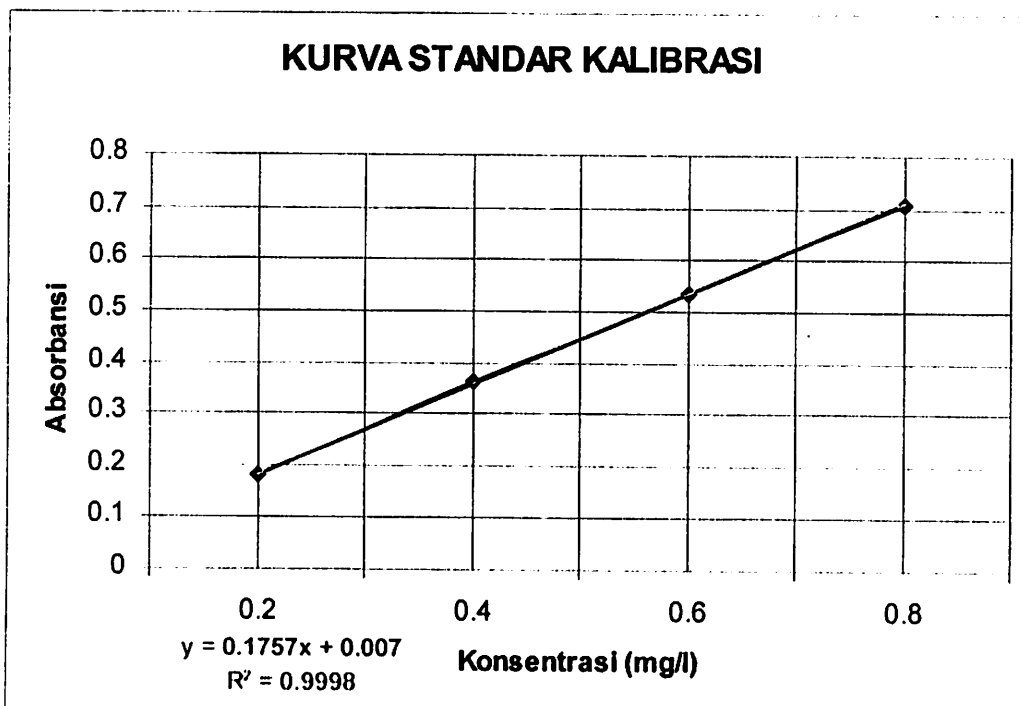
X = konsentrasi Cr Total (mg/l)

0,007 dan 0,1757 = didapatkan dari kurva standard kalibrasi

6. Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer (panjang gelombang 540)

Tabel L.1 Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer

Konsentrasi (mg/l)	Absorbansi
0.2	0.18
0.4	0.362
0.6	0.535
0.8	0.708



Gambar L.3 Kurva Standar Kalibrasi Cr Total

Analisa Warna

1. Metode

Spektrofotometri

2. Prinsip

Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan pembacaan skala warna pada warna sampel dengan larutan standard warna yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer. Sinar cahaya dengan panjang gelombang tertentu, akan diserap (diabsorpsi) larutan secara proposional dengan jarak perjalanan di dalam larutan dan dengan kadar kompleks yang berwarna oranye-merah ini Absorpsi tersebut dapat diukur melalui alat spektrofotometer.

3. Preaksi

Larutan Standard

- b. Gunakan labu takar 1000 ml, untuk melarutkan 1,246 g kalium kloro platina (K_2PtCl_6) yang ekuivalen dengan 500 mg logam platina dan 1,00 g kobalt klorida ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) yang ekuivalen dengan 250 mg kobalt dalam air suling dan 100 ml HCL pekat dan kemudian diencerkan menjadi 1000 ml dengan air suling. Larutan standard tersebut mempunyai skala warna 500.
- c. Apabila tidak ada kalium kloro platina (K_2PtCl_6), larutkan 500 mg logam platina murni di dalam aqua regia dengan pemanasan, kemudian hilangkan asam nitrat yang ada dengan penambahan HCl pekat beberapa kali. Larutkan residu yang dihasilkan bersama dengan 1,0 gr kobalt klorida seperti pada cara tersebut diatas.

4. Cara Kerja

- a. Siapkan standar-standar dengan skala warna 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60 dan 70, yang di dapat dari larutan baku dengan skala warna 500

sebanyak masing-masing 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 dan 7,0 dan diencerkan menjadi 50 ml di dalam tabung Nessler dan larutan standard ini dimasukan pada spektrofotometer untuk diketahui nilai absorbansinya.

- b. Siapkan larutan sampel, kemudian disaring dengan kertas saring untuk mendapatkan warna sebenarnya. Larutan sampel ini dimasukan pada spektrofotometer untuk diketahui nilai absorbansinya.
- c. Hasil yang didapat dibandingkan dengan nilai absorbansi pada larutan standard, untuk mengetahui konsentrasi warna yang didapat.

5. Perhitungan

$$A = 2 - \log (\%T)$$

Dimana :

A = absorbansi

T = Transmittansi (nilai yang dibaca pada spektrofotometer)

$$X = (A - 0,0431)/0,119$$

Dimana

X = konsentrasi warna (Pt-Co)

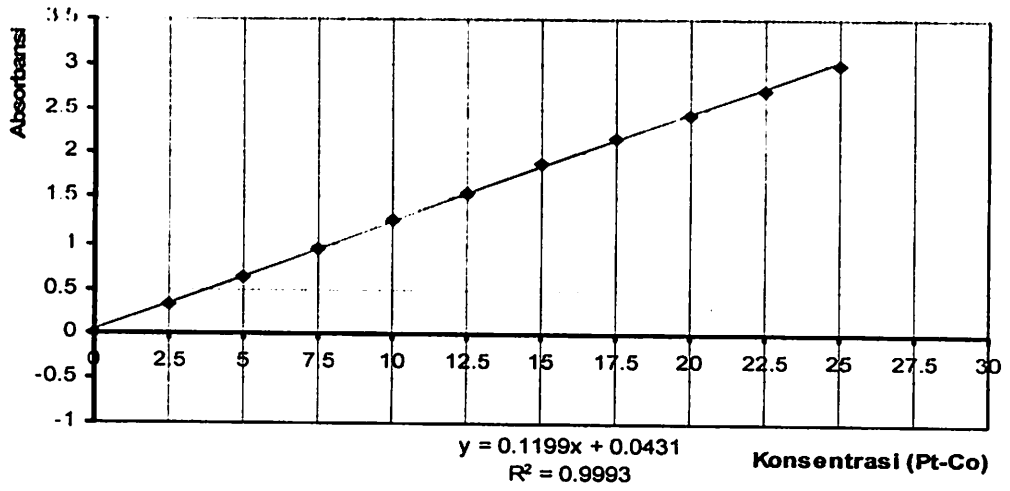
0,0431 dan 0,119 = didapatkan dari kurva standard kalibrasi

6. Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer (panjang gelombang 220)

Tabel L.2 Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer

Larutan Standar		
Kons.	Absorbansi	
0	0.003	Batas Bawah
2.5	0.330	
5	0.651	
7.5	0.947	
10	1.265	
12.5	1.557	
15	1.880	
17.5	2.173	
20	2.436	
22.5	2.709	
25	3.010	Batas Atas

Kurva Standar Kalibrasi



Gambar L.4 Kurva Standar Kalibrasi Warna

Analisa pH

1. Peralatan

- Bekerglass 50 ml.
- pH meter.
- Botol semprot

2. Pengukuran pH

- Masukkan sampel air limbah yang mengandung Cr Total ke dalam bekglass 50 ml.
- Batang elektroda disemprot dengan aquades' dan dikeringkan dengan kertas tissue.
- Sampel yang akan diukur, dikocok terlebih dahulu agar homogen.
- Masukkan alat pengukur pH meter ke dalam sampel air limbah yang mengandung Cr Total.
- Baca hasil pengukuran pH pada layar pH meter.

Analisa Suhu

1. Peralatan

- Termometer.
- Reaktor bioremoval.

2. Pengukuran Suhu

- Termometer dimasukkan ke dalam reaktor media tanam.
- Baca hasil pengukuran suhu pada termometer.

LAMPIRAN

DATA HASIL PENELITIAN

Tabel L.3 Persentase Penurunan Konsentrasi Cr Total

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	Konsentrasi Cr Total (mg/l)			Rata-Rata Konsentrasi Cr Total (mg/l)	% Penurunan			% Penurunan rata-rata
		I	II	III		I	II	III	
60	4	19.44	19.45	19.43	19.44	43.83	43.80	43.86	43.83
120		15.74	15.73	15.73	15.73	54.52	54.55	54.55	54.54
180		13.88	13.89	13.87	13.88	59.90	59.87	59.92	59.90
60	6	16.29	16.31	16.28	16.29	52.93	52.87	52.96	52.92
120		14.62	14.61	14.61	14.61	57.76	57.79	57.79	57.78
180		12.36	12.35	12.37	12.36	64.29	64.32	64.26	64.29

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel L.4 Persentase Penurunan Kandungan Warna

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	%T			Absorbansi			Konsentrasi Warna (Pt-Co)			Konsentrasi Warna rata-rata (Pt-Co)	% Penurunan			% Penurunan rata-rata
		I	II	III	I	II	III	I	II	III		I	II	III	
60	4	71.0	71.4	71.2	0.15	0.15	0.15	0.88	0.86	0.87	0.87	52.88	53.47	53.68	53.18
120		72.6	72.8	72.7	0.14	0.14	0.14	0.80	0.79	0.80	0.80	57.20	57.28	57.69	57.24
180		74.0	74.2	73.9	0.13	0.13	0.13	0.73	0.72	0.74	0.73	60.90	61.01	60.85	60.78
60	6	72.1	72	72.1	0.14	0.14	0.14	0.83	0.83	0.83	0.83	55.86	55.11	56.10	55.53
120		73.0	73.4	73.2	0.14	0.13	0.14	0.78	0.76	0.77	0.77	58.26	58.88	59.01	58.57
180		74.9	75.1	74.8	0.13	0.12	0.13	0.69	0.68	0.69	0.69	63.24	63.37	63.18	63.13

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel L.5 Ekstraksi Tanaman Untuk Mengetahui Kandungan Cr Total

Kode Sampel	%T			Absorbansi			Konsentrasi (mg/l)			Rata-rata (mg/l)
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Blangko	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Awal	98.5	98.3	98.6	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
4 EC	18.9	18.8	18.8	0.72	0.73	0.73	4.08	4.09	4.09	4.09
6 EC	12.5	12	12.3	0.90	0.92	0.91	5.10	5.20	5.14	5.15

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel L.6 Ekstraksi Tanaman Untuk Mengetahui Kandungan Warna

Kode Sampel	%T			Absorbansi			Konsentrasi (PT-Co)			Rata-rata (PT-Co)
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Blangko	100	100	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Awal	90.1	90.5	90.4	0.05	0.04	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01
4 EC	72.1	72.3	72.1	0.14	0.14	0.14	0.83	0.82	0.83	0.82
6 EC	69	69.2	69.1	0.16	0.16	0.16	0.98	0.97	0.98	0.98

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel L.7 Data Analisa Pengukuran pH dan Suhu Pada Analisa Cr Total dan Warna

Waktu Detensi (jam)	Jumlah Tanaman Eceng Gondok (buah)	Pengukuran pH	Pengukuran Suhu (°C)
60	4	7,3	27
120		7,2	27
180		7,3	27
60	6	7,3	27
120		7,3	27
180		7,2	27

Sumber : Hasil Penelitian

**Tabel L.8 Hasil Penimbangan Berat Eceng Gondok Pada Reaktor 4
Tanaman**

No	Td 60 jam	Td 120 jam	Td 180 jam
1	52.5	45.9	47.2
2	46.7	49.8	43.8
3	55.1	57.9	59.5
4	55.7	56.4	59.5
Rata-rata	52.5	52.5	52.5

Sumber : Hasil Penelitian

**Tabel L.9 Hasil Penimbangan Berat Eceng Gondok Pada Reaktor 6
Tanaman**

No	Td 60 jam	Td 120 jam	Td 180 jam
1	41.3	45.9	47.2
2	45.9	40.1	43.8
3	43.9	47.6	51.3
4	46.7	43.2	40.7
5	40.1	46.2	40.0
6	45.1	40.0	40.0
Rata-rata	43.8	43.8	43.8

Sumber : Hasil Penelitian



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.011 / RT.3 / T.5 / R.0 / TT. 150809 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Ajeng Widyaningtyas
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang.
Telepon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : *Limbah Cair Industri Tekstil*
Wujud : Cair
Warna : Biru bening
Bau : -

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 17 November 2006

7. Data hasil analisa

Nama Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
<i>Limbah Cair Industri Tekstil</i>	Cr	34,61	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Parid Rahman, S. Si, M. Si.

NIP. 132 158 726

Malang, 21 November 2006

Kalab. Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP. 131/616 317



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.012/ RT.3 / T.5 / R.0 / TT. 150809 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Ajeng Widyaningtyas
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang.
Telepon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : *Limbah Cair Industri Tekstil*
Wujud : Cair
Warna : Biru bening .
Bau : -

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 29 November 2006

7. Data hasil analisa

Kode Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
<i>I</i> <i>(td 180jam)</i>	Cr	13,88	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20
<i>II</i> <i>(td 180jam)</i>	Cr	12,36	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 4 Desember 2006

Kalab. Lingkungan



Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP. 131 616 317



M. Farid Rahman, S. Si, M. Si.



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.013 RT.3 / T.5 / R.0 / TT. 150809 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Ajeng Widyaningtyas
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang.
Telepon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : *Limbah Cair Industri Tekstil*
Wujud : Cair
Warna : Biru bening
Bau : -

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 4 Desember 2006

7. Data hasil analisa

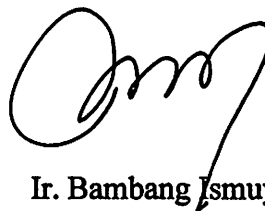
Kode Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
<i>I</i> <i>(td 120jam)</i>	Cr	15,73	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20
<i>II</i> <i>(td 120jam)</i>	Cr	14,61	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 7 Desember 2006

Kalab. Lingkungan



Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP. 131 616 317

Mengetahui:



M. Farid Rahman, S. Si, M. Si.
NIP. 132 158 726



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: H.014 / RT.3 / T.5 / R.0 / TT. 150809 / 2006

1. Data Konsumen:

Nama Konsumen : Ajeng Widyaningtyas
Instansi : FTSP Jurusan Teknik Lingkungan ITN.
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura I/9a Malang.
Telepon : (0341) 577712
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen

3. Identifikasi sampel:

Nama Sampel : *Limbah Cair Industri Tekstil*
Wujud : Cair
Warna : Biru bening
Bau : -

4. Prosedur analisa : dari Laboratorium Lingkungan, Jur.Kimia FMIPA Unibraw

5. Penyampaian laporan hasil analisis : diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 7 Desember 2006

7. Data hasil analisa

Kode Sampel	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisa	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
<i>I</i> (td 60jam)	Cr	19,44	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20
<i>II</i> (td 60jam)	Cr	16,29	mg/l	Diphenil Carbazide	Spektronik 20

Catatan:

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis yang dilakukan secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Boed Rahmanto, S. Si, M. Si.

NIP. 132 158 726

Malang, 9 Desember 2006

Kalab. Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP. 131 616 317

Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI TEKSTIL	
Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk	
17 m ³ /ton produk Tekstil Grey	
50 m ³ / ton produk Tekstil dari Pertenunan sampai pemucatan	
94 m ³ / ton produk Tekstil dari Pertenunan sampai Pewarnaan	
77 m ³ /ton produk Tekstil Pewarnaan tanpa Pertenunan	
6 m ³ /ton produk Tekstil Printing	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	50
COD	150
TSS	50
Phenol	1
Cr. Total	1
Minyak dan Lemak	3,6
NH ₃ -N (amonia total)	8
Sulfida (sebagai H ₂ S)	0,3
pH	6 – 9

Sumber : Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur, No 45 tahun 2002

LAMPIRAN

DATA ANALISA STATISTIK

Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Detensi, Jumlah Tanam

The regression equation is
 % Penurunan Cr = 27.9 + 0.114 Waktu Detensi (jam) + 2.79 Jumlah Tanaman (Buah)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27.888	1.955	14.27	0.000
Waktu Detensi (jam)	0.114319	0.007054	16.21	0.000
Jumlah Tanaman (Buah)	2.7872	0.3456	8.07	0.000

S = 1.46617 R-Sq = 95.6% R-Sq(adj) = 95.0%

Analysis of Variance

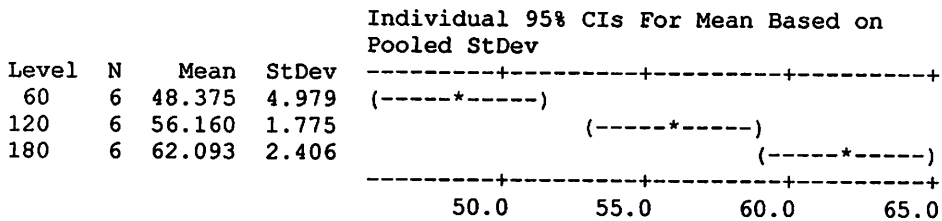
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	704.41	352.21	163.84	0.000
Residual Error	15	32.24	2.15		
Total	17	736.66			

Source	DF	Seq SS
Waktu Detensi (jam)	1	564.58
Jumlah Tanaman (Buah)	1	139.83

One-way ANOVA: % Penurunan Cr versus Waktu Detensi (jam)

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Detensi (j)	2	568.0	284.0	25.26	0.000
Error	15	168.7	11.2		
Total	17	736.7			

S = 3.353 R-Sq = 77.11% R-Sq(adj) = 74.05%

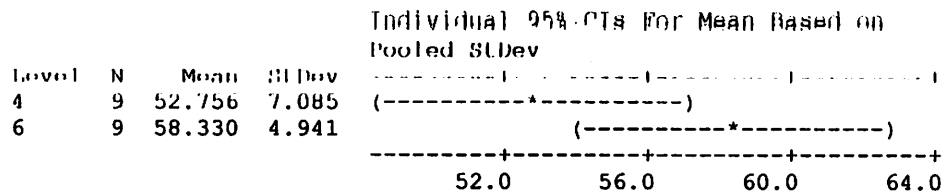


Pooled StDev = 3.353

One-way ANOVA: % Penurunan Cr versus Jumlah Tanaman (Buah)

Source	DF	SS	MS	F	P
Jumlah Tanaman (1	139.8	139.8	1.75	0.071
Error	16	596.8	37.3		
Total	17	736.7			

S = 6.107 R-Sq = 18.98% R-Sq(adj) = 13.92%



Pooled StDev = 6.107

Correlations: Waktu Detensi (jam), Jumlah Tanaman (Buah), % Penurunan Cr

	Waktu Detens	Jumlah Tanam
Jumlah Tanam	0.000	1.000
% Penurunan	0.875	0.436
	0.000	0.071

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Detensi, Jumlah Tanam

The regression equation is

$$\% \text{ Penurunan Warna} = 45.6 + 0.0631 \text{ Waktu Detensi (jam)} + 1.00 \text{ Jumlah Tanaman (Buah)}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	45.6317	0.5613	81.30	0.000
Waktu Detensi (jam)	0.063125	0.002025	31.17	0.000
Jumlah Tanaman (Buah)	1.00278	0.09922	10.11	0.000

S = 0.420942 R-Sq = 98.6% R-Sq(adj) = 98.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	190.242	95.121	536.82	0.000
Residual Error	15	2.658	0.177		
Total	17	192.900			

Source	DF	Seq SS
Waktu Detensi (jam)	1	172.142
Jumlah Tanaman (Buah)	1	18.100

Unusual Observations

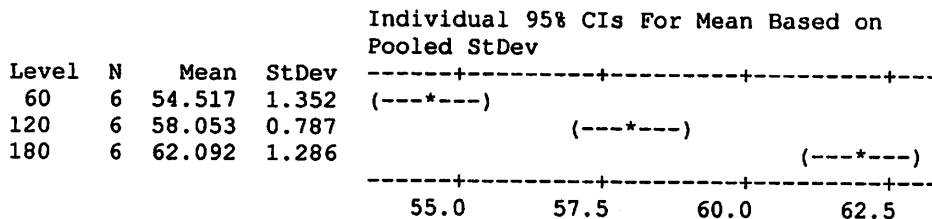
Obs	Waktu Detensi (jam)	% Penurunan Warna	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	120	58.2600	59.2233	0.1403	-0.9633	-2.43R

R denotes an observation with a large standardized residual.

One-way ANOVA: % Penurunan Warna versus Waktu Detensi (jam)

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Detensi (j)	2	172.39	86.20	63.05	0.000
Error	15	20.51	1.37		
Total	17	192.90			

S = 1.169 R-Sq = 89.37% R-Sq(adj) = 87.95%

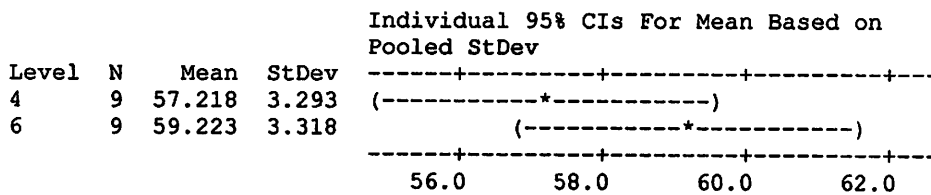


Pooled StDev = 1.169

One-way ANOVA: % Penurunan Warna versus Jumlah Tanaman (Buah)

Source	DF	SS	MS	F	P
Jumlah Tanaman (1	18.1	18.1	1.66	0.216
Error	16	174.8	10.9		
Total	17	192.9			

S = 3.305 R-Sq = 9.38% R-Sq(adj) = 3.72%



Pooled StDev = 3.305

Correlations: Waktu Detensi (jam), Jumlah Tanaman (Buah), % Penurunan Warna

	Waktu Detensi	Jumlah Tanam
Jumlah Tanam	0.000	1.000
% Penurunan	0.945	0.306
	0.000	0.216

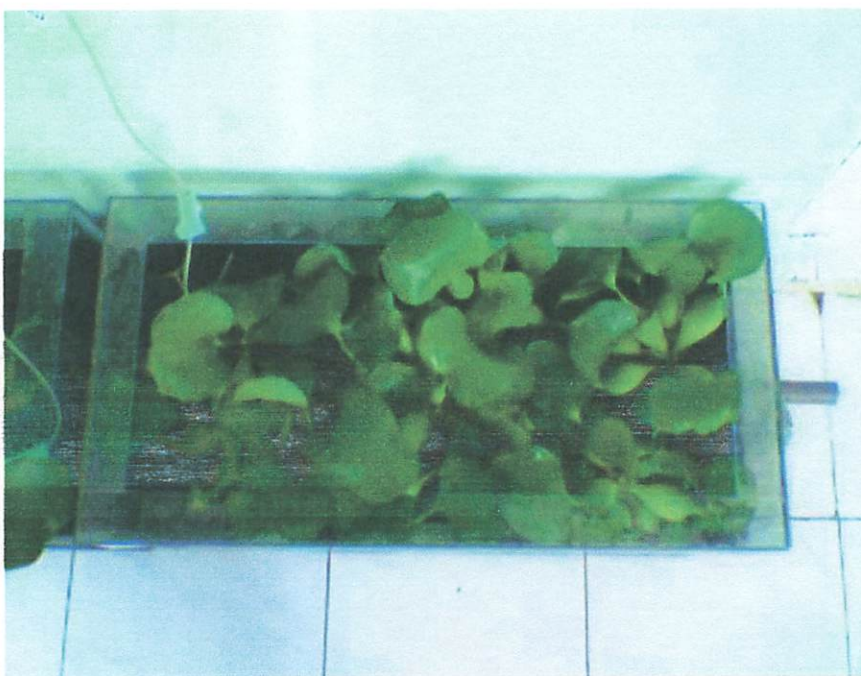
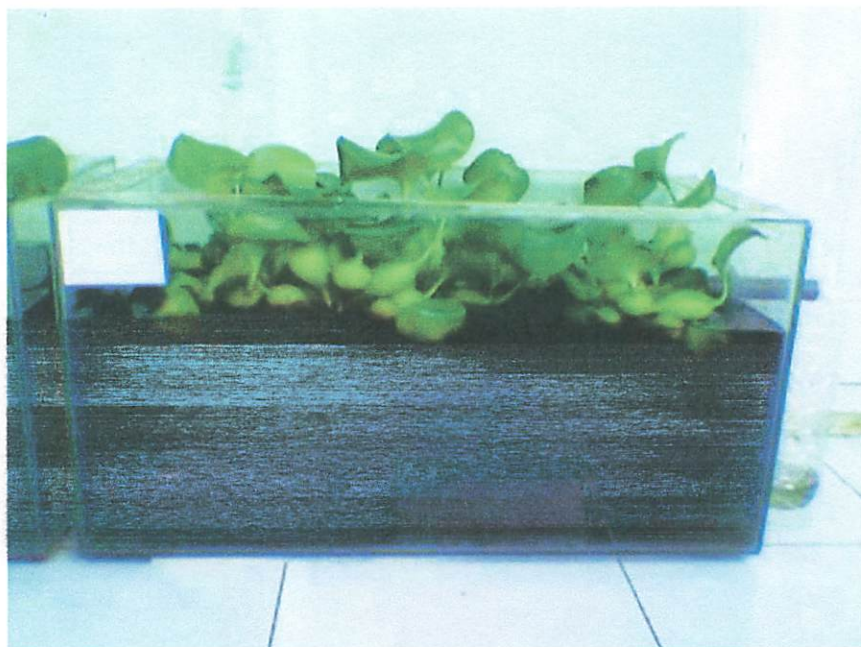
Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar L.5 Kondisi Eceng Gondok Saat Penelitian



Gambar L.6 Kondisi Eceng Gondok Setelah Penelitian

Смородице Кочеве Ресно Седок Зеторп Ренетин

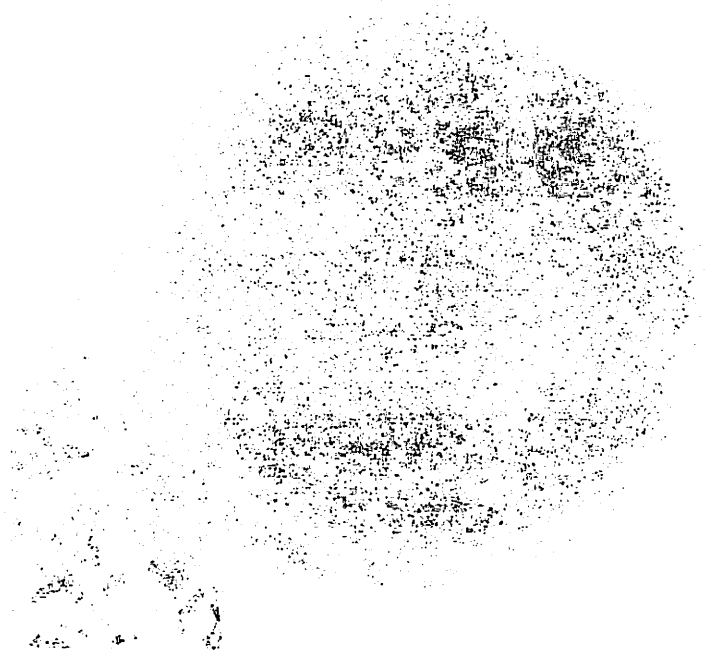




Gambar L.7 Bak Pengumpul Air Limbah



Gambar L.8 Spektrofotometer



Gambar 1.7. Pak Pengumpul Air Limbah

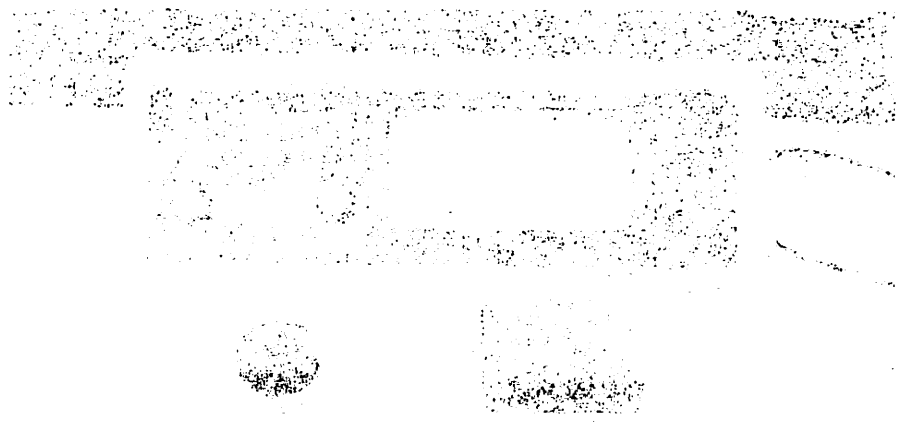


Diagram illustrating the components and layout of a wastewater collection system, showing a rectangular structure and a circular component below it.

Gambar 1.8. Spektrofotometer



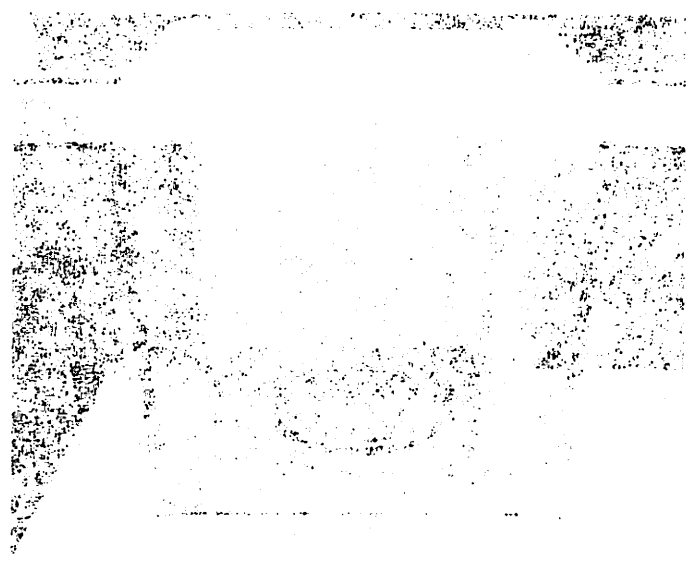
Gambar L.9 Desikator



Gambar L.10 Neraca Analitis



Cambridge University Press



Cambridge University Press



Gambar L.11 pH Meter



Gambar L12 Sampel Tanaman Uji Yang Telah Ditumbuk



Portrait of a man



Portrait of a man

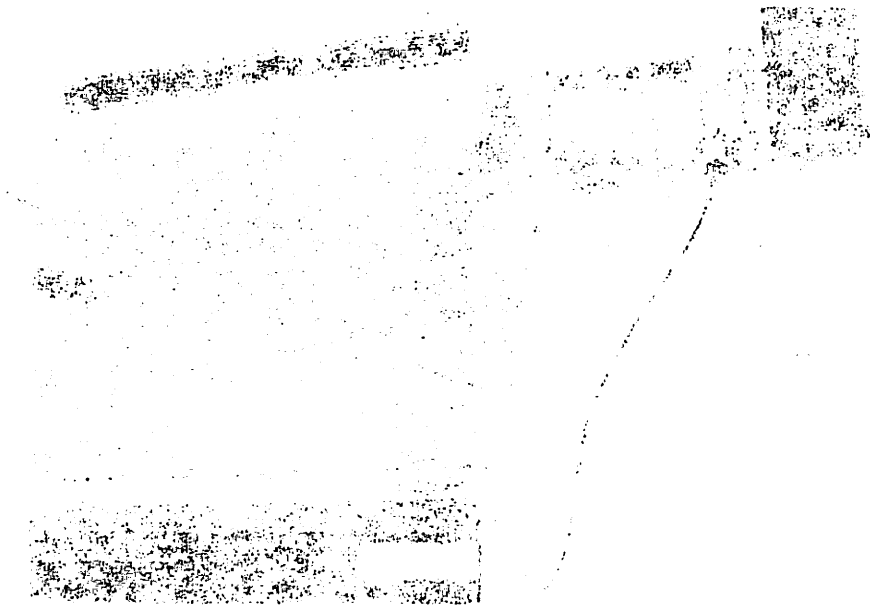


Gambar L.13 Sampel Tanaman Yang Telah Ditumbuk Dan Ditambahkan Larutan



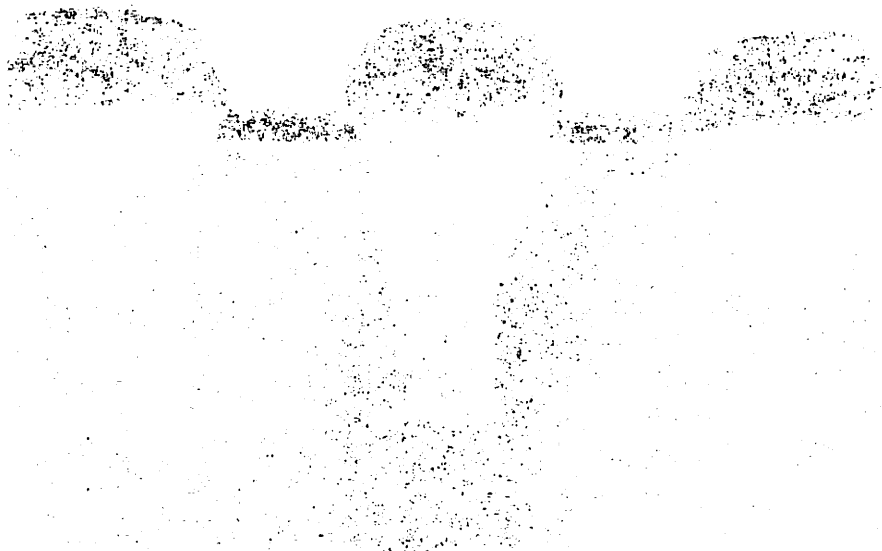
Gambar L.14 Oven

Contoh 1.13.1



Contoh 1.13.2

Contoh 1.13.2. Sifat-sifat himpunan dan operasi himpunan



LAMPIRAN
TABEL T DAN TABEL F

TABEL T

df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$	df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$
1	6.314	12.706	101	1.660	1.984
2	2.920	4.303	102	1.660	1.983
3	2.353	3.182	103	1.660	1.983
4	2.132	2.776	104	1.660	1.983
5	2.015	2.571	105	1.659	1.983
6	1.943	2.447	106	1.659	1.983
7	1.895	2.365	107	1.659	1.982
8	1.860	2.306	108	1.659	1.982
9	1.833	2.262	109	1.659	1.982
10	1.812	2.228	110	1.659	1.982
11	1.796	2.201	111	1.659	1.982
12	1.782	2.179	112	1.659	1.981
13	1.771	2.160	113	1.658	1.981
14	1.761	2.145	114	1.658	1.981
15	1.753	2.131	115	1.658	1.981
16	1.746	2.120	116	1.658	1.981
17	1.740	2.110	117	1.658	1.980
18	1.734	2.101	118	1.658	1.980
19	1.729	2.093	119	1.658	1.980
20	1.725	2.086	120	1.658	1.980
21	1.721	2.080	121	1.658	1.980
22	1.717	2.074	122	1.657	1.980
23	1.714	2.069	123	1.657	1.979
24	1.711	2.064	124	1.657	1.979
25	1.708	2.060	125	1.657	1.979
26	1.706	2.056	126	1.657	1.979
27	1.703	2.052	127	1.657	1.979
28	1.701	2.048	128	1.657	1.979
29	1.699	2.045	129	1.657	1.979
30	1.697	2.042	130	1.657	1.978
31	1.696	2.040	131	1.657	1.978
32	1.694	2.037	132	1.656	1.978
33	1.692	2.035	133	1.656	1.978
34	1.691	2.032	134	1.656	1.978
35	1.690	2.030	135	1.656	1.978
36	1.688	2.028	136	1.656	1.978
37	1.687	2.026	137	1.656	1.977
38	1.686	2.024	138	1.656	1.977
39	1.685	2.023	139	1.656	1.977
40	1.684	2.021	140	1.656	1.977
41	1.683	2.020	141	1.656	1.977
42	1.682	2.018	142	1.656	1.977
43	1.681	2.017	143	1.656	1.977
44	1.680	2.015	144	1.656	1.977
45	1.679	2.014	145	1.655	1.976
46	1.679	2.013	146	1.655	1.976
47	1.678	2.012	147	1.655	1.976
48	1.677	2.011	148	1.655	1.976
49	1.677	2.010	149	1.655	1.976
50	1.676	2.009	150	1.655	1.976

51	1.675	2.008	151	1.655	1.976
52	1.675	2.007	152	1.655	1.976
53	1.674	2.006	153	1.655	1.976
54	1.674	2.005	154	1.655	1.975
55	1.673	2.004	155	1.655	1.975
56	1.673	2.003	156	1.655	1.975
57	1.672	2.002	157	1.655	1.975
58	1.672	2.002	158	1.655	1.975
59	1.671	2.001	159	1.654	1.975
60	1.671	2.000	160	1.654	1.975
61	1.670	2.000	161	1.654	1.975
62	1.670	1.999	162	1.654	1.975
63	1.669	1.998	163	1.654	1.975
64	1.669	1.998	164	1.654	1.975
65	1.669	1.997	165	1.654	1.974
66	1.668	1.997	166	1.654	1.974
67	1.668	1.996	167	1.654	1.974
68	1.668	1.995	168	1.654	1.974
69	1.667	1.995	169	1.654	1.974
70	1.667	1.994	170	1.654	1.974
71	1.667	1.994	171	1.654	1.974
72	1.666	1.993	172	1.654	1.974
73	1.666	1.993	173	1.654	1.974
74	1.666	1.993	174	1.654	1.974
75	1.665	1.992	175	1.654	1.974
76	1.665	1.992	176	1.654	1.974
77	1.665	1.991	177	1.654	1.973
78	1.665	1.991	178	1.653	1.973
79	1.664	1.990	179	1.653	1.973
80	1.664	1.990	180	1.653	1.973
81	1.664	1.990	181	1.653	1.973
82	1.664	1.989	182	1.653	1.973
83	1.663	1.989	183	1.653	1.973
84	1.663	1.989	184	1.653	1.973
85	1.663	1.988	185	1.653	1.973
86	1.663	1.988	186	1.653	1.973
87	1.663	1.988	187	1.653	1.973
88	1.662	1.987	188	1.653	1.973
89	1.662	1.987	189	1.653	1.973
90	1.662	1.987	190	1.653	1.973
91	1.662	1.986	191	1.653	1.972
92	1.662	1.986	192	1.653	1.972
93	1.661	1.986	193	1.653	1.972
94	1.661	1.986	194	1.653	1.972
95	1.661	1.985	195	1.653	1.972
96	1.661	1.985	196	1.653	1.972
97	1.661	1.985	197	1.653	1.972
98	1.661	1.984	198	1.653	1.972
99	1.660	1.984	199	1.653	1.972
100	1.660	1.984	200	1.653	1.972

(Sumber: Sudjana, 2002)

TABEL F (α 5%)

Df	Df 1	Df 2	Df 3	Df 4	Df 5
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53
31	4,16	3,30	2,91	2,68	2,52
32	4,15	3,29	2,90	2,67	2,51
33	4,14	3,28	2,89	2,66	2,50
34	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49
36	4,11	3,26	2,87	2,63	2,48
37	4,11	3,25	2,86	2,63	2,47
38	4,10	3,24	2,85	2,62	2,46
39	4,09	3,24	2,85	2,61	2,46
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45
41	4,08	3,23	2,83	2,60	2,44
42	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44
43	4,07	3,21	2,82	2,59	2,43
44	4,06	3,21	2,82	2,58	2,43
45	4,06	3,20	2,81	2,58	2,42
46	4,05	3,20	2,81	2,57	2,42
47	4,05	3,20	2,80	2,57	2,41
48	4,04	3,19	2,80	2,57	2,41
49	4,04	3,19	2,79	2,56	2,40
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40
51	4,03	3,18	2,79	2,55	2,40

52	4.03	3.18	2.78	2.55	2.39
53	4.02	3.17	2.78	2.55	2.39
54	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38
56	4.01	3.16	2.77	2.54	2.38
57	4.01	3.16	2.77	2.53	2.38
58	4.01	3.16	2.76	2.53	2.37
59	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
61	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37
62	4.00	3.15	2.75	2.52	2.36
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
65	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.36
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
69	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
71	3.98	3.13	2.73	2.50	2.34
72	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
73	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
74	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
86	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
87	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
88	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
89	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
91	3.95	3.10	2.70	2.47	2.31
92	3.94	3.10	2.70	2.47	2.31
93	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
94	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
96	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
97	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
98	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
99	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.30
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.30
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30

106	1.91	1.08	2.69	2.46	2.10
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
110	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
111	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
112	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
113	3.93	3.08	2.68	2.45	2.29
114	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
115	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
116	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
117	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
118	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
119	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
121	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
122	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
123	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
124	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
126	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
127	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
128	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
129	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
130	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
131	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
132	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
133	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
134	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
135	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
136	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
137	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
138	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
139	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
140	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
141	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
142	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
143	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
144	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
145	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
146	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
147	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
148	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
149	3.90	3.06	2.67	2.43	2.27
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
151	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
152	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
153	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
154	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
155	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
156	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
157	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
158	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
159	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27

160	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
161	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
162	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
163	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
164	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
165	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
166	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
167	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
168	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
169	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
170	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
171	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
172	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
173	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
174	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
175	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
176	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
177	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
178	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
179	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
180	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
181	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
182	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
183	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
184	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
185	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
186	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
187	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
188	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
189	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
190	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
191	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
192	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
193	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
194	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
195	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
196	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
197	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
198	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
199	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26

(Sumber: Sudjana, 2002)

LAMPIRAN
DESAIN ALAT

Desain Alat

Dimensi reaktor :

$$\text{Panjang} = 60\text{cm} = 0,6\text{m}$$

$$\text{Lebar} = 35\text{cm} = 0,35\text{m}$$

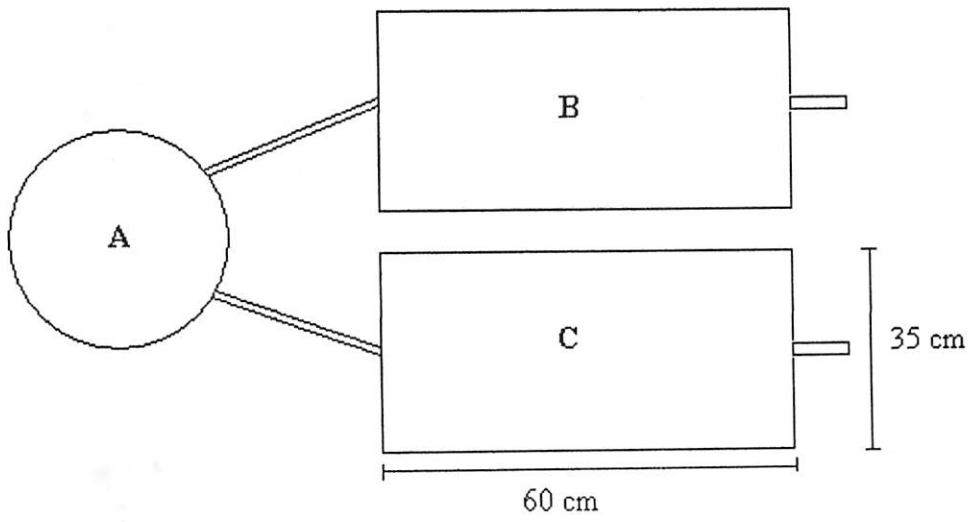
$$\text{Tinggi} = 30\text{cm} = 0,3\text{m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume I} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 0,6\text{m} \times 0,35\text{m} \times 0,3\text{m} \\ &= 0,063\text{m}^3 \\ &= 63 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi muka air} = 10\text{cm} = 0,1\text{m}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume II} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 0,6\text{m} \times 0,35\text{m} \times 0,2\text{m} \\ &= 0,042\text{m}^3 \\ &= 42 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana : Panjang} &= 60\text{cm} = 0,6\text{m} \\ \text{Lebar} &= 35\text{cm} = 0,35\text{m} \\ \text{Tinggi} &= 20\text{cm} = 0,2\text{m}\end{aligned}$$



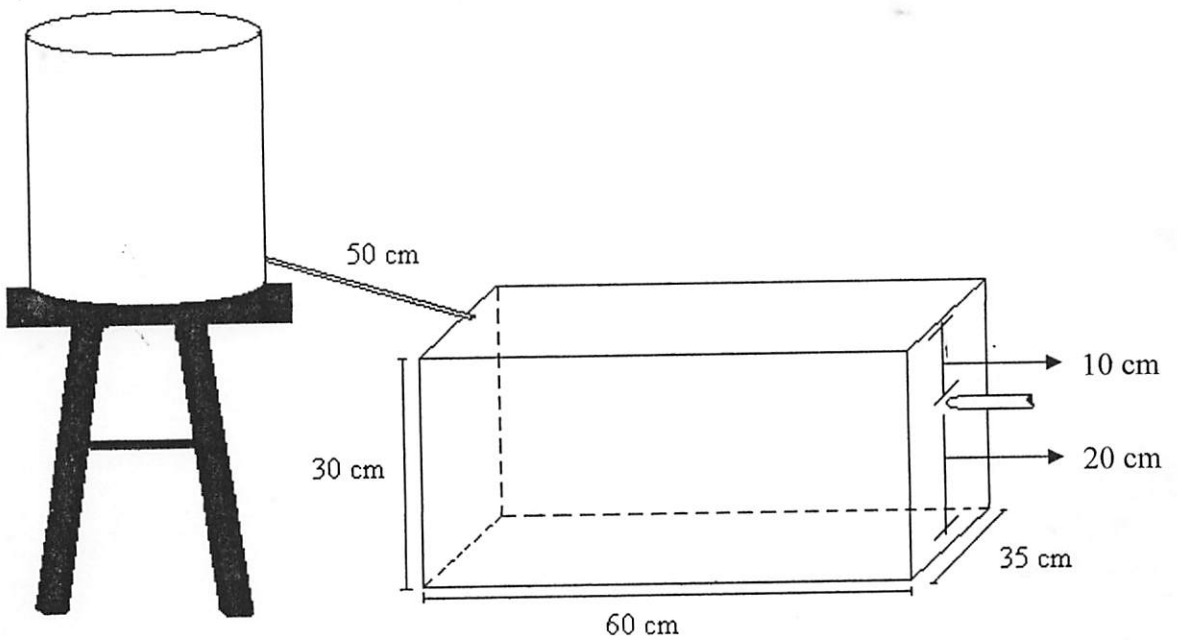
Gambar L.1 Desain Alat Tampak Atas

Keterangan :

A = Bak pengumpul (Air limbah industri tekstil)

B = Reaktor I (Untuk jumlah tanaman 4 buah)

C = Reaktor II (Untuk jumlah tanaman 6 buah)



Gambar L.2 Desain Alat



I would like to thank Jesus
Christ.

Thanks to my dad, mom and
brother for all the love and
support. You make the world a
better place. I'm grateful to
have all of you in my life.

Ia membuat segala sesuatu indah pada
waktunya, bahkan Ia memberikan
kekekalan dalam hati mereka. Tetapi
manusia tidak dapat menyelami
pekerjaan yang dilakukan Allah dari awal
sampai akhir. (Pkh 3 : 11)

To all my friend :

"Kadang cahaya hidup kita padam tetapi menyala kembali karena orang lain. Setiap orang berhutang rasa terima kasih paling dalam kepada siapa pun juga yang telah mengobarkan kembali cahaya itu."

Makasi buat sohib2ku "wong pitue" (Dessy mbo'd, Diah b'yah, Eka kto', Eva ma'pah, Li2 b'sur, Mita miton). Buat teman2 "team ceria" makaci ya buat bantuannya, Nensi ibonk, Indra ma'e, Wulan t-wul. Temen2 seperjuangan : pakde Hermawan, Yuda ndut, mas Bangun, mas Rebri Samson, Weny ma2 nesia.

Makaci buat temen2 seatap "wonogiri" : Bu Tuani, Evel NTT-IDOL, Ni2 semox, Tiwi ratu gossip, Devi mbo'd yang uda banyak tolong aku selama kerjain skripsi (makaci banget ya mbo' :) , Via criwis, Mba' Epit. Makasi juga buat temen2 kos biru, kos bening, kos b. Ratna dan kos Diandika (selama aku tinggal disitu, kalian selalu bantu aku). Buat temen2 "srimulat" (C-Bey, Kun, Njo, Yudek, Nu2ng) makaci supportnya. Special thanks to Maspay yang banyak sekali bantu aku, cepet nyusul ya, smangat. Temen2 O1 : Teguh, Erwin, Bayu, Jaki, Wildan, Dodi, Gofur, Andre, Zaenal, Nesta, Apay, Roni, Poppy, Andik, Yudis, Putu, Widi, Kadek, Wa2n, Taufik, Li2, Maria, Eva, Noi, Ina, Nila, Manik, Ika, Beby, azi2, adek2 tingkat yang sedang berjuang dan semua temen2 yang telah membantu yang tidak sempat ajenk sebut satu persatu.

by Ajenk

To : Use

Dia tidak pernah menginginkanku untuk mengkhawatirkannya, yang diinginkannya dariku adalah cinta. Dalam seluruh hidupnya, dia tidak pernah merengek atau menangis. Aku melakukan banyak hal untuk kami berdua. Pada saat-saat terakhir bersamanya, aku mengatakan kepadanya betapa aku sangat menyayanginya dan betapa aku sangat bangga akan siapa dia. Keindahannya yang sejati selalu bersinar dan sudah lama sekali aku melupakan bahwa dulu aku pernah menganggapnya tidak berarti. Aku mengatakan kepadanya betapa aku menghargainya karena dia tidak pernah memohon perhatian dan cintaku, namun menerimanya begitu saja dengan kesabaran bagi seseorang yang mengetahui bahwa mereka berhak mendapatkannya.

Luv