

SKRIPSI

UJI PERBANDINGAN PENURUNAN KONSENTRASI KROM TOTAL PADA LIMBAH TEKSTIL DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KIAMBANG SEBAGAI TANAMAN AIR TERAPUNG DAN TANAMAN HYDRILLA SEBAGAI TANAMAN AIR MELAYANG

Oleh :

TEGUH SATRIA FATONI

02.26.026



**MILIN
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

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

2008

1971

REPUBLIC OF INDONESIA

MINISTERIAL DEPARTMENT OF
GENERAL AFFAIRS AND LOCAL GOVERNMENT
JANUARY 1971

1971

MINISTERIAL DEPARTMENT
OF GENERAL AFFAIRS AND LOCAL GOVERNMENT

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTERIAL DEPARTMENT
OF GENERAL AFFAIRS AND LOCAL GOVERNMENT

MINISTERIAL DEPARTMENT OF
GENERAL AFFAIRS AND LOCAL GOVERNMENT
JANUARY 1971

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

UJI PERBANDINGAN

**PENURUNAN KONSENTRASI KROM TOTAL PADA LIMBAH TEKSTIL
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KIAMBANG SEBAGAI TANAMAN
AIR TERAPUNG DAN TANAMAN HYDRILLA
SEBAGAI TANAMAN AIR MELAYANG**

Oleh :

Teguh Satria Fatoni

02.26.026

Menyetujui:

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. P. 103 000 0349

Hardianto, ST. MT
NIP. P. 103 000 0350

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

Sudira, ST. MT

NIP. Y. 103 990 0327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

UJI PERBANDINGAN

**PENURUNAN KONSENTRASI KROM TOTAL PADA LIMBAH TEKSTIL
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KIAMBANG SEBAGAI TANAMAN
AIR TERAPUNG DAN TANAMAN HYDRILLA
SEBAGAI TANAMAN AIR MELAYANG**

Oleh :

Teguh Satria Fatoni

02.26.026

**TELAH DIPERTAHAKAN DI HADAPAN DEWAN PENGUJI PADA UJIAN
KOMPREHENSIP SKRIPSI JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN JENJANG
STRATA SATU (S - I), DAN DITERIMA UNTUK MEMENUHI SALAH SATU
SYARAT GUNA MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK PADA
TANGGAL 26 SEPTEMBER 2008.**

**MENGETAHUI
PANITIA UJIAN KOMPREHENSIP SKRIPSI**



Ketua

Arstha Nurul Hidayat, MTP
NIP. Y. 103900214

Sekretaris

Sudiro, ST.MT
NIP. Y. 1039900327

Penguji I

Sudiro, ST.MT
NIP. Y. 1039900327

Penguji II

Evy Hendrianti, ST. MMT
NIP. P. 1030300382

Fatoni, Teguh S., Dwiratna, Candra., Hardianto, 2008. **Uji Perbandingan Penurunan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Tekstil Dengan Menggunakan Tanaman Kiambang Sebagai Tanaman Air Terapung dan Tanaman Hydrilla Sebagai Tanaman Air Melayang**. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional.

ABSTRAKSI

Air limbah industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan. Pengolahan yang ada saat ini adalah sistem konvensional, pada umumnya sistem ini membutuhkan biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup mahal. Salah satu alternatif pengolahan air limbah yang dapat dipergunakan adalah menggunakan reaktor tumbuhan air karena instalasinya sederhana hanya melibatkan tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* sebagai komponen biologi tanpa peralatan yang rumit sehingga lebih mudah untuk diaplikasikan pada industri kecil, industri menengah maupun industri besar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* dalam menurunkan Cr Total pada air limbah tekstil, dengan menggunakan reaktor *feed batch*, air dari bak dialirkan secara gravitasi dan menggunakan penyinaran alami (sinar matahari). Dimana pada penelitian ini, meliputi variasi kepadatan tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta*, dan waktu detensi. Variasi waktu detensi yang dipilih, yaitu 8 hari, 12 hari dan 16 hari. Variasi kepadatan tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang dipilih, yaitu 40 mg/cm², 50 mg/cm², 60 mg/cm².

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Cr Total tertinggi terjadi pada variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² sebesar 71,58 % dengan waktu detensi 16 hari untuk tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan untuk tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) pada variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² persentase penurunan konsentrasi Cr Total sebesar 74,51 % dengan waktu detensi 16 hari.

Kata kunci : Cr, *Hydrilla*, Limbah Tekstil, *Salvinia molesta*.

Fatoni, Teguh S., Dwiratna, Candra., Hardianto, 2008. **Degradation Comparison Test of Cr Total Concentration at Textile Waste By Using Kiambang as Floating Plant and Hydrilla as Submerged Plant.** Report of Environmental Engineering Department of National Institute of Technology, Malang

ABSTRACT

Textile industry wastewater represent one of the contamination source which can damage environmental quality. Existing treatment in this time is conventional system, in general this system require operating expenses and conservancy which costly enough. One of the alternative treatment of wastewater able to be utilized by is to use plant water reactor because its installation modestly only using Hydrilla Verticillata and Salvinia Molesta plants as biological component without complicated equipments so that for application at small industry, middle industry and also big industry

This research aim to know ability of Hydrilla Verticillata and Salvinia Molesta in degrading Total Cr at textile wastewater by using reactor of feedbatch, flow from basin conducted gravitationally and use natural radiation (sunshine). Where at this research, covering density variation of Hydrilla Verticillata and Salvinia Molesta plants, and time of detention. Variation of time detention selected, that is 8 day, 12 day and 16 day. Density variation of Hydrilla Verticillata and Salvinia Molesta plants selected, that is 40 mg/cm², 50 mg/cm², 60 mg/cm².

Result of research indicate that percentage of highest degradation of Total Chrome concentration happened at variation of plant density was 60 mg/cm² equal to 71,58 % with time detention of 16 day for Kiambang (Salvinia Molesta) plant and for Hydrilla (Hydrilla Verticillata) plant at variation of plant density at 60 mg/cm² percentage of degradation of Total Chrome concentration equal to 74,51 % with time detention of 16 day.

Keyword : Cr, Hydrilla Verticillata, Salvinia Molesta, Textile wastewater.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan atas Kehadirat ALLAH SWT, karena Berkat Rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Uji Perbandingan Penurunan Konsentrasi Krom Total Pada Limbah Tekstil Dengan Menggunakan Tanaman Kiambang Sebagai Tanaman Air Terapung Dan Tanaman Hydrilla Sebagai Tanaman Air Melayang”** 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, karena itu 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.
2. Ibu Anis Artiyani, ST selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku Dosen Wali angkatan 2002.
3. Ibu Chandra Dwiratna, ST. MT selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Bapak Hardianto, ST. MT, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
6. Teman-teman Teknik Lingkungan khususnya Angkatan '02 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 saya susun.

Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, Oktober 2008

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v ..
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Tekstil	5
2.1.1. Proses Produksi	5
2.1.2. Air Limbah Tekstil	6
2.1.2.1. Parameter Kimia.....	7
2.1.2.2. Parameter Fisika.....	14
2.2. Fitoremediasi	16
2.3. Jenis-Jenis Tumbuhan Air.....	20
2.3.1. Tumbuhan Uji	23
2.3.1.1. Tumbuhan Hydrilla Verticillata	23
2.3.1.2. Tumbuhan Giant Salvinia (<i>Salvinia molesta</i>)	24
2.4. Removal Logam Berat Oleh Tumbuhan Air	25
2.4.1. Kemampuan Tumbuhan Air Untuk Removal Logam Berat ..	25
2.4.2. Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Air.....	26

2.6. Metode Pengolahan Data	27
2.6.1. Statistika Deskriptif dan Inferensi	28
2.6.2. Analisis Data Statistik dalam Minitab.....	28
2.6.3. Keunggulan Minitab.....	28
2.6.4. Analisis Korelasi	29
2.6.5. Analisis Regresi.....	30
2.6.6. Analisis Anova	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Variabel Penelitian	32
3.1.1. Variabel Terikat	32
3.1.2. Variabel Bebas	32
3.2. Alat-Alat dan Bahan.....	32
3.2.1. Alat–Alat	32
3.2.2. Bahan	33
3.3. Penelitian Pendahuluan	34
3.3.1. Analisa Awal Media Tanam	34
3.3.2. Aklimatisasi	34
3.4. Pelaksanaan Penelitian	35
3.4.1. Penelitian Dengan Variasi Kepadatan Tanaman <i>Hydrilla</i> dan <i>Salvinia molesta</i> dan Waktu Detensi.....	35
3.4.2. Pengukuran Pertumbuhan Tanaman.....	36
3.4.2. Ekstraksi Tanaman	37
3.5. Analisa Data dan Pembahasan	37
3.6. Kerangka Penelitian	39

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil	39
4.2. Hasil Penelitian	39
4.2.1 Analisis Penurunan Konsentrasi Krom total pada effluent	41

4.2.2. Analisis Pertumbuhan Tanaman.....	42
4.2.3. Analisis Konsentrasi Krom total pada Tanaman Hydrilla dan Kiambang	43
4.3. Analisis Penurunan Konsentrasi Krom total pada effluent	44
4.3.1. Analisis Deskriptif	
4.4. Uji Statistik.....	49
4.4.1. Tabel Hasil Uji ANOVA dan Kesimpulan.....	49
4.4.2 Tabel Analisa Korelasi dan Kesimpulan	52
4.4.3. Analisis Regresi.....	54
4.5. Pembahasan	57
4.4.1. Penurunan Konsentrasi Cr total	57

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Metode Analisis Laboratorium	34
Tabel 4.1. Hasil Analisis Awal Air Limbah Industri Tekstil	40
Tabel 4.2. Nilai Konsentrasi Krom total Akhir pada effluent	41
Tabel 4.3. Nilai Pertumbuhan Tanaman.....	42
Tabel 4.4. Nilai Konsentrasi Krom total pada Tanaman.....	43
Tabel 4.5. Nilai % Penurunan Konsentrasi Krom total	46
Tabel 4.6. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Kerapatan Terhadap % Penurunan Konsentrasi Krom total.....	49
Tabel 4.7. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu Terhadap % Penurunan Konsentrasi Krom total.....	50
Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Jenis Tanaman Terhadap % Penurunan Konsentrasi Krom total.....	51
Tabel 4.9. Korelasi Antara Variasi Kerapatan, Jenis tanaman, Dan Waktu Dengan % Penurunan Konsentrasi Cr total.....	52
Tabel 4.10. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total.....	54
Tabel 4.11. Hasil Uji Kelinearan Analisis Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Proses Produksi tekstil.....	4
Gambar 2.2. Proses Fitoekstraksi.....	17
Gambar 2.3. Proses Rizofiltrasi.....	18
Gambar 2.4. Proses Fitostabilisasi	18
Gambar 2.5. Proses Rizodegradasi.....	19
Gambar 2.6 Proses fitodegradasi.....	19
Gambar 2.7 Proses Fitovolatilisasi.....	20
Gambar 2.8. Tanaman Hydrilla (<i>Hydrilla verticillata</i>)	23
Gambar 2.9. Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	25
Gambar 3.1. Reaktor Uji	33
Gambar 4.1. Grafik Penurunan Konsentrasi Krom total dengan Menggunakan Hydrilla (<i>Hydrilla verticillata</i>).....	44
Gambar 4.2. Grafik Penurunan Konsentrasi Krom total dengan Menggunakan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	45
Gambar 4.3. Grafik % Penurunan Konsentrasi Krom total dengan Menggunakan Hydrilla (<i>Hydrilla verticillata</i>).....	47
Gambar 4.4. Grafik % Penurunan Konsentrasi Krom total dengan Menggunakan Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>)	48
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan % penurunan Cr Total dengan Hydrilla dan Kiambang terhadap Waktu (hari) dan Kerapatan Tanaman (mg/cm^2)	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan

Lampiran B Metode Analisis

Lampiran C Ekstraksi Tanaman

Lampiran D Dokumentasi

Lampiran E Data Minitab

Lampiran F Tabel Distribusi F

Lampiran G Standar Baku Mutu

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air buangan industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan. Parameter utama yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran oleh air buangan industri tekstil adalah COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), warna, phenol total, pH, padatan tersuspensi, dan krom total.

Krom sangat toksik dalam bentuk Cr (VI) daripada Cr (III) dan terakumulasinya krom dalam tubuh dapat merusak organ-organ tubuh seperti hati, ginjal dan dapat menghambat kerja enzim serta bersifat karsinogenik (Palar, 1994).

Salah satu alternatif untuk mengolah air limbah tersebut adalah menggunakan tumbuhan air (*Aquatic Plant*). Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah fitoremediasi. 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. Keuntungan menggunakan pengolahan jenis ini adalah instalasinya yang sederhana karena hanya melibatkan tanaman sebagai komponen biologi lingkungan tanpa peralatan yang rumit, sehingga pengadaan dan pengoperasiannya mudah, serta biaya operasional yang dibutuhkan relatif murah.

Kajian penanganan limbah dengan menggunakan tanaman air sudah banyak dilakukan diantaranya dengan menggunakan tanaman enceng gondok, kayu apu, dan lain-lain. Namun, pada penelitian ini akan digunakan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai tanaman air terapung dan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) sebagai tanaman air melayang untuk pembandingnya dalam menurunkan kadar krom pada limbah tekstil.

Kiambang (dari ki, pohon, tumbuhan, dan ambang) adalah merupakan nama umum bagi paku air (*Familia salvinaceae*) dari genus *Salvinia*. Tumbuhan ini biasa ditemukan mengapung di air menggenang, seperti kolam, sawah dan danau, atau di sungai yang mengalir tenang.

Kiambang memiliki dua tipe daun yang sangat berbeda. Daun yang tumbuh di permukaan air berbentuk cuping agak melingkar, berklorofil sehingga berwarna hijau, dan permukaannya ditutupi rambut berwarna putih agak transparan. (www.wikipedia.com).

Hydrilla juga dikenal sebagai semacam tumbuhan air, Florida Elodea, Wasserquirl dan Orang India Star-Vine. Daun-Daunnya kecil, lebarnya sekitar 2-4 mm dan panjangnya 6-20 mm. daun-daunnya seperti tali pengikat dengan ujung yang dipertajam dan mempunyai garis tepi yang bergerigi. Daun-Daunnya melingkar di sekitar tangkai pohon dengan jumlah 4-8 daun. (Langeland, 1996).

Hasil penelitian Hartini (2004), dengan menggunakan tanaman air Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai biomassa kering pada proses pengolahan limbah penyamakan kulit dengan waktu tinggal selama 6 jam, dapat menurunkan kadar krom sebesar 75,32 %, dan hasil penelitian Suciati (2003), juga diketahui bahwa dengan menggunakan tanaman air (*Hydrilla verticillata*) dapat menurunkan Krom pada limbah penyamakan kulit sebesar 76,15 % dengan waktu tinggal selama 16 hari.

Dari hasil beberapa penelitian tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk menurunkan konsentrasi Krom pada air limbah cair industri tekstil dengan menggunakan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai tanaman air terapung dan tanaman *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) sebagai tanaman air melayang.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Seberapa efektif tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan tanaman *Hydrilla* (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total pada limbah tekstil.

2. Berapa kepadatan optimum Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total pada limbah tekstil.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui seberapa efektif tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total pada limbah tekstil.
- b. Mengetahui kepadatan optimum Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total pada limbah tekstil.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) sebagai tanaman terapung dan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) sebagai Tanaman Melayang.
3. Pengukuran pertumbuhan tanaman digunakan sebagai indikator untuk mengetahui bahwa tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) maupun tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dapat menggunakan limbah tekstil untuk pertumbuhannya.
4. Penelitian ini dilakukan untuk melihat penurunan konsentrasi Cr total oleh tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*).
5. Menggunakan reaktor *Feedbatch* dengan sumber cahaya alami (matahari).
6. Parameter yang diuji adalah konsentrasi Cr total dalam limbah tekstil.

7. Penelitian :

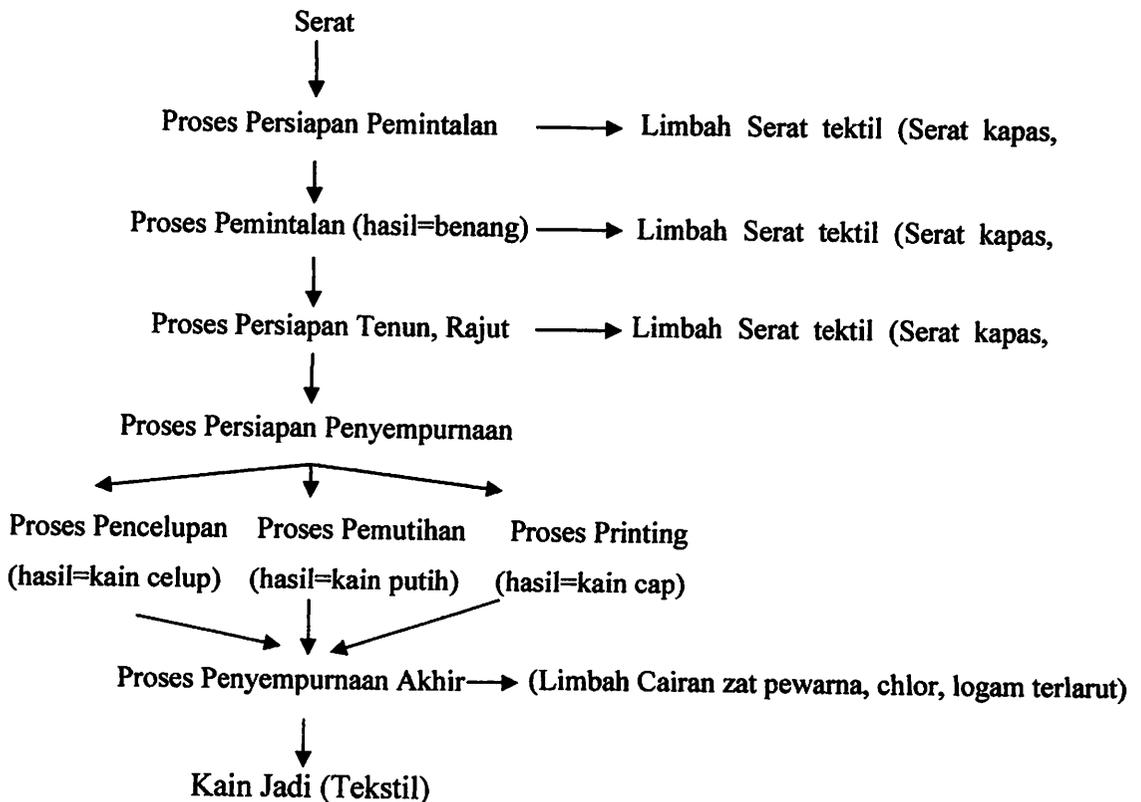
- a. Variasi Kepadatan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*).
- b. Variasi waktu detensi.

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. Skema proses produksi tekstil dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Proses Produksi Tekstil

(Evaluasi Tekstil, ITT Bandung 1975 dalam Widyaningtyas, 2007)

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, (Mahida, 1981) adalah :

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

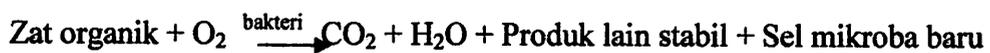
Dari beberapa hal yang ditimbulkan tersebut diatas akan menyebabkan bau yang kurang sedap, sebagai akibat dari peruraian bahan-bahan organik secara alami.

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*)

BOD 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. 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 :



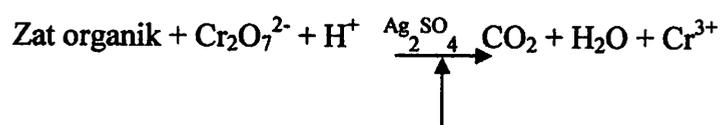
Pengujian BOD merupakan uji biasa dengan cara melakukan pengukuran banyaknya oksigen yang dipakai oleh mikroba pada kondisi yang persis sama dengan proses yang terjadi secara alamiah. Oleh karena itu zat-zat yang bersifat toksik tidak boleh ada dan zat nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba 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 (Alaerts dan Santika, 1984).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD 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 (CO₂) dan air (H₂O). 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 (CO₂) dan air (H₂O) oleh dikromat (Cr₂O₇²⁻) dalam suasana asam dan bantuan katalis Ag₂SO₄.

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 $\text{mg O}_2/\text{l}$ atau biasanya cukup dengan menuliskan mg/l (Alaert dan Santika, 1984)

3. pH (Derajat Keasaman)

pH 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

Senyawa anorganik 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.

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*).

6. Logam Berat

6.1. 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 essential.

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 jumlah berlebih maka akan meracuni tubuh makhluk hidup.

Contoh : Cu, Zn, Ni, Cr.

6.2. 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) : 12,0 $\mu \Omega$ 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 Cr²⁺ bersifat basa, senyawa yang dibentuk Cr³⁺ bersifat amfoter dan senyawa yang dibentuk oleh Cr⁶⁺ 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 Cr⁶⁺ merupakan bentuk logam yang lebih banyak dikenal daripada ion Cr³⁺ dan Cr²⁺, karena dapat mengakibatkan keracunan akut dan kronis. Ion Cr⁶⁺ di dalam proses metabolisme akan menghalangi dan menghambat kerja enzim Benzopiren hidroksilase 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+,

Cr²⁺ memiliki tingkat toksisitas yang rendah. Efek yang ditimbulkan pada toksisitas akut adalah gangguan pernafasan.

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, 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 satu 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.

2.1.2.2 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

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). SS terdiri atas padatan terendapkan (*settleable solid*) yang mempunyai diameter berukuran lebih dari 0,01 mm dan padatan tak terendapkan (*non settleable solid*) berukuran antara

partikel koloid dan padatan suspensi terendapkan (*settleable suspended solid*) 0,01-0,001 mm (Homer, 1987).

2.2. Fitoremediasi

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*), Hydrilla (*Hydrilla verticillata*), Kiambang (*Salvinia molesta*).

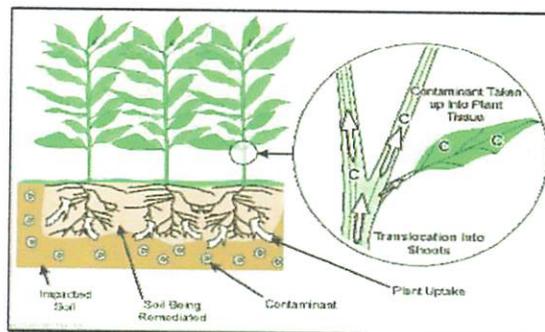
Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah *fitoremediasi*. Istilah *fitoremediasi* berasal dari kata Inggris *phytoremediation* kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *Phyto* asal kata Yunani atau *greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (plant), *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.

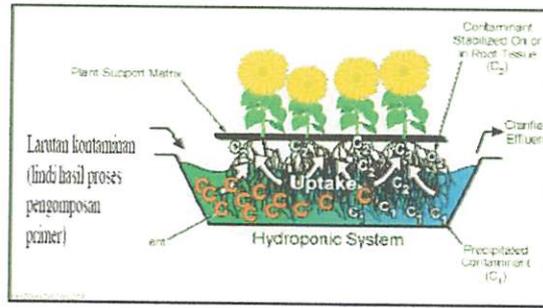
Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan, yaitu sebagai berikut :

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 2.1 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.



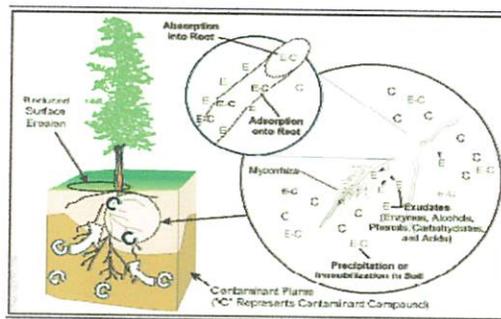
Gambar 2.1 Proses Fitoekstraksi
(Mangkoedihardjo, 2005)

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 2.2 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 2.2 Proses Rizofiltrasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

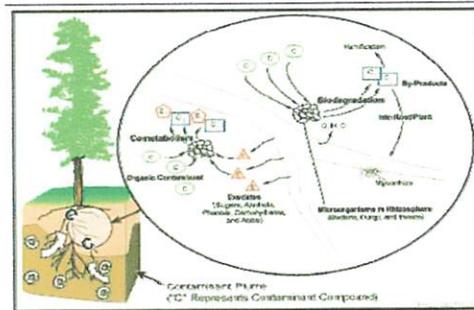
3. Fitostabilisasi (*phytostabilization*) yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Dapat dilihat pada gambar 2.3 akar tumbuhan 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 2.3 Proses Fitostabilisasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

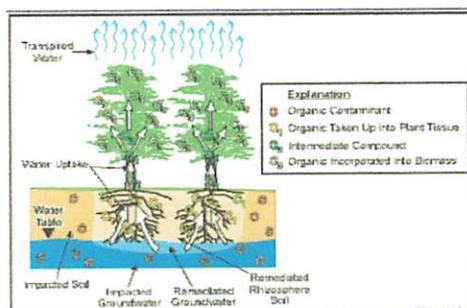
4. Rizodegradasi (*Rhizodegradation*) disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, or *planted-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri. Dapat dilihat pada gambar 2.4 polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh

rugi, 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.



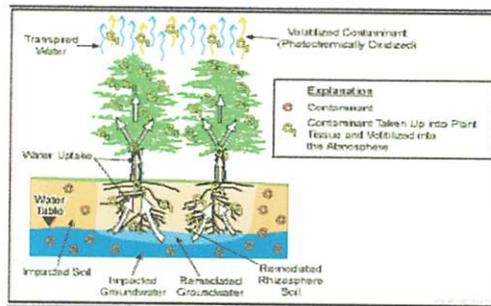
Gambar 2.4 Proses Rizodegradasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

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 2.5 organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.



Gambar 2.5 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 2.6 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 2.6 Proses Fitovolatilisasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

2.3. Jenis - Jenis Tumbuhan Air

Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup dalam habitat air atau pada tempat yang basah. Daerah persebaran dari tumbuhan air ini cukup luas sehingga dapat dijumpai didaerah perairan, baik itu sungai, danau, rawa-rawa dan sebagainya dengan berbagai jenis ragam dan bentuk serta sifat-sifatnya. Dalam pertumbuhannya, tumbuhan air ini ada yang seluruh bagiannya tercelup oleh air, namun ada juga yang hanya sebagian tubuhnya saja.

Tumbuhan air yang hidup dalam perairan memberikan keuntungan antara lain: menyumbang produktivitas dan menyediakan media substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu siklus nutrisi akumulasi di dalam sedimen. Kaitannya dengan fungsi *fitoremediasi* sebagai sistem pengolahan limbah cair, tumbuhan air berperan penting dalam menyediakan tempat untuk

menempelnya mikroba pengurai. Salah satu jenis mikroba pengurai yang menempel adalah jamur mikoriza arbuskular *Glomus mosseae*. Seperti beberapa jamur mikoriza lainnya jamur mikoriza arbuskular *Glomus mosseae* merupakan mikroorganisme yang mampu melakukan bioakumulasi logam berat.

Berdasarkan habitat dan karakteristiknya, tanaman air dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu :

1. Tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan (*Submerged Aquatic Plant*)

Merupakan tumbuhan yang hidupnya keseluruhan di dalam air atau tenggelam seluruh bagian. Akar dari tumbuhan ini dapat menyentuh dasar perairan, namun sebagian besar diantaranya melayang dan posisinya dalam air sangat menunjang fungsinya sebagai saringan dari berbagai jenis bahan terlarut yang terdapat di perairan. Contoh dari tumbuhan jenis ini adalah hydrilla (*Hydrilla verticillata*), Charra, *Egeria densa*, *Myriophyllum aquaticum*, dan *Elodea nutallii* (Anonim, 2003).

2. Tumbuhan air yang hidup di permukaan (*Floating Aquatic Plant*)

Ada dua jenis *floating type*, yaitu:

a. *Floating attached*

Jenis ini mempunyai daun yang mengapung di atas permukaan air tetapi akarnya tertanam pada bagian dasar. Yang termasuk dalam golongan ini adalah *Water lily (Nymphaea nauchali)*.

b. *Floating unattached*

Akar dari jenis ini menggantung di air dan tidak menempel pada dasar perairan dan juga tidak membutuhkan media di dalam penanamannya Sehingga cara penanaman tumbuhan ini lebih mudah hanya meletakkan di atas permukaan air saja. Yang termasuk dalam golongan ini adalah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Kayu Apu (*Pistia stratiotes*), Kangkung Air (*Ipomea aquatica*), Duckweed (*Lemna minor*), Giant salvinia (*Salvinia molesta*), *Azolla pinnata*.

Akar dari tumbuhan air mempunyai potensi untuk memisahkan (ekstraksi) dan mengolah logam berat yang terlarut dalam air dengan cepat seperti halnya potensi yang dimiliki oleh sedimen, dan kemampuan akar ini biasa dikenal dengan istilah *rhizofiltration* (Baker, 1999 dalam Amalia, 2005).

Tumbuhan air yang baik untuk melakukan *rhizofiltrasi* umumnya memiliki kemampuan untuk membentuk sejumlah besar biomassa akar yang baik dan mempunyai kapasitas besar untuk mengakumulasi logam dari larutan. *Rhizofiltrasi* mempunyai kemampuan lebih efektif dalam mengolah logam berat bila dibandingkan dengan sistem pertukaran ion (*ion exchange*) secara konvensional. Hal ini disebabkan karena akar tumbuhan air mempunyai peranan yang tinggi dan juga sistem transpor aktif secara biologis dalam mengakumulasi logam berat (Baker, 1999 dalam Amalia, 2005).

3. Tumbuhan air yang hidup di tepi perairan (*Marginal Emergent Aquatic Plant*)

Tumbuhan ini dapat tumbuh subur pada tanah basah, tanah selalu tertutup dengan jumlah air yang kecil atau tanah yang mengering dan menjadi jenuh (Anonim, 2003. *Water Gardening. nSnare Digital Media*). Jenis tumbuhan air ini memiliki akar dan batang yang terendam dalam air. Namun, sebagian besar batangnya justru menyembul ke permukaan air. Selain batang, bagian batang dan bunganya juga berada di atas permukaan air, yang termasuk tumbuhan jenis ini adalah *Cattail (Typha angustifolia)*, Rumput payung (*Cyperus alternifolius*) dan *Bulrush (Pontedoriacordenata)*.

4. Tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan (*Deep Aquatic Plant*)

Tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan mempunyai akar yang tertanam kuat pada bagian dasar tersebut, sedangkan batangnya berdiri tegak menopang daun dan bunga yang muncul pada permukaan air. Yang mana tinggi dan posisi batang biasanya tergantung pada kedalaman perairan tempat hidupnya. Sehingga akan dijumpai tinggi batang serta posisi tanaman yang berbeda-beda. Yang termasuk dalam golongan ini antara lain adalah *Nuphar* dan *Nymphania*.

2.3.1 Tumbuhan Uji

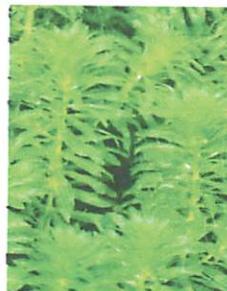
2.3.1.1 Tumbuhan *Hydrilla Verticillata*

Hydrilla verticillata merupakan tanaman air yang menimbulkan permasalahan di daerah perairan, salah satunya di florida, amerika. Tanaman ini berasal dari Afrika, Australia, dan sebagian asia tetapi diperkenalkan di florida pada tahun 1960 dalam perdagangan akuarium hydrilla dapat membentuk vegetasi yang besar yang dapat mengganggu dan merusak habitat organisme air termasuk ikan. Oleh karena itu banyak Negara yang berusaha memberantas tumbuhan ini sehingga tidak mengganggu habitat air (Langeland, 1996).

Hydrilla dapat tersebar dengan melalui benih, akar/umbi, fragmentasi dan tunas. Satu meter persegi hydrilla dapat menghasilkan 5000 akar/umbi. *Hydrilla* ini mempunyai beberapa keuntungan melebihi tanaman air lainnya yaitu dapat tumbuh dengan cahaya yang sedikit dan nutrient yang dibutuhkan lebih efisien. Tanaman ini mempunyai metode penyebaran yang efektif, disamping melalui benih (pembenihan hydrilla secara aktual jarang terlihat di alam), dapat juga tersebar menjadi tanaman baru dari pemutusan akar atau pemutusan batang yang mengandung sedikitnya dua lingkaran daun.

Hydrilla dapat diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri fisiknya :

- (1) Daun kecil berwarna hijau tua dengan ukuran lebar daun 2-4 mm dan panjang 6-20 mm,
- (2) Daunnya mengelilingi batang,
- (3) Panjang batang dari akar 30 cm, dan
- (4) Berada mengapung di permukaan air dan sedikit tenggelam. Gambar tanaman *Hydrilla* dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. *Hydrilla Verticillata*
(www.wikipedia.Com)

Tanaman ini memiliki klasifikasi sbb:

- Kingdome : plantae
- Subkingom : Tracheobionta
- Super divisi : spermatophyte
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Liliophyta
- Subkelas : Alismatidae
- Marga : Hydrocharitalis
- Famili : Hydrocharitalis
- Genus : Hydrilla L.C. Rich-Hydrilla
- Species : Hydrilla Verticillata-Water thyme (langeland, 1996)

2.3.1.2 Kiambang (*Salvinia molesta*)

Menurut buku "*Flora*", Kiambang (*Salvinia molesta*) termasuk dalam famili salvinace (paku rakit). Batang bercabang sedikit, daun bersatu menjadi karangan tiga yang rapat, dua daun tiap karangan mengapung, dengan tangkai pendek dan berambut, tidak berbagi dan tepi rata, yang ketiga menggantung dalam air, dengan tajuk berbentuk rambut dan juga berfungsi semacam akar (jadi tdk ada akar sesungguhnya). Daun yang mengapung mendatar rata di atas air; helaian lonjong memanjang, dengan kaki berbentuk jantung tidak dalam dan ujung membulat 9-13 kali 5-7 mm, hijau muda, dari bawah berambut coklat agak rapat; kedua sisi dari ibu tulang daun dengan tulang daun lateral sebanyak 15-20 buah, yang mendukung jerawat yang membunyai seberkas rambut (oleh karenanya dicegah menjadi basahya daun). Sporocarpia pada kaki daun yang membentuk serupa akar, terkumpul 2-8, putih kuning, berambut jarang yang mudah lepas; 1-2 yang terbawah betina, selainnya jantan. Januari. Asal dari daerah iklim sedang di Benua Lama. Seluruh Jawa, 5-1600 m, Biasanya terdapat di selokan, genangan tidak dalam, sawah yang digenangi. Gambar tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Salvinia Molesta
(www.wikipedia.com)

Tanaman ini memiliki klasifikasi sbb:

- Kingdome : plantae
- Subkingom : Tracheobionta (Tanaman vascular)
- Divisi : Pteridophyta (paku-pakuan)
- Kelas : Filicopsida
- Marga : Hydropteridales
- Famili : Salviniaceae (Paku rakit)
- Genus : Salvinia sequier
- Species : Salvinia molesta, mitchel

([HTTP: //plantsdatabase.com](http://plantsdatabase.com))

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 unsur 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 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 diangkut 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*.

2.6. 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. Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebutkan statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan informasi lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.2. Analisis Data Statistik dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program – program untuk mengolah data statistik secara lengkap. Program dapat dicari software-nya dalam website www.minitab.com. Seperti yang telah dijelaskan, komputer berperan sebagai alat Bantu untuk melakukan analisa data, sedangkan manusia berperan besar dalam mendesain dan menafsirkan output yang dihasilkan Minitab (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.3. Keunggulan Minitab

Keunggulan minitab adalah dapat digunakan dalam pengolahan data statistik untuk tujuan sosial maupun teknik. Minitab telah diakui sebagai program statistika yang sangat kuat dengan tingkat akurasi taksiran statistik yang tinggi.

Adapun keunggulan Minitab (terutama Minitab 14) dibandingkan program statistika lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006) adalah :

- Pada Minitab 14, tampilan menu yang lebih lengkap dan disertai toolbar – toolbar akan memudahkan pengguna dalam menjalankan perintah.
- Minitab menyediakan *Stat Guide* yang menjelaskan cara melakukan interpretasi table dan grafik statistika yang dihasilkan oleh Minitab dengan cara yang mudah dipahami.
- Ukuran worksheet dinamis dan memuat kolom sampai 4.000.
- Bahasa pemrograman macro lebih mudah. Minitab memiliki bahasa pemrograman macro yang sudah tersedia dalam Minitab versi sebelumnya. Bahasa pemrograman macro hampir mirip dengan bahasa pemrograman basic.
- Minitab 13 dan 14 mempunyai file Minitab Worksheet (MTW) dan Minitab Project (MPJ) yang digunakan untuk membedakan file worksheet dan file project. Minitab versi sebelumnya hanya memiliki file Minitab Worksheet (WTW). File Minitab Project (MPJ) mempermudah penyimpanan semua pekerjaan dalam 1 project.
- Minitab 13 dan 14 menyediakan ReportPad agar mudah membuat laporan project yang telah dibuat.
- Dalam Minitab, pengguna bias membuat nama yang panjang pada file tanpaharus menyingkat nama file.
- Minitab 14 memiliki beberapa tambahan, khususnya dalam melakukan analisis pengendalian kualitas statistik, desain eksperimen, analisis regresi, analisis reliabilitas, dan beberapa tambahan dalam analisis data kategori.
- Minitab 13 dan 14 menyediakan metode Taguchi untuk desain robust yang banyak digunakan dalam desain eksperimen.

2.6.4. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua

variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

Di mana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah Penolakan

$P\text{-Value} < \alpha$

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. Koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linear. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. Koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. Kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.6.5. Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor.
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.
- Model regresi berguna untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respons.

Model regresi memiliki variabel respons (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respons adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk

memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independent karena penelitian bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.6. Analisis ANOVA

Output analisis dalam Sub-subbab ditampilkan dalam window Session. Output memiliki 2 bagian utama, yaitu ANOVA dan output hasil uji perbandingan berpasangan. Output bagian pertama adalah ANOVA. Adapun hipotesis masalah adalah :

Hipotesis

- H_0 = Ketiga variasi kerapatan adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = Ketiga variasi kerapatan adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_1 ditolak

Daerah penolakan

Hipotesis awal akan ditolak apabila nilai F melebihi F, dimana F adalah banyak replikasi ditiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai F Selain menggunakan nilai F, kita bisa pula menggunakan p – value. Hipotesis awal akan ditolak apabila p – value kurang dari (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

3.1.1 Variabel Terikat

- a. Penurunan Cr total

3.1.2 Variabel Bebas

- Kepadatan tanaman : 40 mg/cm², 50 mg/cm², 60 mg/cm².
- Waktu detensi : 8 hari, 12 hari, 16 hari.

⇒ Variasi kepadatan tanaman diambil 40, 50, 60 (mg/cm²). Hal ini disesuaikan dengan ukuran reaktor dan juga ukuran tanaman uji setelah melakukan Uji pendahuluan

⇒ Variasi waktu detensi diambil 8, 12, 16 (hari). Hal ini disesuaikan dengan Analisis Pendahuluan waktu maksimum tanaman mampu bertahan dalam air limbah tekstil.

3.2 Alat-Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a) Reservoir

Bak reservoir berfungsi untuk menampung air limbah tekstil sebelum dialirkan ke dalam reaktor.

- b) Reaktor Uji

Dibutuhkan 6 buah bak reaktor berbentuk persegi panjang dengan panjang 50, lebar 25 cm dan tinggi 15 cm dengan volume air sebesar ± 12,5 L, masing-masing bak ditanami *Hydrilla verticillata*, *Salvinia molesta* untuk penurunan kosentrasi Cr total. Air dari bak reservoir dialirkan secara gravitasi dengan debit aliran yang telah ditentukan, dan lamanya waktu detensi air limbah didalam reaktor adalah 8, 12, 16 hari.



Gambar 3.1
Reaktor Uji

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

- Limbah cair industri tekstil.
- Aquadest.
- *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* sebagai tumbuhan uji.
- *Hydrilla verticillata* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kriteria sebagai berikut :
 - Warna tumbuhan : Hijau segar
 - Panjang 6-10 cm
 - lebar daun 0,2-0,4 cm
- *Salvinia molesta* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kriteria sebagai berikut :
 - Warna tumbuhan : hijau segar
 - Daun bersatu menjadi karangan tiga yang rapat, dua daun dari tiap karangan mengapung
 - Akar vertikal dengan panjang kira-kira 5 cm-7cm

3.3 Penelitian Pendahuluan

3.3.1 Analisis Awal Media Tanam

Analisis yang dilakukan dengan standart prosedur analisis yang terdapat pada Standart Methods (APHA, 1995), dan (Alaerts dan Santika, 1987).

Tabel 3.1. Metode Analisis Laboratorium

No.	Parameter	Metoda Analisis
1.	Cr Total	AAS
2	Temperatur	Termometer
3	pH	pH meter

(Sumber : Alaerts dan Santika, 1987)

3.3.2 Aklimatisasi

Sebelum diaplikasikan untuk menurunkan Cr total terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang dilakukan selama 7 hari. Tujuan proses aklimatisasi ini adalah supaya *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang nantinya akan menjadi media tumbuhnya (Suciati, 2003). Sebelum dilakukan aklimatisasi, terlebih dahulu dilakukan pemilihan tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang sehat dan segar agar selama pelaksanaan penelitian tumbuhan dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik.

Proses aklimatisasi tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Persiapan media tanam *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta*.
2. Pemilihan tumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang sehat dan segar serta tidak tercampur dengan spesies varietas yang lain.
3. Penanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* pada media tanam selama 7 hari.
4. Sistem pencahayaan yang digunakan adalah sistem pencahayaan alami (sinar matahari).

5. Setelah yang dilakukan selama 7 hari, dilakukan pemilihan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang segar dan selanjutnya siap untuk diaplikasikan, dimana sebelumnya dicuci terlebih dahulu.

(Suciati, 2003 dan Hartini, 2004)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini sistem proses yang digunakan adalah reaktor *Feedbatch*, atau yang kita kenal dengan semikontinyu dimana air limbah pada bak reservoir dialirkan secara kontinyu ke reaktor uji, sedangkan untuk effluent pada reaktor ujinya sendiri dalam keadaan tertutup (terdapat aliran masuk pada bak uji tetapi tidak ada aliran keluar). Pada penelitian ini, meliputi variasi yang dipakai adalah variasi kepadatan tanaman dan variasi waktu detensi. Pada waktu yang telah ditentukan, dilakukan pengamatan untuk mengukur kandungan Cr total, temperatur, pH pada media tanaman.

3.4.1 Penelitian Dengan Variasi Kepadatan Tanaman *Hydrilla* dan *Salvinia Molesta* dan Waktu Detensi.

Variasi kepadatan tanaman dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kepadatan tanaman terhadap penurunan kandungan konsentrasi Cr Total 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. pH awal diatur antara 6-9 agar diperoleh laju pertumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang maksimum
2. *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang telah diaklimatisasi ditiriskan dan ditimbang sesuai dengan variasi kepadatan tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* yang telah dipilih, yaitu : 40 mg/cm², 50 mg/cm², 60 mg/cm². Pemilihan ini disesuaikan dengan ukuran

reaktor dan ukuran tanaman uji, dengan catatan bahwa luas permukaan dari media media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* supaya tidak saling tumpang tindih. Kemudian *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* diaplikasikan pada media tanam yang telah tersedia yang sebelumnya dicuci terlebih dahulu.

4. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap tanaman uji, perubahan pH, perubahan suhu, konsentrasi Cr Total pada waktu yang telah ditentukan yaitu 8 hari, 12 hari, 16 hari.

3.4.2. Pengukuran Pertumbuhan Tanaman

Pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan keadaan awal dan akhir pada masing-masing reaktor. Pada tanaman *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* dilihat berdasarkan berat tanaman. Jumlah berat tanaman ditentukan dengan cara melakukan penimbangan berat basah tumbuhan terlebih dahulu sebelum dilakukan penanaman pada reaktor. Setelah berada di media tanam selama waktu yang ditentukan kemudian dilakukan kembali penimbangan berat basah *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta*, selanjutnya dapat dilakukan penghitungan nilai berat tanaman dengan menggunakan rumus RGR (*Relative Growth Rate*).

Apabila nilai RGRnya negatif menunjukkan jumlah *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* pada reaktor berkurang, sedangkan apabila nilai RGRnya positif menunjukkan jumlah *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia molesta* bertambah. Tumbuhan yang akan ditimbang di angin-anginkan selama beberapa menit hingga air pada tumbuhan berkurang.

$$RGR = \frac{\text{Berat 1} - \text{Berat 0}}{\text{Waktu}}$$

Dimana :

$$RGR = \text{Relative Growth Rate}$$

Berat 0	=	Berat tumbuhan sebelum di tanam pada media limbah tekstil (dinyatakan dalam berat basah tanaman (g)).
Berat 1	=	berat tumbuhan sesudah di tanam pada media limbah tekstil (dinyatakan dalam berat basah tanaman (g)).
Waktu	=	8 hari, 12 hari, 16 hari

3.4.3. Ekstraksi Tanaman

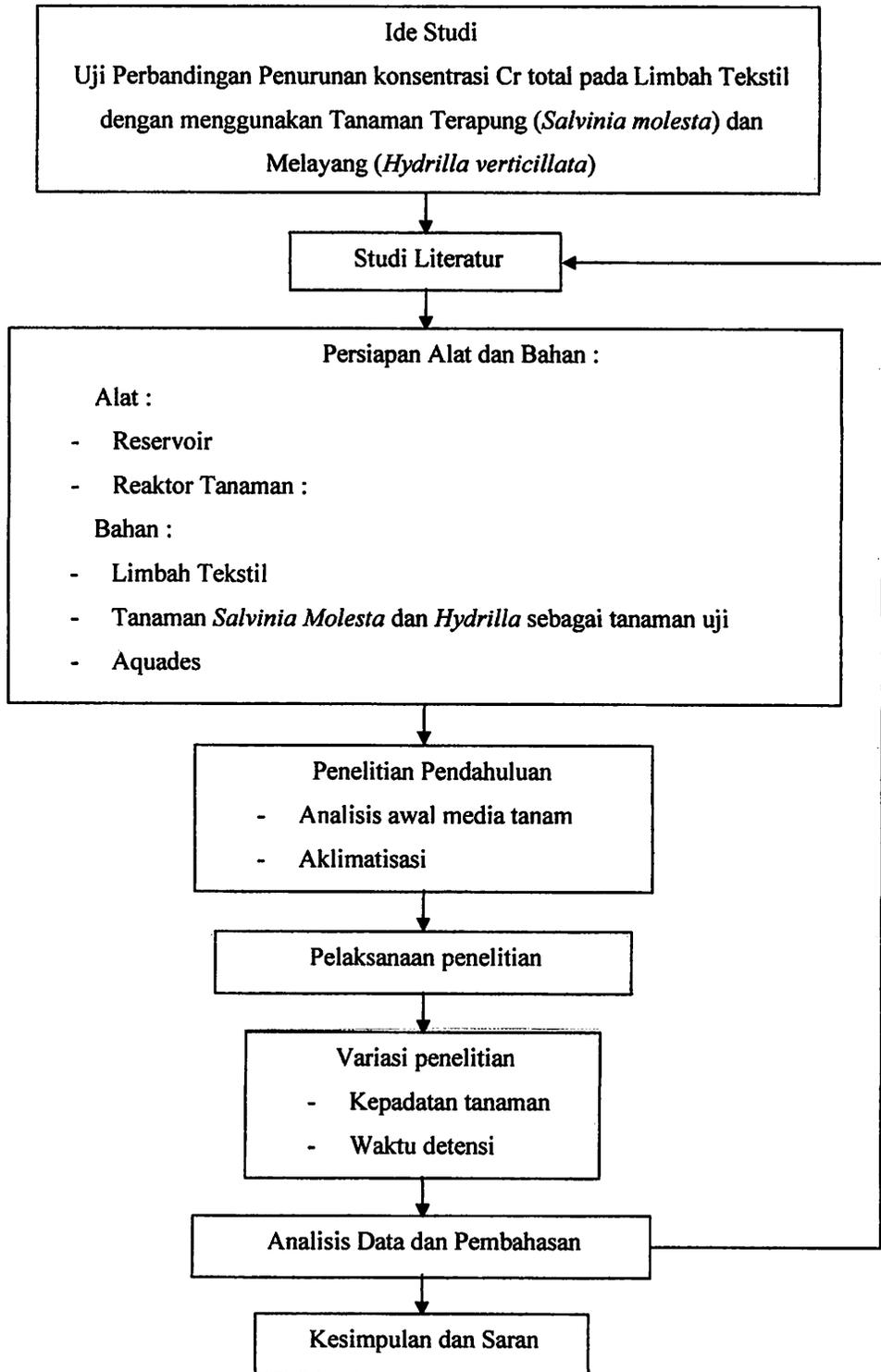
Ekstraksi ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* yang telah digunakan untuk penelitian mengandung Cr Total. Prosedur untuk penelitian ini adalah :

1. Tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* yang telah dipakai untuk penelitian dan tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* 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 sampai 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 10 ml 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 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data menggunakan Anova bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan (variasi kepadatan tanaman dan variasi waktu detensi) terhadap penurunan kadar Cr Total pada limbah tekstil. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel terikat.

3.6 Kerangka Penelitian



BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil

Analisis pendahuluan dilakukan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel penelitian. Berdasarkan analisis laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah industri tekstil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Analisis Awal Air Limbah Industri Tekstil

Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu Limbah Cair Tekstil Berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002
Cr Total	28,326 mg/l	1 mg/l
Temperatur	27 °C	24 – 28 °C
pH	7,6	6 - 9

Sumber : Hasil Penelitian (2008)

Berdasarkan dari tabel 4.1 kandungan konsentrasi Cr total pada limbah cair industri tekstil cukup tinggi dan tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan sehingga perlu dilakukan pengolahan pada limbah cair industri tekstil agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan.

4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Analisis Cr total pada Effluent

Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor *Feedbatch* yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang dan menggunakan variasi kerapatan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) yaitu : 40 mg/cm², 50 mg/cm², dan 60 mg/cm².

Pada tahap Aklimatisasi dilakukan pengenceran terhadap air limbah, yaitu dengan variasi air limbah dan air pengencer sebesar 30% (3 liter aquadest dan 7 liter air limbah), 50% (5 liter aquadest dan 5 liter air limbah), dan 70% (7 liter aquadest dan 3 liter air limbah). Setelah proses aklimatisasi didapat hasil yang optimal untuk pertumbuhan tanaman uji yaitu dengan variasi air limbah dan air pengencer sebesar 50%, yang dimaksud optimal untuk pertumbuhan tanaman adalah apabila tanaman dapat tumbuh subur dan tidak mengalami kematian serta muncul tanaman baru.

Hasil penelitian penurunan konsentrasi Krom total dengan menggunakan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Nilai Konsentrasi Akhir Krom Total pada Effluent

Hari ke-	Jenis Tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm)	Konsentrasi Akhir Cr Total (mg/l)
8	Kontrol	kontrol	27.81
	Hydrilla	40	18.312
		50	17.734
		60	17.439
	Kiambang	40	17.424
		50	16.265
		60	15.732
12	Kontrol	kontrol	27.68
	Hydrilla	40	13.215
		50	11.878
		60	10.025
	Kiambang	40	12.579
		50	11.232
		60	9.788
16	Kontrol	kontrol	27.52
	Hydrilla	40	10.118
		50	8.664

	Kiambang	60	7.221
		40	11.248
		50	10.184
		60	8.049

Sumber : Hasil Penelitian (2008)

4.2.2. Analisis Pertumbuhan Tanaman

Analisis pertumbuhan tanaman (*Relative Growth Rate*) Hydrilla dan Kiambang, dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Nilai Pertumbuhan Tanaman (*Relative Growth Rate*) Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Hari ke-	Jenis tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm ²)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Pertumbuhan Tanaman (g/hr)
8	Hydrilla	40	0.79	0.82	0.0037
		50	0.65	0.69	0.0050
		60	0.71	0.74	0.0038
	Kiambang	40	6.5	6.55	0.0062
		50	5.92	5.98	0.0075
		60	6.34	6.41	0.0088
12	Hydrilla	40	0.79	0.84	0.0042
		50	0.65	0.72	0.0058
		60	0.71	0.76	0.0042
	Kiambang	40	6.5	6.58	0.0067
		50	5.92	6.03	0.0092
		60	6.34	6.46	0.0100
16	Hydrilla	40	0.79	0.86	0.0044
		50	0.65	0.75	0.0063

		60	0.71	0.78	0.0044
	Kiambang	40	6.5	6.59	0.0056
		50	5.92	6.05	0.0081
		60	6.34	6.47	0.0081

(Sumber : Hasil penelitian (2008))

4.2.2. Analisis Konsentrasi Cr Total pada Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Nilai Konsentrasi Cr total pada tanaman Hydrilla dan tanaman Kiambang setelah dilakukan ekstraksi tanaman dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Konsentrasi Cr total di dalam Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada setiap variasi kerapatan Setelah dilakukan Ekstraksi Tanaman

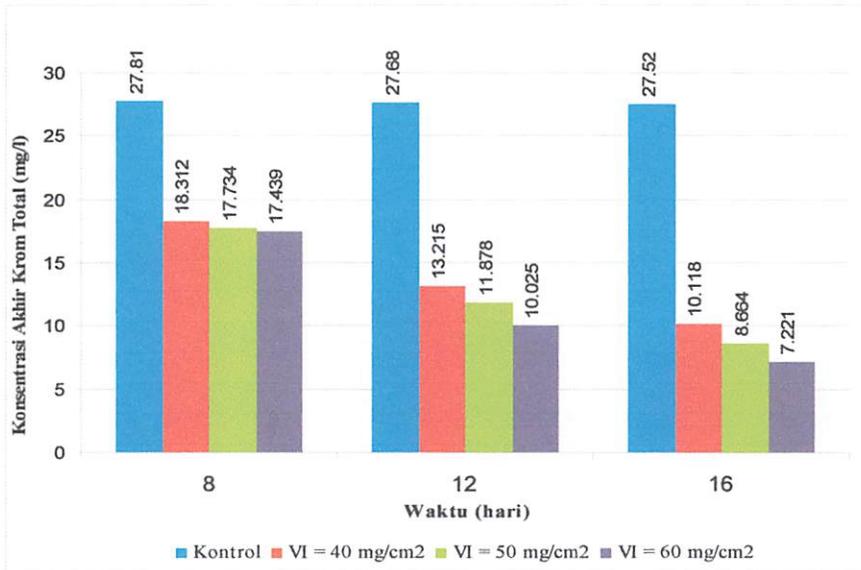
Jenis Tanaman	Kerapatan (mg/cm ²)	% T	Nilai Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/l)
Hydrilla	40	17,7	0,75	4,23
	50	18,7	0,73	4,14
	60	23,7	0,63	3,51
Kiambang	40	17	0,77	4,34
	50	17,2	0,76	4,28
	60	18,96	0,72	4,06

(Sumber : Hasil penelitian (2008))

4.3. Analisis Penurunan Konsentrasi Krom total

4.3.1 Analisis Deskriptif

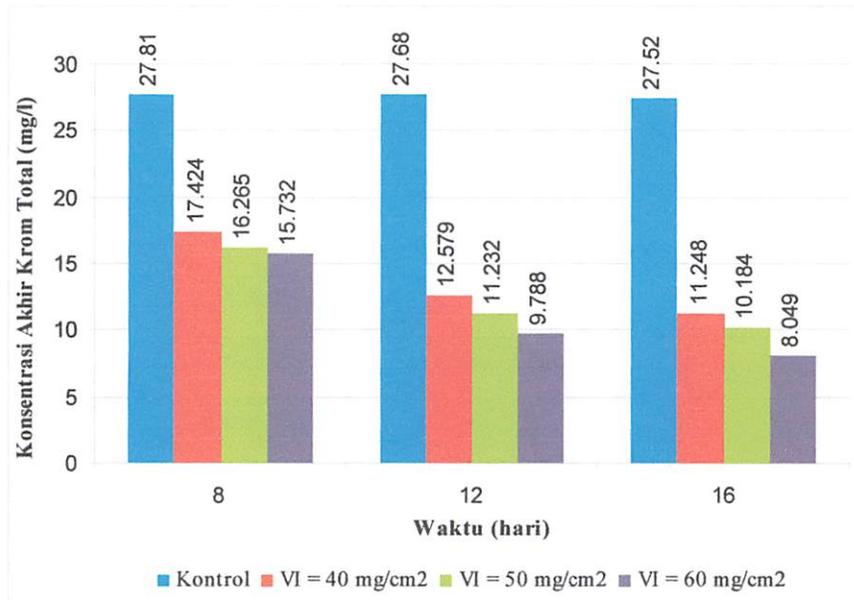
Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi Krom total pada setiap perlakuan variasi kerapatan tanaman seiring pertambahan waktu. Konsentrasi akhir Krom total dapat dilihat pada tabel 4.2 yang diplotkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar. 4.1. Grafik Konsentrasi Akhir Krom Total Dengan Menggunakan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)

Berdasarkan tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan konsentrasi Krom total seiring dengan pertambahan waktu. Hal ini membuktikan bahwa Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) mampu menyerap logam berat Krom total. Pada hari ke-8 penurunan konsentrasi Krom total sudah terjadi, untuk tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² konsentrasi akhirnya sebesar 18.312 mg/l, pada variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 17.734 mg/l, dan pada variasi kerapatan 80 mg/cm² sebesar 17.439 mg/l. Begitu juga pada hari ke-12 sampai hari ke-16 tetap terjadi penurunan konsentrasi Krom total pada semua variasi kerapatan tanaman. Pada saat hari ke-16 terjadi penurunan konsentrasi Krom total yang terbesar untuk semua variasi kerapatan tanaman, yaitu pada variasi kerapatan 40 mg/cm²

konsentrasi akhirnya sebesar 10,118 mg/l, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 8,664 mg/l, dan pada variasi kerapatan 60 mg/cm² konsentrasi akhir Krom total sebesar 7,221 mg/l.



Gambar 4.2. Grafik Konsentrasi Akhir Krom Total Dengan Menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan konsentrasi Krom total seiring dengan pertambahan waktu. Hal ini membuktikan bahwa Kiambang (*Salvinia molesta*) mampu menyerap logam berat Krom total Krom total. Pada hari ke-8 penurunan konsentrasi Krom total sudah terjadi, untuk tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² konsentrasi akhirnya sebesar 17,424 mg/l, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 16,265 mg/l, dan pada variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 15,732 mg/l. Begitu juga pada hari ke-12 sampai hari ke-16 tetap terjadi penurunan konsentrasi Krom total pada semua variasi kerapatan tanaman. Pada saat hari ke-16 terjadi penurunan konsentrasi Krom total yang terbesar untuk semua variasi kerapatan tanaman, yaitu pada variasi kerapatan 40 mg/cm² konsentrasi akhirnya sebesar 11,248 mg/l, pada variasi kerapatan 50 mg/cm²

sebesar 10,184 mg/l, dan pada variasi kerapatan 60 mg/cm² konsentrasi akhir Krom total sebesar 8,049 mg/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan konsentrasi Krom total setiap variasi kerapatan tanaman dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$\%R = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

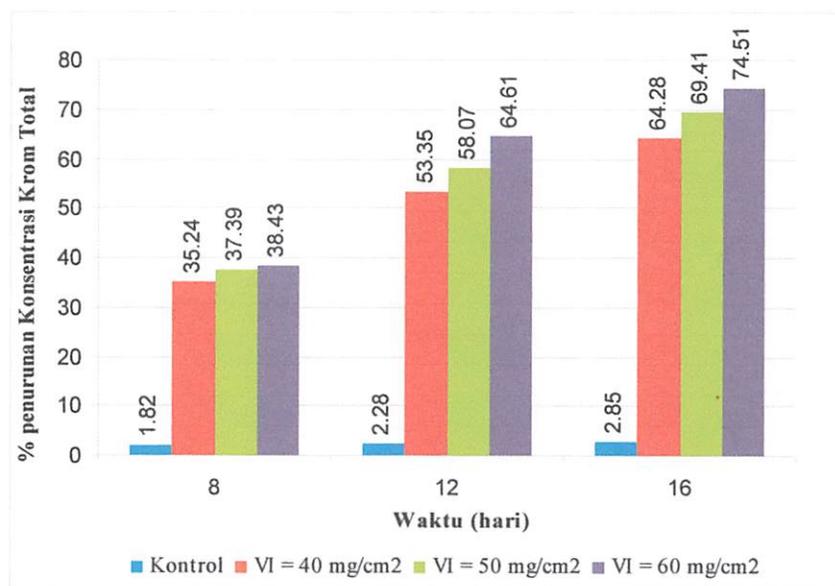
Perhitungan persentase penurunan konsentrasi Krom total dapat dilihat pada Tabel 4.5 yang diplotkan pada Gambar 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.5. Nilai % Penurunan Konsentrasi Krom Total

Hari ke-	Jenis Tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm²)	% Penurunan Konsentrasi Cr Total
8	Kontrol	kontrol	1.82
	Hydrilla	40	35.24
		50	37.39
		60	38.43
	Kiambang	40	38.49
		50	42.70
60		44.46	
12	Kontrol	kontrol	2.28
	Hydrilla	40	53.35
		50	58.07
		60	64.61
	Kiambang	40	55.59
		50	60.35
60		65.48	

Hari ke-	Jenis Tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm ²)	% Penurunan Konsentrasi Akhir Cr Total
16	Kontrol	kontrol	2.85
	Hydrilla	40	64.28
		50	69.41
		60	74.51
	Kiambang	40	60.29
		50	64.05
		60	71.58

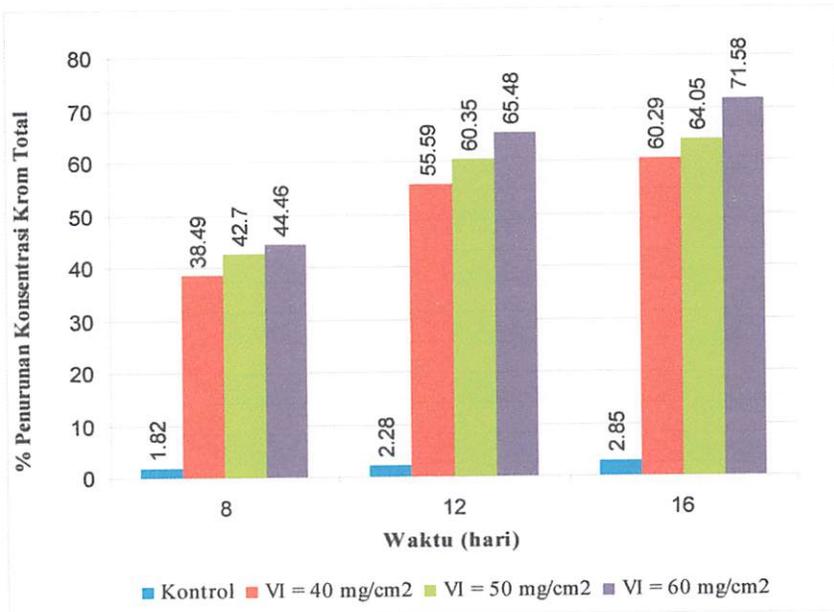
Sumber : Hasil Penelitian (2008)



Gambar 4.3 Grafik % Penurunan Konsentrasi Krom Total Dengan Menggunakan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.3 didapatkan % penurunan konsentrasi Krom total dengan menggunakan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*), yaitu pada hari ke-8 dengan variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² memberikan hasil yang terbesar didalam penurunan Krom total dengan menurunkan konsentrasi Krom total sebesar 38,43 %, sedangkan pada variasi kerapatan

tanaman 40 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 35,24 % dan pada variasi kerapatan tanaman 50 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 37,39 %. Sedangkan pada hari ke-12 sampai hari ke-16 tetap variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² memberikan hasil yang terbesar didalam penurunan Krom total. Pada saat hari ke-16 persentase penurunan konsentrasi Krom total dengan menggunakan Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dengan variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² menurunkan konsentrasi Krom total sebesar 74,51 %, sedangkan pada variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 64,28 % dan pada variasi kerapatan tanaman 50 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 69,41 %.



Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi Krom Total Dengan Menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*)

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.4 didapatkan persentase penurunan konsentrasi Krom total dengan menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*), yaitu pada hari ke-8 dengan variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² memberikan hasil yang terbesar didalam penurunan Krom total dengan menurunkan konsentrasi Krom total sebesar 44,46 %, sedangkan pada variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 38,49 % dan pada

variasi kerapatan tanaman 50 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 42,70 %. Sedangkan pada hari ke-12 sampai hari ke-16 tetap variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² memberikan hasil yang terbesar didalam penurunan Krom total. Pada saat hari ke-16 persentase penurunan konsentrasi Krom total dengan menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*) dengan variasi kerapatan tanaman 60 mg/cm² menurunkan konsentrasi Krom total sebesar 71,58 %, sedangkan pada variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 60,29 % dan pada variasi kerapatan tanaman 50 mg/cm² terjadi persentase penurunan Krom total sebesar 64,05 %.

4.4 Uji Statistik

Penelitian ini menggunakan uji statistik dengan metode ANOVA *One Way* dengan menggunakan *Software* bantu Minitab 14.

4.4.1 Tabel Hasil Uji ANOVA dan Kesimpulan

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara variasi kerapatan, jenis tanaman dan waktu penelitian terhadap persentase penurunan konsentrasi krom total, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

- a) Uji ANOVA untuk pengaruh variasi kerapatan terhadap persentase penurunan konsentrasi krom total. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Kerapatan Terhadap % Penurunan Konsentrasi Krom Total

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus kerapatan (mg/cm²)					
Source	DF	SS	MS	F	P
kerapatan (mg/cm	2	224	112	0.65	0.536
Error	15	2585	172		
Total	17	2809			

Keterangan :

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Uji
- P = Nilai Probabilitas

Keputusan :

➤ $P = 0,536 > \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara ke-3 variasi kerapatan tanaman (40 mg/cm^2 , 50 mg/cm^2 dan 60 mg/cm^2) terhadap persentase penurunan konsentrasi Cr total.

➤ Nilai F

Berdasarkan tabel 4.6 nilai F hitung 0,65 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,68. 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 kerapatan tanaman terhadap persentase penurunan Cr total.

b) Uji ANOVA untuk pengaruh variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan konsentrasi krom total. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Uji ANOVA Untuk Pengaruh Variasi Waktu (hari) Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi Krom total

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus Waktu (hari)					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu (hari)	2	2487.9	1244.0	58.15	0.000
Error	15	320.9	21.4		
Total	17	2808.8			

Keputusan :

➤ $P = 0,000 < \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara ke-3 variasi waktu detensi terhadap persentase penurunan konsentrasi Cr total.

➤ Nilai F

Berdasarkan tabel 4.7 nilai F hitung 58,15 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.

- c) Uji ANOVA untuk pengaruh jenis tanaman terhadap persentase penurunan konsentrasi krom total. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh Jenis Tanaman Terhadap Persentase Penurunan Konsentrasi Krom total

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus Jenis tanaman					
Source	DF	SS	MS	F	P
Jenis tanaman	1	3	3	0.02	0.893
Error	16	2805	175		
Total	17	2809			

Keputusan :

- $P = 0,893 > \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara ke-2 jenis tanaman (Hydrilla dan Kiambang) terhadap persentase penurunan konsentrasi Cr total.

- Nilai F

Berdasarkan tabel 4.8 nilai F hitung 0,02 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 jenis tanaman terhadap persentase penurunan Cr total.

4.3.3 Tabel Analisa korelasi dan kesimpulan

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variasi kerapatan, jenis tanaman dan waktu penelitian dengan persentase penurunan konsentrasi Cr total dapat digunakan analisis korelasi. Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Korelasi Antara Variasi Kerapatan, Jenis Tanaman dan Waktu Dengan Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total

Correlations: % penurunan , Waktu pengam, kerapatan (m, Jenis tanama			
	% penurunan	Waktu pengam	kerapatan (m
Waktu (hari)	0.912 0.000		
kerapatan (m	0.282 0.256	0.000 1.000	
Jenis tanama	0.034 0.893	0.000 1.000	0.000 1.000

Tabel 4.9. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasinya yaitu:

- Besar hubungan antara % penurunan Cr total dengan waktu adalah 0,912. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara selang 0,9 dengan 1 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka % penurunan Cr total akan meningkat.

Keputusan:

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.9. memperlihatkan bahwa nilai P adalah 0,000. Karena nilai P lebih kecil dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah ada korelasi antara variabel waktu detensi dan % penurunan Cr total, dimana 91,2 % penurunan Cr total dipengaruhi oleh variasi waktu detensi.

- Besar hubungan antara % penurunan Cr total dengan Kerapatan tanaman adalah 0,282. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada di antara 0,2 dengan 0,4 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif

pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar variasi kerapatan tanaman maka % penurunan Cr total akan meningkat.

Keputusan:

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.9. memperlihatkan bahwa nilai P adalah 0,256. Karena nilai P lebih besar dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 diterima dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah tidak ada korelasi antara variabel kerapatan tanaman dengan % penurunan Cr total, dimana 25,6 % penurunan Cr total tidak dipengaruhi oleh variasi kerapatan tanaman.

- Besar hubungan antara % penurunan Cr total dengan Jenis tanaman adalah 0,034. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kedua variabel karena berada di bawah 0,2 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin besar jenis tanaman maka % penurunan Cr total akan meningkat.

Keputusan:

Hasil analisis korelasi pada tabel 4.9. memperlihatkan bahwa nilai P adalah 0,893. Karena nilai P lebih besar dari α ($\alpha = 0,05$), maka H_0 diterima dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari uji hipotesis ini adalah tidak ada korelasi antara jenis tanaman dengan % penurunan Cr total, dimana 89,5 % penurunan Cr total tidak dipengaruhi oleh jenis tanaman.

4.3.4 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel variasi kerapatan tanaman, jenis tanaman dan waktu penelitian terhadap variabel Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 4.10. dan 4.11.

**Tabel 4.10. Koefisien Persamaan Regresi
Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total**

Regression Analysis: % penurunan versus Waktu detensi, kerapatan (m, ...						
The regression equation is						
% penurunan Cr = - 9.27 + 3.49 Waktu Detensi (hari)						
+ 0.432 kerapatan (mg/cm2) + 0.86 Jenis tanaman2						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-9.272	7.718	-1.20	0.250		
Waktu (hari)	3.4877	0.3026	11.53	0.000	1.0	
kerapatan (mg/cm2)	0.4319	0.1210	3.57	0.003	1.0	
Jenis tanaman2	0.856	1.976	0.43	0.672	1.0	
S = 4.19279 R-Sq = 91.2% R-Sq(adj) = 89.4%						

1. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antar variabel bebas. Jika antar variabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat (Iriawan dan Astuti, 2006). Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan *Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila $VIF > 1$, berarti ada korelasi antarvariabel prediktor sehingga ada ketidaksesuaian model (Iriawan dan Astuti, 2006). Pada tabel 4.10 terlihat bahwa nilai VIF untuk variabel tekanan dan waktu operasi membran berturut-turut adalah 1,0 dan 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

2. Persamaan Regresi

$$Y = -9,27 + 3,49 X_1 + 0,43 X_2 + 0,86 X_3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan konsentrasi Cr total

X₁ = waktu (hari)

X₂ = variasi kerapatan (mg/cm²)

X₃ = Jenis tanaman

Koefisien regresi sebesar 3,49 untuk variabel waktu (X₁) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 satuan waktu penelitian akan meningkatkan nilai % penurunan Cr total sebesar 3,49 dengan anggapan variabel lain besarnya

konstan. Koefisien regresi sebesar 0,43 untuk variabel kerapatan tanaman (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan 1 satuan variasi kerapatan, akan meningkatkan nilai % penurunan Cr total sebesar 0,43 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan dan Koefisien regresi sebesar 0,862 untuk variabel jenis tanaman (X_3) menyatakan bahwa setiap perubahan jenis tanaman antara hydrilla dengan Kiambang akan meningkatkan nilai % penurunan Cr total sebesar 0,86 dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

3. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent.

Hipotesis:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan:

- a. 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 2,120; sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.10 adalah 3,57 (variasi kerapatan), 11,53 (waktu penelitian). Karena t hitung > t tabel maka koefisien regresi signifikan. Untuk nilai 0,43 (jenis tanaman), t hitung < t tabel maka koefisiens regresi tidak signifikan
- b. Nilai t hitung dari konstanta regresi pada tabel 4.9 sebesar -1,20, karena t hitung < t tabel maka konstanta regresi tersebut tidak signifikan.
- c. Berdasarkan probabilitas
 - i. Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima.
 - ii. Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak.

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.9) untuk variasi waktu adalah 0,000 dan variabel kerapatan tanaman adalah 0,003 yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi waktu dan kerapatan tanaman benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap % penurunan Cr total. Sedangkan nilai P untuk Jenis tanaman adalah 0,672 yang berarti

probabilitas jauh di atas 0,05. Dengan demikian, H_0 diterima, atau koefisien regresi tidak signifikan, atau jenis tanaman tidak berpengaruh secara signifikan terhadap % penurunan Cr total

Dari hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 91.2 % yang artinya sebesar 91.2 % penurunan konsentrasi Cr total dipengaruhi oleh adanya variasi kerapatan dan waktu penelitian.

4. Uji F untuk uji kelinieran model regresi

**Tabel 4.11. Hasil Uji Kelinieran Analisis Regresi
Persentase Penurunan Konsentrasi Cr total**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2562.67	854.22	48.59	0.000
Residual Error	14	246.11	17.58		
Total	17	2808.78			

Hipotesis:

H_0 = Y tidak memiliki hubungan linier dengan X_1 , X_2 dan X_3

H_1 = Y memiliki hubungan linier dengan X_1 , X_2 dan X_3

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

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

Pengambilan keputusan berdasarkan nilai F. Dari uji kelinieran untuk analisis regresi atau F test, didapat nilai F hitung (tabel 4.9) 48,59 tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,34. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah variabel Y dengan variabel X_1 , X_2 dan X_3 mempunyai hubungan linier atau persentase penurunan konsentrasi Cr total dengan variasi kerapatan, jenis tanaman dan waktu penelitian mempunyai hubungan linier. Untuk nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi Cr total.

4.4. Pembahasan

4.4.1 Penurunan Konsentrasi Cr total

Pada tabel 4.4 menjelaskan bahwa ternyata di dalam tanaman Hydrilla dan Kiambang terdapat konsentrasi Cr total, hal ini menyatakan bahwa ternyata pada penelitian ini termasuk dalam fitoremediasi jenis fitoekstraksi. Fitoekstraksi (*Phytoaccumulation/phytoextraction*) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*. Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan.

Dari data pengukuran pH yang terdapat pada lampiran didapatkan nilai pH yang dibutuhkan oleh tanaman Hydrilla dan Kiambang yaitu antara 6 – 9, sehingga pada penelitian ini tidak perlu dilakukan Kontrol pH.

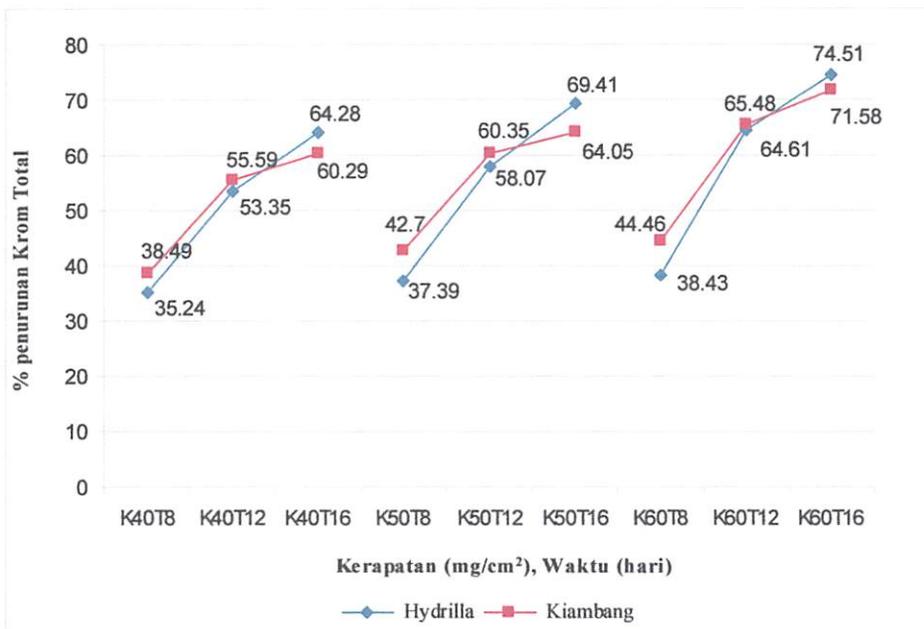
Hubungan variasi waktu detensi dengan persentase penurunan Cr Total ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan kandungan Cr Total akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan tanaman 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, maka semakin banyak jumlah air yang diserap dan semakin banyak pula jumlah ion Cr yang diserap.

Dari hasil penelitian untuk uji ANOVA diketahui bahwa ketiga variasi kerapatan (40,50,60 (mg/cm²)) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap % penurunan Cr Total. Hal ini disebabkan karena pengolahan air limbah yang mengandung logam berat tidak memerlukan variasi kerapatan tanaman yang

sangat besar, namun demikian variasi kerapatan harus disesuaikan dengan luas permukaan dari media tanam, karena apabila tidak disesuaikan akan menimbulkan pendangkalan dan perombakan bahan organik akibat pembusukan tumbuhan dan malah dapat menyebabkan kenaikan konsentrasi logam berat tersebut (Amalia, 2005).

Dari hasil penelitian untuk uji ANOVA pada tabel 4.8. dapat diketahui bahwa kedua jenis tanaman (Hydrilla dan Kiambang) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap % penurunan Cr Total. Hal ini dikarenakan kedua tanaman memiliki total luas daun yang hampir sama. Pada kiambang mempunyai daun yang lebar tetapi jumlahnya sedikit, sedangkan untuk hydrilla mempunyai jumlah daun yang banyak tetapi kecil-kecil. Hal inilah yang menyebabkan tidak adanya perbedaan yang signifikan terhadap % penurunan Cr Total, karena luas daun ini sendiri mempengaruhi proses penyerapan dari tumbuhan itu sendiri yang nantinya akan menyebabkan penurunan Cr total (Jumin, 1992 dalam Amelia, 2005)



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan % penurunan Krom Total dengan Hydrilla dan Kiambang terhadap Waktu (hari) dan Kerapatan (mg/cm²)

Hasil penelitian yang sudah diperoleh, untuk tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) pada hari ke-8 dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 35,24 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 37,39 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 38,43 %, sedangkan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) pada hari ke-8 dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 38,49 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 42,70 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 44,46 %,

Pada hari ke-12 untuk tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 53,35 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 58,07 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 64,61 %, sedangkan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) pada hari ke-12 dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 55,59 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 60,35 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 65,48 %.

Pada hari ke-16 untuk tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 64,28 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 69,41 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 74,51 %, sedangkan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) pada hari ke-16 dengan variasi kerapatan 40 mg/cm² mempunyai persentase penurunan konsentrasi Cr total sebesar 60,29 %, pada variasi kerapatan 50 mg/cm² sebesar 64,05 % dan untuk variasi kerapatan 60 mg/cm² sebesar 71,58 %.

Kesimpulan dari semua hasil penelitian diatas pada hari ke-8 hingga hari ke-16 dapat disimpulkan bahwa hingga hari ke-16, tanaman Hydrilla mampu beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya dibandingkan dengan Kiambang, hal ini dikarenakan tanaman Hydrilla langsung menyerap Cr total dengan seluruh anggota tubuhnya baik itu daun, akar maupun batangnya, proses transpirasi yang terjadi pada hydrilla kecil sekali hal ini dikarenakan struktur daun hydrilla yang kecil, selain itu seluruh bagian tubuh hydrilla terendam di dalam limbah, sehingga

hydrilla mampu hidup lebih lama, sedangkan untuk tanaman Kiambang terjadi pada hari ke-12 hal ini disebabkan karena kiambang sudah mulai mengalami kejenuhan dalam menyerap Cr total. Hal ini dapat dilihat dari keadaan fisik kiambang yaitu mulai dari hari ke-12 kondisi warna daun sudah mulai kuning kecoklatan, kiambang mempunyai akar yang banyak dibandingkan dengan hydrilla (dapat dilihat pada lampiran D), sehingga penyerapannya lebih cepat dari pada hydrilla, tetapi meskipun kiambang mempunyai akar yang banyak, kiambang mengalami proses transpirasi yang lebih besar, hal ini dikarenakan kiambang mempunyai struktur permukaan daun yang lebih besar dari pada hydrilla dan menyebabkan daun dari tanaman kiambang mudah layu, karena semakin besar/luas permukaan daun, maka akan menyebabkan semakin besar pula proses transpirasi yang terjadi (Darmawan, 1983).

Hasil analisis regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi kerapatan tanaman dengan persentase penurunan Cr Total. Dimana 91,2 % data persentase penurunan Cr Total dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi kerapatan tanaman, Sedangkan sisanya 8.8 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi akhir krom total (Cr^{6+}) pada effluent yang terdapat pada reaktor tanaman Hydrilla dan Kiambang masih di atas standard baku mutu hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dimana nilai konsentrasi akhir untuk reaktor tanaman Hydrilla adalah 7,221 mg/l dan untuk tanaman kiambang adalah 8,049 mg/l sedangkan nilai baku mutu yang ada adalah 1 mg/l.

Dalam pemanfaatan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*) 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.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Efektifitas Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total terbesar adalah 74,51 % sedangkan untuk tanaman Kiambang adalah 71,58 % selama waktu penelitian 16 hari.
2. Kepadatan optimum Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi Cr total pada limbah tekstil adalah 60 mg/cm² sedangkan kepadatan optimum Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) juga sebesar 60 mg/cm².

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Kiambang (*salvinia molesta*) yang dikombinasikan secara bersamaan pada satu reaktor untuk mengetahui apakah mampu menurunkan Cr sesuai dengan baku mutu 1 mg/l.
2. Perlu dilakukan pengolahan awal, diantaranya dengan menggunakan Oksidasi/reduksi, Pertukaran Ion (*Ion Exchage*), membran, dan lain-lain, untuk mendapatkan % penurunan Krom total yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G, Santika 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.
- Anonim, 2003. *Water Gardening*. nSnare Digital Media.
- Darmawan, Januar (1983), *Dasar-dasar Fisiologi Tanaman*.
- Darmono (1995), *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia-Press.
- 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
- Hartini, Sri, 2004. *Penurunan Konsentrasi Krom dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit oleh Biomassa Kering Kiambang (Salvinia molesta)*, Teknik Kimia , ITS, Surabaya.
- Homer W. Parker, P. E. (1987), *Wastewater Sistem Engineering*. New Yersey : Prentice Hall Inc
- Iriawan N, Astuti (2006), *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi
- Langeland, K.A. 1996. *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle (*Hydrocharitaceae*), "The Perfect Aquatic Weed". www.invasive.org/eastern/biocontrol Castanea. diakses tanggal 07 Januari 2008 pada jam 08.30 Am.
- Mahida (1981), *Teknologi Tekstil*. Jakarta
- Mangkoedihardjo, Sarwoko (2005), *Fitoteknologi Dan Ekotoksikologi Dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Mitchel (2003), *Plant National Database*.

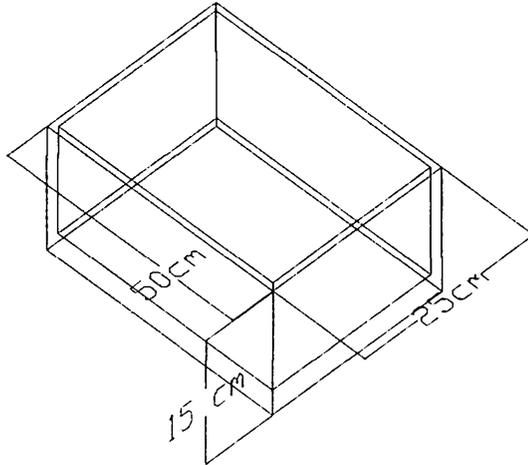
- Palar, Heryando (1994), *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Soleh, Achmad Zanbar (2005), *Ilmu Statistika Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Bandung: Rekayasa Sains
- Stenis, Van Dr. C.G.G.J, 2003. "*Flora*".
- Suciati, 2003. *Penurunan Konsentrasi Krom (VI) Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Dengan Menggunakan Tanaman Hydrilla Verticillata*, Teknik Kimia , ITS, Surabaya.
- Widyaningtyas, Ajeng.(2007), *Uji Kemampuan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Dalam Menurunkan Cr Total Dan Warna Limbah Tekstil*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.
- Wong, Y. S., Tam, N. F. Y., (1998), *Wastewater Treatment With Algae*. New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- WWW.Wikipedia.Com, (weeds.hotmeal.net/weeds). diakses tanggal 20 januari 2008 pada jam 06.30 Am.

Lampiran A

Perhitungan

Perhitungan

➤ Perhitungan Volume Reaktor



Gambar Sketsa Reaktor

Bak yang digunakan berbentuk persegi panjang, sehingga rumus volume yang digunakan adalah :

$$V = P \times L \times T$$

Dengan :

$$V = \text{Volume reaktor (cm}^3\text{)}$$

$$P = \text{Panjang (cm)}$$

$$L = \text{Lebar (cm)}$$

$$T = \text{Tinggi (cm)}$$

Sehingga :

$$V = 50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$$

$$= 12.500 \text{ cm}^3$$

$$= 12,5 \text{ L}$$

➤ Perhitungan Kerapatan Tanaman

1. Untuk kerapatan 40 mg/cm²:

$$\text{Luas reaktor} = p \times l = 50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 1250 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat Tumbuhan (gr)}}{\text{Luas Reaktor}}$$

Perhitungan

$$40 \text{ mg/cm}^2 = \frac{x}{1250 \text{ cm}^2}$$

$$x = 50.000 \text{ mg} = 50 \text{ gram}$$

Lalu masing-masing tanaman Hydrilla dan Kiambang ditimbang menggunakan timbangan sampai beratnya mencapai 50 gram.

2. Untuk kerapatan 50 mg/cm^2 :

$$\text{Luas reaktor} = p \times l = 50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 1250 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat Tumbuhan (gr)}}{\text{Luas Reaktor}}$$

$$50 \text{ mg/cm}^2 = \frac{x}{1250 \text{ cm}^2}$$

$$x = 62.500 \text{ mg} = 62,5 \text{ gram}$$

Lalu masing-masing tanaman Hydrilla dan Kiambang ditimbang menggunakan timbangan sampai beratnya mencapai 62,5 gram.

3. Untuk kerapatan 60 mg/cm^2 :

$$\text{Luas reaktor} = p \times l = 50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 1250 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat Tumbuhan (gr)}}{\text{Luas Reaktor}}$$

$$60 \text{ mg/cm}^2 = \frac{x}{1250 \text{ cm}^2}$$

$$x = 75.000 \text{ mg} = 75 \text{ gram}$$

Lalu masing-masing tanaman Hydrilla dan Kiambang ditimbang menggunakan timbangan sampai beratnya mencapai 75 gram.

Perhitungan

➤ Perhitungan Pertumbuhan Tanaman

$$\text{RGR} = \frac{\text{Berat 1} - \text{Berat 0}}{\text{waktu}}$$

Dimana :

RGR = *Relative Growth Rate*

Berat 0 = Berat tumbuhan sebelum di tanam pada media limbah tekstil (dinyatakan dalam berat basah tanaman (g)).

Berat 1 = Berat tumbuhan sesudah di tanam pada media limbah tekstil (dinyatakan dalam berat basah tanaman (g))

Waktu n hari. N = 8 hari, 12 hari, 16 hari

A. Untuk Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)

a. Hari ke- 8 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,82 \text{ g} - 0,79 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0.0037 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,69 \text{ g} - 0,65 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0.0050 \text{ g/hari}$$

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,74 \text{ g} - 0,71 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0.0038 \text{ g/hari}$$

b. Hari ke- 12 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,84 \text{ g} - 0,79 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0.0042 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,72 \text{ g} - 0,65 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0.0058 \text{ g/hari}$$

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,76 \text{ g} - 0,71 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0.0042 \text{ g/hari}$$

c. Hari ke- 16 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,86 \text{ g} - 0,79 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0.0044 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,75 \text{ g} - 0,65 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0.0063 \text{ g/hari}$$

Perhitungan

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{0,79 \text{ g} - 0,71 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0,0044 \text{ g/hari}$$

B. Untuk Kiambang (*Salvinia molesta*)

a. Hari ke- 8 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,55 \text{ g} - 6,5 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0,0062 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{5,98 \text{ g} - 5,92 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0,0075 \text{ g/hari}$$

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,41 \text{ g} - 6,34 \text{ g}}{8 \text{ hari}} = 0,0088 \text{ g/hari}$$

b. Hari ke- 12 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,58 \text{ g} - 6,5 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0,0067 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,03 \text{ g} - 5,92 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0,0092 \text{ g/hari}$$

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,46 \text{ g} - 6,34 \text{ g}}{12 \text{ hari}} = 0,0100 \text{ g/hari}$$

c. Hari ke- 16 :

$$1) 40 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,59 \text{ g} - 6,5 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0,0056 \text{ g/hari}$$

$$2) 50 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,05 \text{ g} - 5,92 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0,0081 \text{ g/hari}$$

$$3) 60 \text{ mg/cm}^2 : \text{RGR} = \frac{6,47 \text{ g} - 6,34 \text{ g}}{16 \text{ hari}} = 0,0081 \text{ g/hari}$$

Penurunan konsentrasi Cr Total (Cr⁶⁺)

dengan menggunakan tanaman Hydrilla (*Hydrilla molesta*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*)

dengan variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm², 50 mg/cm², 60 mg/cm² selama 16 hari

Jenis Tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm ²)	Konsentrasi Akhir Krom Total (mg/l) Hari ke-														
		8					12					16				
		I	II	III	Rata - rata	% Removal	I	II	III	Rata - rata	% Removal	I	II	III	Rata - rata	% Removal
Kiambang	40	17.427	17.432	17.413	17.42	38.49	12.542	12.653	12.541	12.58	55.59	11.242	11.246	11.255	11.25	60.29
	50	16.223	16.239	16.233	16.23	42.70	11.241	11.222	11.232	11.23	60.35	10.179	10.198	10.176	10.18	64.05
	60	15.724	15.739	15.733	15.73	44.46	9.777	9.784	9.773	9.78	65.48	8.014	8.112	8.021	8.05	71.58
Hydrilla	40	18.345	18.336	18.354	18.35	35.24	13.232	13.211	13.202	13.22	53.35	10.115	10.124	10.115	10.12	64.28
	50	17.726	17.742	17.733	17.73	37.39	11.878	11.889	11.866	11.88	58.07	8.642	8.675	8.676	8.66	69.41
	60	17.436	17.437	17.444	17.44	38.43	10.032	10.023	10.021	10.03	64.61	7.223	7.215	7.226	7.22	74.51

Tabel Data Analisa**Pengukuran pH dan Suhu Pada Analisa Cr Total dan Warna**

Jenis tanaman	Kerapatan (mg/cm²)	Waktu detensi (hari)	Pengukuran pH	Pengukuran Suhu °C
Hydrilla	40	8	7,6	27
	50		7,6	27
	60		7,5	26
Kiambang	40		7,6	27
	50		7,4	26
	60		7,6	27
Hydrilla	40	12	7,6	27
	50		7,4	27
	60		7,6	26
Kiambang	40		7,6	27
	50		7,4	27
	60		7,6	27
Hydrilla	40	16	7,6	27
	50		7,6	27
	60		7,5	27
Kiambang	40		7,6	27
	50		7,6	27
	60		7,6	27

Lampiran B

Metode Analisis

Analisa Cr Total

1. Metode

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

2. Prinsip

Pemeriksaan Cr Total ditentukan dengan membandingkan pembacaan skala Cr Total pada Cr Total sample dengan larutan standard Cr Total yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

3. Peralatan

- Spektrofotometer serapan atom sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190 – 870 nm dan lebar celah antara 0,2 - 2 nm, dan telah dikalibrasi.
- Pipet ukur 5 dan 10 ml.
- Labu ukur 50 dan 100 ml.
- Gelas piala 100 ml.
- Pemanas listrik yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- Kaca arloji berdiameter 5 cm.
- Tabung reaksi 20 ml.

4. Persiapan Benda Uji (Krom terlarut)

- Sediakan contoh uji yang telah diambil.
- Saring 100 ml contoh uji secara duplo dengan menggunakan membrane berpori, air saringan merupakan benda uji.
- Masukkan benda uji ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 20 ml
- Benda uji siap diuji

5. Cara Uji Kadar krom

- Masukkan benda uji stu persatu ke dalam alat SSA melalui pipa kapiler
- Baca dan catat serapan Absorbansinya.

Analisa pH

1. Peralatan

- ✓ Bekerglass 50 ml
- ✓ Ph meter
- ✓ Botol Semprot

2. Pengukuran pH

- ✓ Masukkan sample air limbah yang mengandung Cr Total ke dalam beerglass 50 ml.
- ✓ Batang elektroda disemprot dengan aquades dan dikeringkan dengan kertas tissue.
- ✓ Sample 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 Feedbatch

2. Pengukuran Suhu

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

Lampiran C

Ekstraksi Tanaman

Ekstraksi Tanaman

➤ Ekstraksi Tanaman

1. Metode

Spektrofotometri

2. Prinsip

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

3. Pereaksi

Diphenil Carbazide

4. Prosedur Analisa

Ekstraksi ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* yang telah digunakan untuk penelitian mengandung Cr Total.

Prosedur untuk penelitian ini adalah :

1. Tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* yang telah dipakai untuk penelitian dan tanaman *Salvinia molesta* dan *Hydrilla verticillata* 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 aquades sebanyak 50 ml, masukkan dalam erlenmeyer 125 ml.
7. Netralkan dengan penambahan 10 ml 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.

5. Perhitungan

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

Dimana :

A = absorbansi

T = Transmittansi (nilai yang dibaca pada spektrofotometer)

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

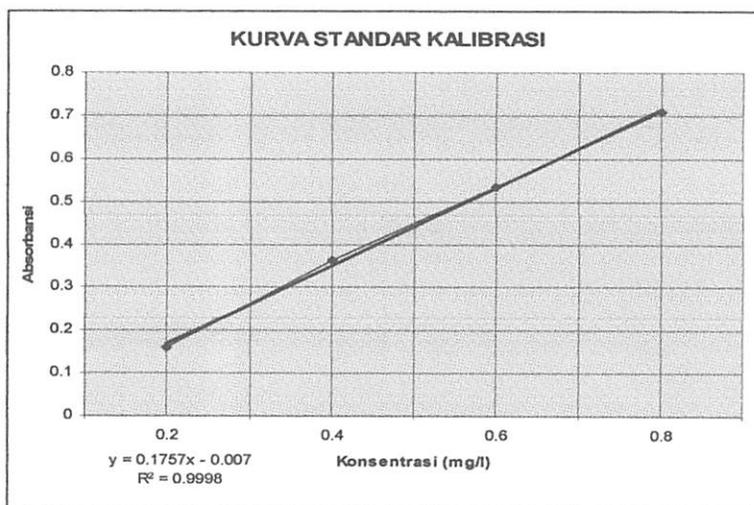
Dimana :

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 nm)

Konsentrasi (mg/l)	Absorbansi
0.2	0.16
0.4	0.362
0.6	0.535
0.8	0.708



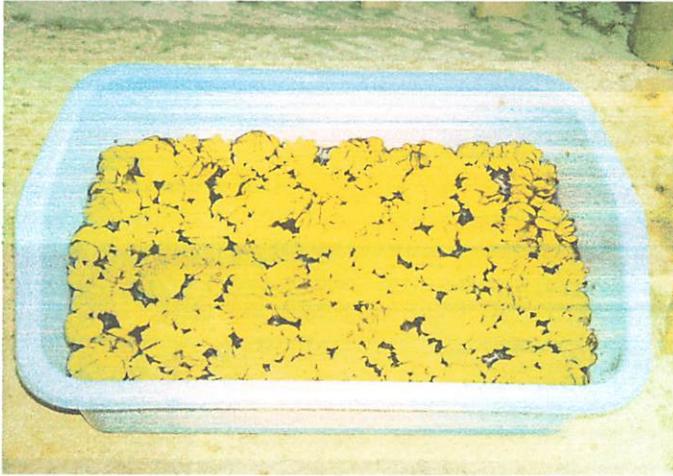
Gambar Kurva Standar Kalibrasi Cr Total

**Tabel Konsentrasi Cr Total (Cr^{6+})
Di dalam Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)
dan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada setiap variasi kerapatan**

Jenis Tanaman	Variasi Kerapatan (mg/cm^2)	% T	Nilai Absorbansi	Konsentrasi Cr Total (mg/l)
Hydrilla	40	17,7	0,75	4,23
	50	18,7	0,73	4,14
	60	23,7	0,625	3,51
Kiambang	40	17	0,77	4,34
	50	17,2	0,76	4,28
	60	18,96	0,72	4,06

Lampiran D

Dokumentasi



Gambar 1.
Penangkaran Kiambang (*Salvinia molesta*)



Gambar 2.
Penangkaran Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)



Gambar 3. Reaktor Uji
Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)



Gambar 4. Reaktor Uji
Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)



Gambar 5.
Ekstraksi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)



Gambar 6.
Ekstraksi Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)



Gambar 7.
Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)



Gambar 8.
Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*)

Lampiran E

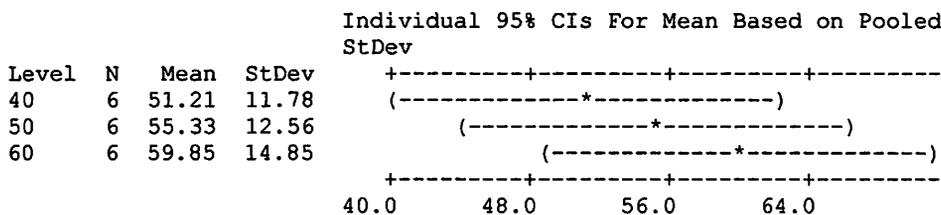
Data Minitab

07/25/2008 7:24:45 PM

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus kerapatan (mg/cm2)

Source	DF	SS	MS	F	P
kerapatan (mg/cm	2	224	112	0.65	0.536
Error	15	2585	172		
Total	17	2809			

S = 13.13 R-Sq = 7.98% R-Sq(adj) = 0.00%

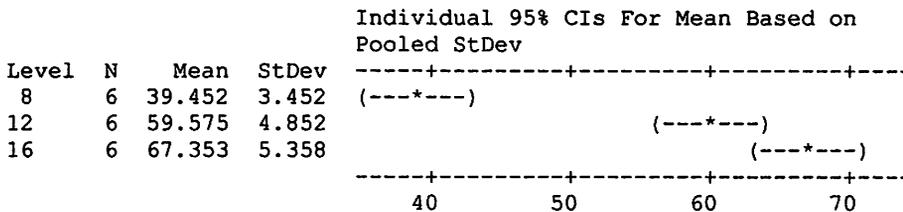


Pooled StDev = 13.13

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus Waktu (hari)

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu pengambila	2	2487.9	1244.0	58.15	0.000
Error	15	320.9	21.4		
Total	17	2808.8			

S = 4.625 R-Sq = 88.58% R-Sq(adj) = 87.05%



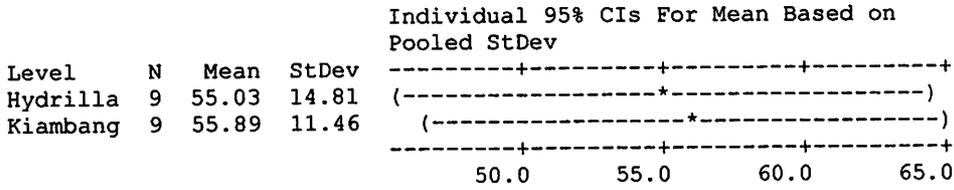
Pooled StDev = 4.625

One-way ANOVA: % penurunan Cr versus Jenis tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
Jenis tanaman	1	3	3	0.02	0.893
Error	16	2805	175		
Total	17	2809			

S = 13.24 R-Sq = 0.12% R-Sq(adj) = 0.00%

Data Minitab



Pooled StDev = 13.24

Regression Analysis: % penurunan versus Waktu pengam, kerapatan (m, ...

The regression equation is
 % penurunan Cr = - 9.27 + 3.49 Waktu pengambilan sampel (hari)
 + 0.432 kerapatan (mg/cm2) + 0.86 Jenis tanaman2

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-9.272	7.718	-1.20	0.250
Waktu pengambilan sampel (hari)	3.4877	0.3026	11.53	0.000
kerapatan (mg/cm2)	0.4319	0.1210	3.57	0.003
Jenis tanaman2	0.856	1.976	0.43	0.672

S = 4.19279 R-Sq = 91.2% R-Sq(adj) = 89.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2562.67	854.22	48.59	0.000
Residual Error	14	246.11	17.58		
Total	17	2808.78			

Source	DF	Seq SS
Waktu pengambilan sampel (hari)	1	2335.51
kerapatan (mg/cm2)	1	223.86
Jenis tanaman2	1	3.29

Correlations: % penurunan , Waktu pengam, kerapatan (m, Jenis tanama

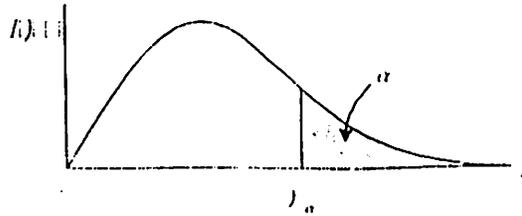
	% penurunan	Waktu pengam	kerapatan (m
Waktu pengam	0.912 0.000		
kerapatan (m	0.282 0.256	0.000 1.000	
Jenis tanama	0.034 0.893	0.000 1.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
 P-Value

Lampiran F

Tabel Distribusi F

Tabel Distribusi F ($\alpha = 0,05$)

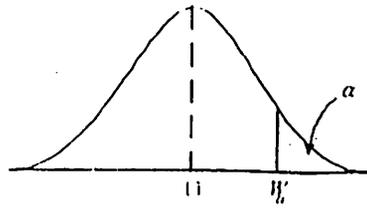


ν_1	Derajat bebas (df) pembilang (ν_2)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,17	9,11	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,97	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,97	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,10	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

lanjutan Tabel ...

v_2	Derajat bebas (df) pembilang (v_1)								
	10	12	15	20	30	40	60	120	∞
1	241,9	243,9	245,9	248,0	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	1,83	1,75	1,67	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

TABEL DISTRIBUSI t



df	α					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

lanjutan Tabel

df	α							
	0,0025	0,0010	0,0005	0,00025	0,00010	0,00005	0,00025	0,00001
1	127,321	318,309	636,619	1.273,239	3.183,099	6.366,198	12.732,395	31.830,989
2	14,089	22,327	31,598	44,705	70,700	99,992	141,416	233,603
3	7,453	10,214	12,924	16,326	22,204	28,000	35,298	47,928
4	5,598	7,173	8,610	10,306	13,034	15,544	18,522	23,332
5	4,773	5,893	6,869	7,976	9,678	11,178	12,893	15,547
6	4,317	5,208	5,959	6,788	8,025	9,082	10,261	12,032
7	4,029	4,785	5,408	6,082	7,063	7,885	8,782	10,103
8	3,833	4,501	5,041	5,618	6,442	7,120	7,851	8,907
9	3,690	4,297	4,781	5,291	6,010	6,594	7,215	8,102
10	3,581	4,144	4,587	5,049	5,694	6,211	6,757	7,527
11	3,497	4,025	4,437	4,863	5,453	5,921	6,412	7,098
12	3,428	3,930	4,318	4,716	5,263	5,694	6,143	6,756
13	3,372	3,852	4,221	4,597	5,111	5,513	5,928	6,501
14	3,326	3,787	4,141	4,499	4,985	5,363	5,753	6,287
15	3,286	3,733	4,073	4,417	4,880	5,239	5,607	6,109
16	3,252	3,686	4,015	4,346	4,791	5,134	5,484	5,960
17	3,225	3,646	3,965	4,286	4,714	5,044	5,379	5,832
18	3,197	3,610	3,922	4,233	4,648	4,966	5,288	5,722
19	3,174	3,579	3,883	4,187	4,590	4,897	5,209	5,627
20	3,153	3,552	3,850	4,146	4,539	4,837	5,139	5,543
21	3,135	3,527	3,819	4,110	4,493	4,784	5,077	5,469
22	3,119	3,505	3,792	4,077	4,452	4,736	5,022	5,402
23	3,104	3,485	3,768	4,048	4,415	4,693	4,972	5,343
24	3,090	3,467	3,745	4,021	4,382	4,654	4,927	5,290
25	3,0778	3,450	3,725	3,997	4,352	4,619	4,887	5,241
26	3,067	3,435	3,707	3,974	4,324	4,587	4,850	5,197
27	3,057	3,421	3,690	3,954	4,299	4,558	4,816	5,157
28	3,047	3,408	3,674	3,935	4,275	4,530	4,784	5,120
29	3,038	3,396	3,659	3,918	4,254	4,506	4,756	5,086
30	3,030	3,385	3,646	3,902	4,234	4,482	4,729	5,054
40	2,971	3,307	3,551	3,788	4,094	4,321	4,544	4,835
50	2,937	3,261	3,496	3,723	4,014	4,228	4,438	4,711
60	2,915	3,232	3,460	3,681	3,962	4,169	4,370	4,631
70	2,899	3,211	3,435	3,651	3,926	4,127	4,323	4,576
80	2,887	3,195	3,416	3,629	3,899	4,096	4,288	4,535
90	2,878	3,185	3,402	3,612	3,878	4,072	4,261	4,503
100	2,871	3,174	3,390	3,598	3,862	4,053	4,240	4,478
	2,867	3,169	3,381	3,481	3,710	3,891	4,056	4,265

Lampiran G

Standar Baku Mutu

Lampiran VIII

BAKU MUTU LIMBAH CAIR (TERMASUK PENGOLAH LIMBAH TERPUSAT/KAWASAN INDUSTRI)						
No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A	FISIKA					
1	Temperatur	°C	35	38	40	45
2	Zat Padat terlarut	mg/l.	1500	2000	4000	5000
3	Zat Padat tersuspensi	mg/l.	100	200	300	500
B	KIMIA					
1	PH		6-9	6-9	6-9	6-9
2	Besi (Fe)	mg/L	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/l.	0,5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/L	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/L	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/l.	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/L	0,1	0,5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,05	0,1	1
10	Raksa (Hg)	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,01
11	Timbal (Pb)	mg/l.	0,1	0,5	1	3
12	Timah Putih (Sn)	mg/l.	2	3	4	5
13	Arsen (As)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	1
14	Selenium (Se)	mg/l.	0,01	0,05	0,5	1
15	Nikel (Ni)	mg/l.	0,1	0,2	0,5	1
16	Kobalt (Co)	mg/l.	0,2	0,4	0,6	1
17	Sianida (CN)	mg/l.	0,05	0,1	0,5	1
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l.	0,01	0,06	0,1	1
19	Fluorida (F)	mg/l.	1,5	15	20	30
20	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/l.	0,02	0,03	0,04	0,05
21	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	0,5	1	5	20
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	20	30	50
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,06	1	3	5
24	BOD ₅	mg/L	30	50	150	300
25	COD	mg/L	80	200	300	600
26	Detergent an ionik	mg/L	0,5	1	10	15
27	Phenol	mg/L	0,01	0,05	1,2	
28	Minyak dan Lemak	mg/l.	1	5	5	20
29	PCB	mg/L	NIHIL	NIHIL	NIHIL	NIHIL

(Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur 2002 Lampiran II)

Keterangan

Golongan Baku Mutu:

- Golongan I = Sumber air baku pengolahan air minum
- Golongan II untuk perikanan dan peternakan
- Golongan III = untuk pertanian, PLTA
- Golongan IV = tidak untuk kesemua kategori di atas

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI TEKSTIL

Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Tekstil

Volume Limbah Cair Maximum Persatuan Produk

17 m³/Ton Produk Tekstil Grey

50 m³/Ton Produk Tekstil Dari Pertenunan Sampai Pemucatan

94 m³/Ton Produk Tekstil Dari Pertenunan Sampai Pewarnaan

77 m³/ton Produk Tekstil Pewarnaan Tanpa Pertenunan

6 m³/ton Produk Tekstil Printing

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
BOD ₅	50
COD	150
TSS	50
Phenol	1
Cr Total	1
Minyak & Lemak	3,6
NH ₃ N (Amonia total)	8
Sulfida (sbg H ₂ S)	0,3
pH	6-9

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



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojokanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 148 S/LKA MI.GV/08

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 187/PC/V/2008/263
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 23 Mei 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah Tekstil Lawang					
1	Krom Total	mg/L	28,3260	APHA, Ed. 20, 311 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976

Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax (0321) 395134

E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 217 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 229-235/PC/VII/2008/313-318

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 17 - 23 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air limbah Tokstil Lawang					
a. Bak Kontrol 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	27,8100	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
b. Hydrilla 40 mg/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	18,3452	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	18,3360	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	18,3541	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
c. Klambang 40 mg/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	17,4270	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	17,4323	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	17,4130	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
d. Hydrilla 50 mg/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	17,7260	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	17,7416	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	17,7331	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
e. Klambang 50 mg/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	16,2232	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	16,2390	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	16,2333	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbaiki, mengcopy dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551071, Fax. (0341) 551976

Desa Lengkonng Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134

E-mail : laboratorium@jnsatirta 1.go.id



Comite Akreditasi Nasional

Laboratorium Penguji

IP - 227 - ION

Nomor : 217 S/LKA MLG/VII/09

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : ENL 229-235/PC/VII/2008/313-318

Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Place of Analysis

Tanggal Analisa : 17 - 23 Juli 2008

Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
f. Hydrilla 60 n g/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	17,4360	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	17,4371	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	17,4442	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
g. Klambang 60 mg/cm² 8 hari					
1	Krom Total	mg/L	15,7241	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	15,7390	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	15,7332	APIA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 55191, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium Pengujian
LP - 227 - (08)

Nomor : 232 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 263-269/PC/VII/2008/335-341
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJTI Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 21 - 25 Juli 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air limbah Tekstil Lawang					
a. Bak Kontrol 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	27,6802	APHA. Ed. 20. 3111 D, 1998	-
b. Hydrilla 40 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	13,2320	APHA. Ed. 20. 3111 J, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	13,2110	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	13,2022	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
c. Klambang 40 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	12,5423	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	12,6530	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	12,5411	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
d. Hydrilla 50 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	11,8780	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	11,8992	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	11,8662	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
e. Klambang 50 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	11,2410	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	11,2217	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	11,2322	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



ifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikannya, isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331830, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 232 S/LKA MI G/VII/08

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 263-269/PC/VII/2008/335-341
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 21 - 25 Juli 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
f. Hydrilla 60 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	10,0322	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	10,0232	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	10,0210	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
g. Kiambang 60 mg/cm² 12 hari					
1	Krom Total	mg/L	9,7773	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	9,7837	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	9,7730	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.go.id



Nomor : 245 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 2 dari 3

Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ex. 282-288/PC/VII/2008/352-358
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 Juli - 04 Agustus 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air limbah Tekstil Lawang					
a. Bak Kontrol 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	27,5220	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
b. Hydrilla 40 ir.g/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/l	10,1150	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	10,1236	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	10,1153	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
c. Klambang 40 mg/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	11,2420	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	11,2462	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	11,2550	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
d. Hydrilla 50 mg/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	8,6423	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	8,6747	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	8,6760	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
e. Klambang 50 mg/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	10,1790	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	10,1984	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	10,1757	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976

Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331660, Fax. (0321) 395134

E-mail : laboratorium@jasatirta 1. gc id



Nomor : 245 S/LKA MLG/VII/08

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 282-288/PC/VII/2008/352-358
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 Juli - 04 Agustus 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
f. Hydrilla 60 mg/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	7,2231	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	7,2153	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	7,2260	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
g. Klambang 60 mg/cm² 16 hari					
1	Krom Total	mg/L	8,0142	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Krom Total	mg/L	8,1120	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Krom Total	mg/L	8,0210	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

LEMBAR PERSEMAHAN

Assalamualaikum Wr. Wb., Alhamdulillah Ya Allah, akhirnya selesai juga semua perjuangan hambamu ini, dalam mengerjakan Tugas Akhir. Sujud Syukur hamba kepadamu Ya Allah, yang telah memberikan banyak pelajaran di dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, Engkau memberikan pencerahan di kala hambamu sedang dalam kesesatan dan kebingungan, setitik harapan yang telah Engkau berikan, membuka mata hati hamba untuk selalu bertawakkal dan bersabar dalam mengerjakan sesuatu apapun. Engkaulah pelita di dalam hidup, Engkau yang memberikan petunjuk di dalam segala tapak-tapak perjalanan hidup hamba, tanpa Mu, tiada yang dapat hamba lakukan. Didalam Al-Qur'an Mu, Engkau telah mengingatkan hamba dengan Ayat-Ayatmu "Allah menciptakan segala sesuatu dan Dia memelihara segala sesuatu" Qs. Azzumar (62), dengan surat itulah hamba berkeyakinan bahwa tidak ada sesuatupun di dunia ini yang Engkau ciptakan dengan sia-sia, Engkaulah pemelihara hambamu ini & segala sesuatu yang hamba perbuat baik sebesar Zarah_pun pasti akan mendapatkan balasannya. Sujud Syukur hambamu yang hina ini hanya pada Mu.

Rasulku, Muhammad SAW, terima kasih atas semuanya, Islam yang telah engkau ajarkan kepada umatmu ini, mengajarkan hamba pada sesuatu yang lebih baik dari hari ke hari.

Kedua Orang tuaku "Mamaku dan bapakku" (Valentina & Mustofa), makasih ya udah sabar nungguin anaknya ini ngelarin kuliahnya... doain dapet kerjaan yang baik yach, biar bisa ngebangun mama dan bapakku, bisa ngongkosin naik haji, pokoknya yang bikin kalian senang. Makasih ya, atas semua kesalahan anakmu ini, janji deh g'akan diulang lagi.
(Kalau inget, he..3x).

Tante "Naning", Makasih juga atas supportnya y....

Untuk adik-adikku (Agung, Ardik, Wica juga Ayu), maafin kakakmu ini y.... mungkin saya belum menjadi kakak yang baik, oh y doa'in ya, semoga saya bisa menjadi kakak yang lebih bertanggung jawab, terus, jangan lupa sholatnya yang rajin y!!! Sholatlah bukan hanya untuk suatu kewajiban, tapi sholatlah untuk mensyukuri nikmat Allah yang telah diberikan ama qta. Karena sholat merupakan Amalan yang pertama kali yang akan ditanyakan dan diminta pertanggungjawaban di hadapanNya.

SAHABAT-SAHABAT SEPERJUANGANKU "02", mengingat perjuangan sewaktu

milih judul dan seminar proposal, aku jadi kangen ma kalian... : "Agung"

(Alhamdulillah gung, akhirnya lulus juga nich, g kerasa y, akhirnya penantian qta untuk di

wisuda "Akhirnya Datang Juga"). "Clia" (Non, maapin aq y, mungkin aq g jujur ma kmu,

tapi suer koq aq g da maksud kayak gitu, oh ya, makasih atas semuanya y, cory ya atas

masalah-masalah yang ditimbulkan penelitianku selama ada di kostmu. Makacih banyak

ya....., trus, semoga kmu juga cepet sembuh ya). "Fai" (kmu yang sabar y jeng, ntar kalau

ada apa-apa kmu hubungi aq y... insya **ALL**, aq pasti bantuin koq. Ingat "Laskar P. langi" y,

he..3x "Tetaplah Bermimpi, krn mimpi adalah kunci untuk qta menaklukkan dunia").

"Rofie" (woiii pe', makasih atas semua sarannya y..., jangan lupa urus SIMnya he..3x).

"Jui" (ntar kalau kmu jadi anggota DPRD di tempat kakakmu, jangan lupain aq yo, ojok

shopping ac). "Irfan, Ifan, Billy" (Khan kalian sama2 ambil perencanaan air bersih nech,

yang kompak y. Ya.., ntar kalau ada proyek, bagi2, he..3x). "Timo" (om timo, he..3x, tetap

semangat, OK). "(Geng Thomas "Iwa, Titis, Chandra, Ting")" (tetap semangat yooo wlau

slh 1 dr kalian ada yg wisuda duluan.. Ingat 1 hal, Ok. *Nothing is impossible*. Kurang-

kurangnya ntar aq bantuin dech, Ok, *keep contact*). "Reni" (bu ren, ntar kl jd anggota

partai inget qta-qta y..). "Zombi" (Ojok bojoes ac yo, he..3x). "Om farid, baiq (barok), mail,

Iwan, Koko, Shepin, Zul, Lastri, Cholik, Prana" (cepat-cepat kelarin kuliahnya yoo n tetep

semangat). "Pizug, Yus" (ojok nyanyi ac yo rek, he..3x, kasihan ortu, ntar main-main ke

Bangkalan yo!!!). "Tini, Anee, Suci, Ipung, jaya, Abe, Nining Sambara" (Entah dimana

kalian berada skg, tetep ingat ama angkatan qta yang masih ada di ITN ya). Buat Angkatan

"01" mbak Evelin, mbak Eka, mas Yuda, mbak Nini, doddy, Bayu, Beby, Apay, n

mas Pay, mbak Devi, mbak Ika dan semuanya yang ada di teknik lingkungan,

terima kasih dan Cayo selalu Y..

Buat semua Pihak yang belum disebut, terima kasih atas semua bantuan

kalian y..... sorry g bisa nyebutin atu-atu, pokoknya buat semuanya, Makasih

banyak y.....*Walaikumsalam Wr. Wb*

"Teguh Satria Fatoni"

Teguh_02@yahoo.com