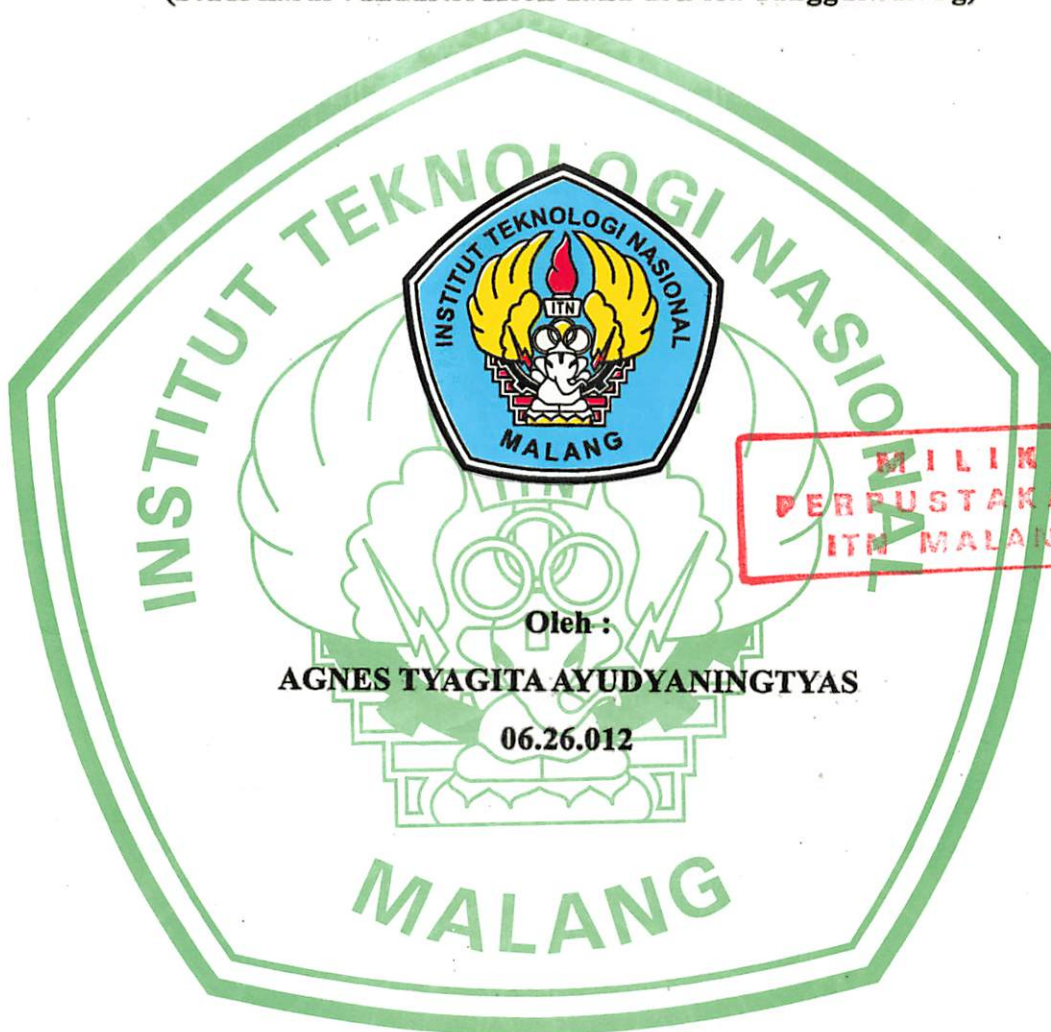


SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS TANAMAN AIR
LEMNA MINOR DAN *HYDRILLA VERTICILLATA* DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU : PARAMETER BOD DAN COD
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu di Desa Tunggulwulung)**



Oleh :
AGNES TYAGITA AYUDYANINGTYAS
06.26.012

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

2011

SECRET

REKAMAN DAN PENGOLAHAN DATA
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN
(Sedang dalam proses penelitian dan pengujian)

REKAMAN DAN PENGOLAHAN DATA
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN

0001

REKAMAN DAN PENGOLAHAN DATA

0001

REKAMAN DAN PENGOLAHAN DATA
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN
MELAKUKAKAN PENELITIAN DAN PENGUJIAN

SECRET

0001

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS TANAMAN AIR
LEMNA MINOR DAN HYDRILLA VERTICILLATA DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU : PARAMETER BOD DAN COD
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu di Desa Tunggulwulung)**

Disusun oleh :

AGNES TYAGITA AYUDYANINGTYAS

06.26.012

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 1039900327

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

(PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : AGNES TYAGITA AYUDYANINGTYAS
NIM : 06.26.012
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN (S-1)
JUDUL : PERBANDINGAN EFEKTIFITAS TANAMAN AIR *LEMNA MINOR* DAN *HYDRILLA VERTICILLATA* DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU: PARAMETER BOD DAN COD
(Studi Kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi jenjang Program Strata Satu (S-1),

Pada hari : Rabu

Tanggal : 23 Februari 2011

Dengan nilai : B+ (76,95)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

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

SEKRETARIS,

Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP.Y.1030333082

ANGGOTA PENGUJI

DOSEN PENGUJI I,

Hardianto, ST. MT
NIP.Y. 1030000350

DOSEN PENGUJI II,

Anis Artiyani, ST. MT
NIP.P. 1030300384

Ayudyaningtyas, Agnes Tyagita., Dwiratna C., Sudiro., 2011. **Perbandingan Efektifitas Tanaman Air *Lemna Minor* Dan *Hydrilla Verticillata* Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD Dan COD (Studi kasus industri kecil tahu di Desa Tunggulwulung)**. Skripsi Jurusan teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Pabrik tahu menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karenanya diperlukan pengolahan yang memadai agar limbah pabrik tahu ini tidak merusak lingkungan disekitarnya. Limbah cair tahu banyak mengandung bahan-bahan organik yang pada umumnya sangat tinggi. Parameter utama yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran oleh air buangan industri tahu adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrogen Total, Phosphat Total, kekeruhan, suhu dan pH.

Penelitian ini menggunakan reaktor batch dengan 2 variasi jenis tanaman yaitu tanaman *Lemna minor* dan tanaman melayang *Hydrilla verticillata*, 3 variasi kerapatan tanaman yaitu kerapatan tanaman 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm², 5 variasi waktu detensi yaitu hari ke-2, ke-4, ke-6, ke-8 dan ke-10, dan 2 parameter uji yaitu BOD dan COD.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman *Hydrilla verticillata* memiliki efektifitas yang lebih baik dibandingkan tanaman *Lemna minor* dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Keefektifitasan tanaman *Hydrilla verticillata* terjadi pada kerapatan tanaman 80 mg/cm² hari keenam. Konsentrasi BOD dapat diturunkan hingga 92,49 % dari konsentrasi 1.237 mg/l menjadi 92,95 mg/l. Sedangkan konsentrasi COD dapat diturunkan hingga 97,62 % dari konsentrasi 10.934 mg/l menjadi 260,5 mg/l.

Kata kunci: BOD, COD, *Hydrilla verticillata*, Limbah cair tahu,

***Lemna minor*.**

Ayudyaningtyas, Agnes Tyagita., Dwiratna C., Sudiro., 2011. **Comparative Effectiveness Aquatic Plant of *Lemna Minor* and *Hydrilla Verticillata* in Tofu Liquid Waste Processing: Parameter BOD and COD (Case studies of small Tofu industrial in the Tunggulwulung village)**. Thesis Department of Environmental Engineering National Institute of Technology Malang

ABSTRACTION

Tofu factory produces considerable waste. Therefore necessary processing which adequate, so that factory waste of tofu can not ruin surrounding environment. Liquid waste of tofu contain most organic substances which generally highest. The main parameter able to show occurrence of pollutant by wastewater factory is *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrogen Total, Phosphate Total, turbidity, temperature and pH.

This research was used batch reactor with 2 variation of plants that is *Lemna Minor* plant and floating plant *Hydrilla verticillata*, 3 variations of density plants that is density plants 70 mg/cm², 80 mg/cm² and 90 mg/cm², 3 variations of detention time that is second day, fourth day, sixth day, eight day and tenth day, and 2 test parameters that is BOD and COD.

The result of this research shows that *Hydrilla verticillata* is a plant which has a better effectivity compared with *Lemna minor* plant in lower of BOD and COD concentration. The effectiveness of *Hydrilla verticillata* occur on plant density 80 mg/cm² sixth day. BOD concentration can be lowered till 92, 49 % from concentration 1.237mg/l become 92, 95 mg/l. Whereas COD concentration can be lowered till 97, 62 % from concentration 10,934 mg/l become 260, 5 mg/l.

Key word: BOD, COD, *Hydrilla verticillata*, tofu liquid waste, *Lemna minor*.

KATA PENGANTAR

Setelah mengalami proses yang cukup lama, penulis merasa bahwa penelitian ini merupakan sesuatu yang penting untuk mengukur kemampuan dalam menyerap ilmu yang telah didapat baik secara langsung melalui kuliah maupun pengalaman lain di lapangan. Sebagai salah satu prasyarat sebelum lulus, penulis dengan sungguh-sungguh mencoba menyajikan yang terbaik bagi perkembangan teknologi pengolahan limbah.

Penulis berharap penelitian ini dapat menjadi masukan bagi para masyarakat khususnya pemilik industri yang menghasilkan limbah cair dalam mengambil keputusan mengolah limbah. Pengolahan limbah terutama limbah cair merupakan sebuah keharusan agar lingkungan disekitar kita tidak mengalami pencemaran dan tidak mengganggu ketentraman masyarakat. Fitoremediasi dapat dijadikan sebagai pengolahan alternatif yang ekonomis dengan hasil cukup efektif.

Penulis bersyukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan bimbingan sampai selesainya skripsi ini yang berjudul **“Perbandingan Efektifitas Tanaman Air *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu: Parameter BOD dan COD (Studi kasus industri kecil tahu di Desa Tunggulwulung)”**. Ucapan terima kasih penulis persembahkan sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, dan motivasi demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Bapak Sudiro, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan dan meluangkan waktunya untuk bertukar pendapat demi kesempurnaan laporan skripsi ini.

3. Bapak Hardianto, ST. MT selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kelancaran dalam penelitian, memberikan saran dan masukan atas terselesaikannya laporan skripsi ini.
4. Bu Anis Artiyani, ST.MT selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan arahan dalam revisi skripsi ini.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT selaku Sekretaris Jurusan yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu statistik.
6. Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu statistik dan motivasi agar laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Ibu Tuani Lidiawati, ST. MT yang telah memberikan masukan dan mau meluangkan waktu untuk menerima konsultasi dari saya.
8. Bapak Thomas dan Ibu Sum yang telah membantu dalam mengurus administrasi.
9. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
10. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan mendoakan agar skripsiku ini mendapatkan kelancaran.
11. Teman-temanku Teknik Lingkungan khususnya angkatan '06 yang telah memberikan semangat sampai laporan skripsi ini selesai.
12. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Dengan keterbatasan sebagai seorang mahasiswa, laporan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap kritik dari semua pihak agar menjadi tambahan pengalaman pada waktu yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat dibaca oleh banyak orang.

Malang, Maret 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Rumusan Masalah	3
1.2.2 Hipotesa	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Lingkup Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Industri Tahu	5
2.1.1 Bahan Produksi Tahu	5
2.1.2 Proses Produksi Tahu	7
2.2 Limbah Cair Industri Tahu	9
2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	10
2.3 Fitoremediasi	11
2.4 Jenis-jenis Tumbuhan Air	17
2.5 Jenis-jenis Tumbuhan Uji	19
2.5.1 Hydrilla verticillata	19
2.5.2 Lemna minor	21
2.6 Parameter Yang Diuji	22
2.6.1 Biological Oksigen Demand (BOD)	22

2.6.2	Chemical Oksigen Demand (COD)	23
2.6.3	Rasio BOD/ COD	23
2.7	Aklimatisasi	24
2.8	Kebutuhan Unsur Hara	24
2.8.1	Unsur Hara Yang Dibutuhkan	24
2.8.2	Fotosintesis	25
2.8.3	Mekanisme Penyerapan Unsur Hara Oleh Tumbuhan Air	27
2.9	Metode Pengolahan Data	28
2.9.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	28
2.9.2	Analisis Korelasi	29
2.9.3	Analisis Regresi	29
2.9.4	Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Variabel Penelitian	32
3.1.1	Variabel Respon (Variabel Dependen)	32
3.1.2	Variabel Prediktor (Variabel Independen)	32
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian	33
3.2.1	Peralatan Penelitian	33
3.2.2	Bahan Penelitian	35
3.3	Penelitian Pendahuluan	35
3.3.1	Analisis Awal Media Tanam	35
3.3.2	Aklimatisasi	36
3.4	Pelaksanaan Penelitian	36
3.4.1	Penelitian Dengan Variasi Kerapatan Tanaman Uji	36
3.5	Analisis Data Dan Pembahasan	38
3.6	Kerangka Penelitian	39

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	40
4.2	Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu Setelah Proses	

Fitoremediasi	41
4.2.1 Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu Pada Bak Kontrol	41
4.2.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu pada Reaktor Uji Dengan Tanaman <i>Lemna minor</i> dan <i>Hydrilla verticillata</i>	42
4.3 Analisis Penurunan BOD	43
4.3.1 Analisis Deskriptif	43
4.3.1.1 Reaktor dengan Tanaman <i>Lemna minor</i>	46
4.3.1.2 Reaktor dengan Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	47
4.3.3 Analisis Korelasi	47
4.3.3.1 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman <i>Lemna minor</i>	48
4.3.3.2 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	49
4.3.4 Analisis Regresi	50
4.3.4.1 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman <i>Lemna minor</i>	51
4.3.4.2 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	53
4.3.2 Analisis Variasn (ANOVA) Two Ways	54
4.4 Analisis Penurunan COD	57
4.4.1 Analisis Deskriptif	57
4.4.1.1 Reaktor dengan Tanaman <i>Lemna minor</i>	59
4.4.1.2 Reaktor dengan Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	60
4.4.3 Analisis Korelasi	60
4.4.3.1 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman <i>Lemna minor</i>	60
4.4.3.2 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	61

4.4.4	Analisis Regresi	62
4.4.4.1	Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman <i>Lemna minor</i>	62
4.4.4.2	Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	64
4.4.2	Analisis Variasn (ANOVA) Two Ways	65
4.4	Pembahasan	67
4.4.1	Pengaruh Variasi Jenis Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD	67
4.4.2	Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD	69
4.4.3	Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD	70
4.4.4	Kualitas Output Pengolahan Fitoremedasi Berdasarkan Standart Baku Mutu	73

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Tahu	11
Tabel 2.2 Perbandingan rata-rata antara BOD5 dan COD untuk bermacam-macam jenis air	24
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Desa Tunggulwulung	40
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol Fitoremediasi	41
Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi Akhir BOD dan COD Pada Reaktor Uji Fitoremediasi	41
Tabel 4.4 Prosentase Penyisihan BOD (%)	45
Tabel 4.5 Hasil Uji Korelasi Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji <i>Lemna Minor</i>	48
Tabel 4.6 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan BOD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji <i>Hydrilla Verticillata</i>	49
Tabel 4.7 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase penyisihan BOD (%) Pada <i>Lemna minor</i>	51
Tabel 4.8 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase penyisihan BOD (%) Pada <i>Hydrilla verticillata</i>	53
Tabel 4.9 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Reaktor dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan BOD (%)	55
Tabel 4.10 Prosentase Penyisihan COD (%)	58
Tabel 4.11 Hasil Uji Korelasi Prosentase Penyisihan COD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji <i>Lemna Minor</i>	60
Tabel 4.12 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan COD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji <i>Hydrilla Verticillata</i>	61

Tabel 4.13 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase penyisihan COD (%) Pada <i>Lemna minor</i>	62
Tabel 4.14 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase penyisihan COD (%) Pada <i>Hydrilla verticillata</i>	64
Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Reaktor dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan COD (%)	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu	9
Gambar 2.2 Limbah Cair Industri Tahu	10
Gambar 2.3 Proses Fitoekstraksi	12
Gambar 2.4 Proses Rhizofiltration	13
Gambar 2.5 Proses Phytostabilization	13
Gambar 2.6 Proses Rhyzodegradation	14
Gambar 2.7 Proses Phytodegradation	14
Gambar 2.8 Proses Phytovolatilization	15
Gambar 2.9 <i>Hydrilla verticillata</i>	20
Gambar 2.10 <i>Lemna minor</i>	22
Gambar 3.1 Reaktor Uji dengan Tanaman <i>Lemna minor</i>	34
Gambar 3.2 Reaktor Uji dengan Tanaman <i>Hydrilla verticillata</i>	34
Gambar 3.3 Reaktor Kontrol	35
Gambar 3.4 Kerangka Penelitian	39
Gambar 4.1 Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel	44
Gambar 4.2 Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel	46
Gambar 4.3 Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel	57
Gambar 4.4 Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air memiliki peranan yang sangat penting bagi semua makhluk hidup. Manusia memerlukan air untuk hidup begitu juga dengan hewan dan tumbuhan. Selain itu air juga diperlukan untuk mendukung aktivitas manusia yang lain seperti mandi, mencuci, sarana transportasi dan sebagainya. Kebutuhan akan air bersih setiap tahun semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan sosial-ekonomi. Akan tetapi kepedulian akan air bersih masih kurang tampak pada saat ini, karena masih sering terlihat adanya kegiatan manusia yang mencemari perairan. Pencemaran air terjadi ditandai dengan adanya perubahan fisik, kandungan kimia dan biologis yang ada di perairan. Semakin berkembangnya industri-industri dewasa ini, tentu saja menghasilkan limbah yang akan menimbulkan masalah pencemaran. Limbah-limbah yang ada dapat menimbulkan kerusakan lingkungan dan berbahaya bagi lingkungan ataupun makhluk hidup, sehingga memerlukan penanganan yang khusus.

Air buangan industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan. Air buangan proses produksi mengandung BOD dan COD dapat mencemari lingkungan dan berbahaya. Konsentrasi BOD dan COD pada analisa awal yang tinggi yaitu sebesar 1.237 mg/l untuk BOD dan 10.934 mg/l untuk COD akan menimbulkan kerusakan dan mengurangi nilai estetika alam. Daya kerusakan tetap lebih tinggi daripada daya pemulihan, sehingga lama kelamaan kondisi lingkungan akan semakin memburuk, kalau tidak ada perbaikan. Untuk mengatasi dampak buruk pencemaran limbah tahu, maka dibutuhkan pengolahan terhadap limbah yang mengandung BOD dan COD sebelum dibuang ke badan air. Beberapa teknologi seperti RBC (*Rotating Biological Contactor*) ataupun dengan menggunakan biofilter dapat digunakan untuk mengolah limbah tahu, namun teknologi-teknologi tersebut mempunyai

kelemahan yaitu biaya yang cukup mahal, sehingga dibutuhkan teknologi lain yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri tahu dengan biaya yang murah.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi bioremediasi yang menggunakan tanaman untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah. Tanaman tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme 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 murah dan mudah dilakukan, di samping itu tanaman yang digunakan dapat dimanfaatkan kembali misalnya sebagai kompos.

Kajian penanganan limbah dengan menggunakan tanaman air sudah banyak dilakukan diantaranya dengan menggunakan tanaman enceng gondok, kayu apu, paku air, kiambang dan lain-lain. Namun, pada penelitian ini akan digunakan tanaman air melayang (*Hydrilla verticillata*) dan tanaman air mengapung (*Lemna minor*) sebagai pembandingnya dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu. *Hydrilla verticillata* merupakan tanaman air melayang di air, dimana bagian daun, batang dan akar terendam di air yang memudahkan pendegradasian bahan pencemar (BOD, COD, N, P dan logam berat). Sedangkan *Lemna minor* merupakan tanaman mengapung di air, tidak melekat di dasar, bagian daunnya berada di permukaan air yang memungkinkan penerimaan sinar matahari secara langsung, dan mempunyai produktivitas tinggi dalam menyerap BOD, COD, N, P dan logam berat yang ada di dalam air.

Hasil penelitian Sanaky (2008) yang memanfaatkan tanaman air Duckweed (*Lemna minor*) pada proses pengolahan limbah tahu dapat menurunkan parameter P-total sebesar 90,376% dan 99,783% untuk parameter COD masing-masing pada kerapatan tanaman 80 mg/cm² dengan ketinggian muka air 6 cm yang terjadi pada hari ke lima. Sedangkan hasil penelitian Pistal (2008), juga diketahui bahwa

dengan menggunakan tanaman air (*Azolla pinnata*) dapat menurunkan BOD, COD dan TSS pada limbah tahu masing-masing sebesar 78,5 %; 80,4% dan 80,7% masing-masing pada kerapatan tanaman 3 mg/cm² terjadi pada hari ke enam.

Berdasarkan hasil beberapa penelitian tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk membandingkan tingkat keefektifan dari menggunakan tanaman air mengapung (*Lemna minor*) dan tanaman air melayang (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada air limbah cair industri tahu.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa kerapatan optimum tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu ?
2. Berapa waktu tinggal (td) yang efektif dari tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu ?
3. Jenis tanaman mana yang paling baik dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu ?

1.2.2 Hipotesa

Hipotesa yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Metode fitoremediasi menggunakan tanaman air mampu menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada air limbah.
- b. *Hydrilla verticillata* lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD.
- c. Semakin lama waktu detensi semakin banyak konsentrasi polutan yang didegradasi sehingga konsentrasi BOD dan COD mengalami penurunan.
- d. Semakin padat kerapatan tanaman maka konsentrasi BOD dan COD

mengalami penurunan akibat banyaknya polutan yang terdegradasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kerapatan optimum tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu.
2. Mengetahui waktu tinggal (td) yang efektif dari tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu.
3. Mengetahui fitoremediator terbaik dalam menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair industri tahu.

1.4 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Menggunakan reaktor batch dengan sumber cahaya alami (matahari).
3. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) dengan kerapatan tanaman 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm².
Kerapatan tanaman didasarkan pada banyaknya tanaman dalam satuan berat (mg) per luasan reaktor dalam satuan cm².
4. Parameter yang diuji adalah konsentrasi BOD dan COD dalam limbah cair industri tahu.
5. Pengukuran parameter di reaktor batch dilakukan sesuai dengan waktu detensi yang ditetapkan yaitu, setiap 2 hari sekali selama 10 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

2.1.1 Bahan Produksi Tahu

Tahu merupakan gumpalan protein kedelai yang diperoleh dari hasil penyaringan kedelai yang telah digiling dengan penambahan air. Penggumpalan protein dilakukan dengan cara penambahan cairan biang atau garam-garam kalsium (Sarwono, 2001). Bahan-bahan yang digunakan untuk proses produksi tahu antara lain :

1. Kacang kedelai

Kacang kedelai (*Glycine max* sin. *Glycine soya*), terutama kedelai kuning. Kacang kedelai dapat dijadikan bahan baku tahu dengan persyaratan sebagai berikut (Sarwono, 2001):

- a. Kedelai yang menjadi bahan baku sebaiknya belum lama (baru) dipanen dan cukup umur. Kedelai yang panen muda antara lain ditandai dengan bijinya yang keriput.
- b. Kadar air kedelai maksimal 13%. Bila kadar airnya mencapai 15%, jamur mudah sekali tumbuh selama penyimpanan. Namun, perlu dijaga pula agar kadar airnya tidak terlalu rendah karena kedelai yang berkadar air 9% atau kurang akan mudah pecah.
- c. Biji kedelai harus utuh karena enzim-enzim lipoksidase akan aktif bila kedelai pecah sehingga menyebabkan minyaknya tengik dan bau tahu kurang enak.
- d. Kedelai harus bebas dari segala macam kotoran, seperti kerikil, pasir atau sisa-sisa tanaman. Selain membutuhkan waktu dan biaya untuk menyingkirkannya, kotoran-kotoran tersebut juga bisa merusak alat penggiling.

2. Penggumpal

Bahan penggumpal digunakan untuk mengendapkan protein dan larutan padat pada sari kedelai. Beberapa bahan penggumpal yang dapat digunakan adalah (Sarwono, 2001):

a. Batu tahu atau sioko

Batu tahu atau sioko merupakan bahan penggumpal yang tergolong populer, dimana sebagian besar kandungannya berupa kalsium sulfat. Wujudnya berupa padatan putih. Sebelum digunakan, batu tahu ini harus dibakar lalu ditumbuk hingga halus kemudian dilarutkan dalam air dan diendapkan selama semalam. Dosis larutan 5-10 gram sioko per 400-800 liter air. Bahan penggumpal ini ditambahkan sekaligus pada saat sari kedelai bersuhu 70-90°C dan diaduk dengan arah tetap.

b. Asam cuka

Asam cuka merupakan bahan penggumpal yang baik dalam pembuatan tahu. Dosis yang dipergunakan untuk setiap 0,5 kg kedelai kering sebanyak 74 ml atau sekitar 16,4% dari berat kering kedelai. Penambahan asam cuka ini dilakukan saat suhu sari kedelai antara 80-90°C.

c. Biang tahu (*whey*)

Biang tahu ini berupa air sisa penggumpalan sari kedelai. Sebelum digunakan, cairan ini didiamkan dulu selama 1-2 malam agar bakteri yang ada menghasilkan asam laktat. Kendala yang sering muncul yaitu bila penanganannya tidak higienis, maka bakteri pemecah protein akan tumbuh dan berkembang.

d. Kalsium sulfat murni

Kalsium sulfat murni berbentuk serbuk putih dan merupakan bahan penggumpal yang paling populer di dunia. Dosis pemakaiannya kira-kira 10 g per 0,5 kg kedelai kering untuk pembuatan tahu keras. Pada pembuatan tahu sutera digunakan sebanyak 4 gram per 0,5 kg kedelai kering. Pemberian kalsium sulfat dilakukan pada saat suhu sari kedelai 70-75°C.

e. Glucono-delta-lacton (GDL)

Bahan penggumpal ini banyak digunakan sebagai penggumpal sari kedelai di Jepang sejak tahun 1969 dan tergolong istimewa. GDL dapat dicampurkan ke dalam sari kedelai dingin dengan jumlah sedikit, kemudian dimasukkan ke dalam wadah dan ditutup rapat, lalu dicelupkan dalam air bersuhu 85-90°C selama 30-50 menit.

3. Pewarna

Pewarna alami tahu biasanya menggunakan ekstrak kunyit. Tahu yang diberi pewarna alami ini cukup mudah dikenali karena pada permukaannya terdapat sedikit gumpalan-gumpalan dan beraroma khas kunyit. Para pembuat tahu biasanya lebih suka menggunakan pewarna sintetik dari pada pewarna alami karena lebih mudah penggunaannya dan warna tahu lebih cerah (Sarwono, 2001).

4. Antibusa

Bahan ini berfungsi untuk mencegah timbulnya busa sewaktu memasak bubur kedelai. Zat antibusa yang bisa digunakan dalam pembuatan tahu, antara lain kalsium karbonat, minyak goreng dan *silicone defoame* (Sarwono, 2001).

5. Air

Industri tahu tergolong boros air. Pengolahan 3 kg kedelai membutuhkan air sekitar 135 liter atau 45 liter per 1 kg kedelai. Air yang dipergunakan sangat berpengaruh pada mutu tahu. Oleh karena itu, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan untuk industri pangan, seperti tidak berwarna, tidak berbau, jernih, tidak berasa, tidak mengandung besi dan mangan, serta bebas dari jasad renik patogen. Penggunaan air sumur atau air sungai dalam pembuatan tahu harus diberi klor, lalu diendapkan dan disaring berulang kali (Sarwono, 2001).

2.1.2 Proses Produksi Tahu

Pembuatan tahu pada prinsipnya dengan cara mengekstraksi protein, kemudian mengumpulkannya sehingga terbentuk padatan protein. Adapun urutan

proses produksi tahu adalah (Sarwono, 2001) :

A. Pembuatan sari kedelai

Biji kedelai mula-mula dibersihkan dari kotoran atau benda asing, sementara kedelai yang pecah, berlubang, busuk dan berjamur dibuang. Kedelai selanjutnya direndam dalam tangki atau tong perendaman selama 8-12 jam atau satu malam. Perendaman cukup selama 1-2 jam jika menggunakan air bersuhu 55°C. Setelah direndam, biji kedelai kemudian ditiriskan.

Kedelai yang telah direndam kemudian digiling hingga menjadi bubur halus. Penggilingan dilakukan dengan mesin giling. Pada saat penggilingan berlangsung, air ditambahkan sedikit demi sedikit. Kedelai yang telah menjadi bubur ditampung dalam wadah logam antikorosi atau tong kayu.

Tahap berikutnya, bubur kedelai dimasak pada suhu 100°C selama 10-15 menit. Selama pemasakan berlangsung, air ditambahkan berulang kali. Kebutuhan air sekitar 10 liter untuk 1 kg kacang kedelai. Bubur kedelai masak selanjutnya disaring untuk mengambil sarinya dan untuk mendapatkan sari kedelai yang lebih banyak, ampas sarinya dapat dicuci kemudian disaring.

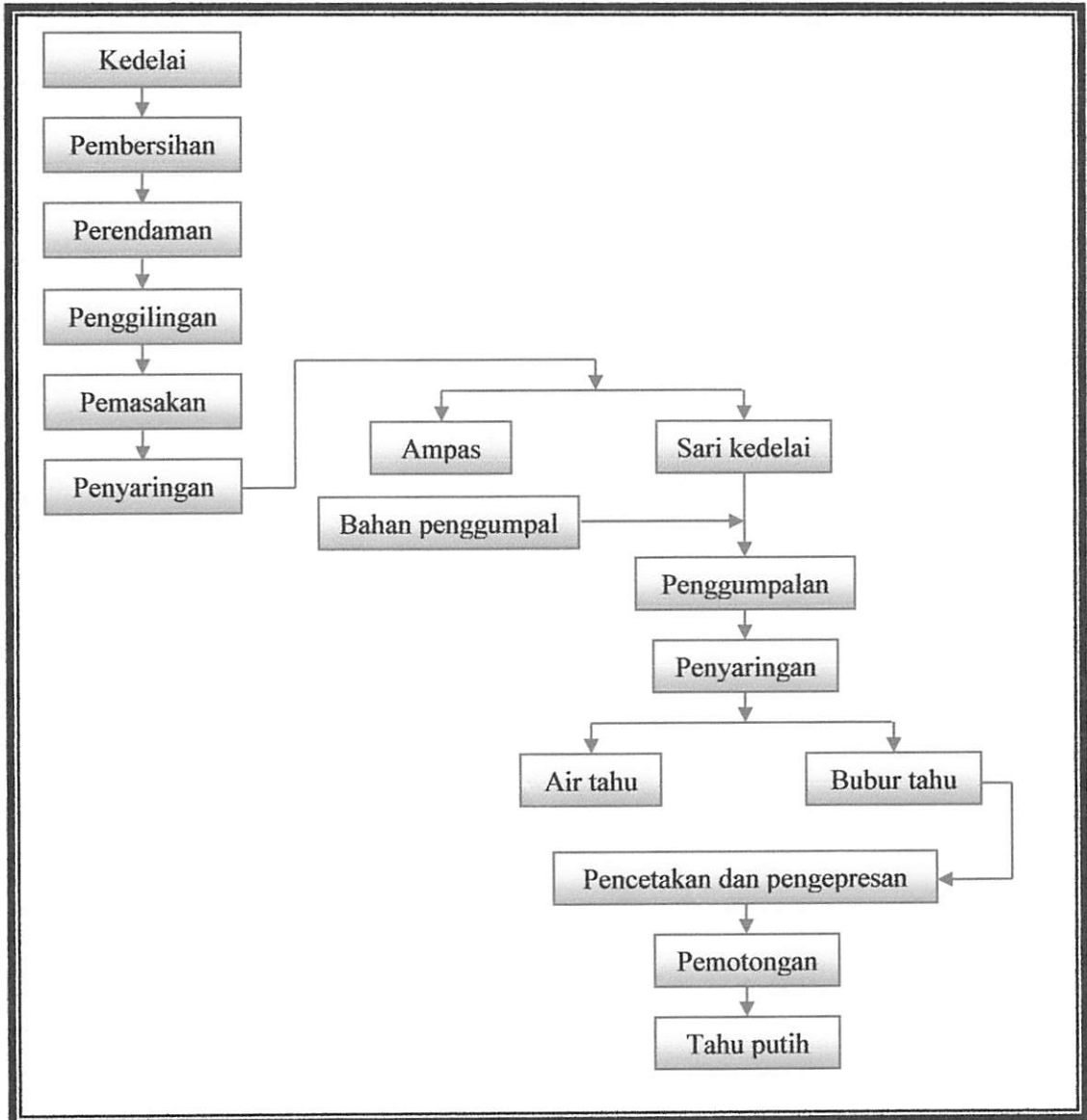
B. Penggumpalan dan pengendapan

Sari kedelai kemudian digumpalkan dengan larutan jenuh sioko yang telah diendapkan selama satu malam dengan dosis 5-10 gram sioko per 400-800 ml air. Penggumpalan dilakukan pada saat suhu sari kedelai berkisar 70-90°C dan pada saat penambahan sioko sebaiknya diaduk-aduk terus dengan arah tetap. Pengadukan dihentikan bila gumpalan bubur tahu telah terbentuk. Bubur tahu kemudian diendapkan hingga gumpalan turun ke dasar wadah. Pengendapan ini bertujuan untuk memudahkan pemisahan air tahu dengan bubur tahu.

C. Pencetakan dan pengepresan

Gumpalan bubur tahu dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dialasi kain, lalu bagian atas juga ditutup dengan kain serupa dan papan. Di atas papan selanjutnya diletakkan pemberat berbobot sekitar 30 kg selama 15 menit atau hingga air tahu menetes habis.

Komposisi tahu mengandung 84-90% air, 5-8% protein, 3-4% lemak dan 2-4% karbohidrat. Untuk lebih jelas mengenai diagram alir proses produksi tahu, dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu

2.2 Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair yang dihasilkan pabrik pengolahan tahu termasuk limbah tidak berbahaya. Limbah cair disini termasuk juga air tahu (*whey*). Air tahu dapat dimanfaatkan menjadi nata de soya, tetapi bila akan dibuang maka perlu

dilakukan penanganan secara khusus. Sifat limbah cair dari pengolahan tahu antara lain sebagai berikut (Sarwono, 2001):

1. Limbah cair mengandung zat-zat organik terlarut yang cenderung membusuk kalau dibiarkan tergenang sampai beberapa hari di tempat terbuka.
2. Suhu air limbah tahu rata-rata berkisar 40-60°C. Suhu ini lebih tinggi dibandingkan suhu rata-rata air lingkungan. Pembuangan secara langsung tanpa adanya proses dapat membahayakan kelestarian lingkungan hidup.
3. Air limbah tahu bersifat asam karena proses penggumpalan sari kedelai membutuhkan bahan penolong yang bersifat asam. Keasaman limbah dapat membunuh mikroba, misalnya bakteri. Bakteri tumbuh optimal pada pH 6,5-8,5.

Gambar limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Limbah Cair Industri Tahu

(<http://amed.files.wordpress.com>)

2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Secara umum karakteristik air buangan dapat digolongkan atas sifat fisika, kimia dan biologi. Akan tetapi, air buangan industri biasanya hanya terdiri dari karakteristik kimia dan fisika. Parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri adalah (Husin, 2008):

- a. *Parameter fisika*, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain.
- b. *Parameter kimia*, dibedakan atas:
 - Kimia Organik : kandungan organik (BOD, COD, TOC), oksigen terlarut (DO), minyak/lemak, Nitrogen-Total (N-Total), dan lain-lain.

- Kimia anorganik : pH, Ca, Pb, Fe, Cu, Na, sulfur, H₂S, dan lain-lain.

Limbah tahu yang diteliti berasal dari campuran semua proses produksi, dimana memiliki karakteristik awalnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Tahu

Parameter	Keterangan
Warna	putih keruh
pH	5,4
BOD	1237 mg/l
COD	10934 mg/l
TSS	1065,3 mg/l
Kekeruhan	425 NTU
Total Kjedadahl Nitrogen	93,7 mg/l
Phospat total	32,581 mg/l

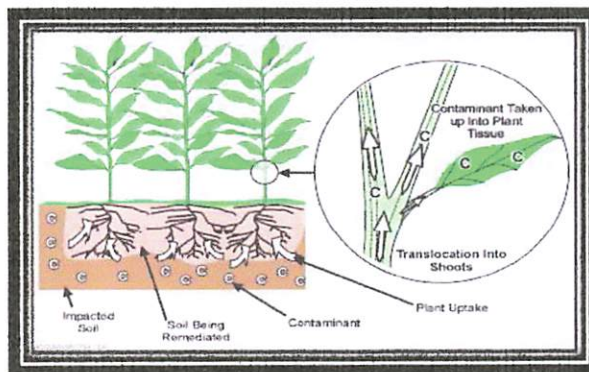
(Sumber : Hasil Analisis Jasa Tirta, 2010)

2.3 Fitoremediasi

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. Fitoremediasi juga dapat berarti sebagai teknologi proses dengan menggunakan vegetasi (tanaman) untuk menghilangkan dan memperbaiki kondisi tanah, sludge, kolam, sungai dari kontaminan (Anonim, 2010). Jadi *fitoremediasi (phytoremediation)* merupakan suatu sistem yang menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme 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.

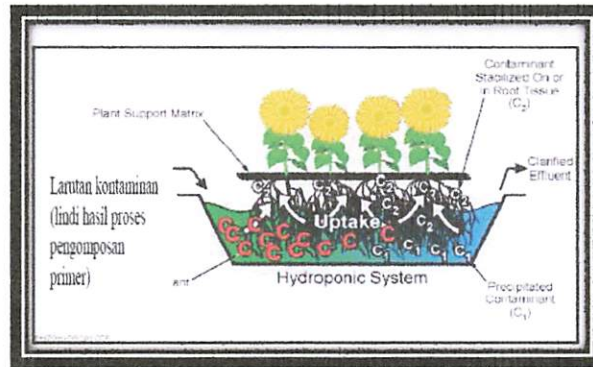
Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metoda ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya secara finansial relatif murah bila dibandingkan dengan metoda konvensional biaya dapat dihemat sebesar 75-85%. Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan, yaitu sebagai berikut (Mangkoedihardjo, 2005):

1. Fitoekstraksi / fitoakumulasi (*Phytoaccumulation / phytoextraction*) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*. Spesies tumbuhan yang dipakai adalah sejenis hiperakumulator misalnya pakis, bunga matahari dan jagung. Keterangan gambar dari proses fitoekstraksi dapat dilihat pada Gambar 2.3.



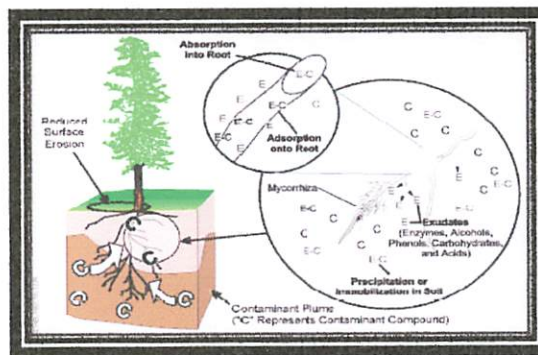
Gambar 2.3 Proses Fitoekstraksi
(Mangkoedihardjo, 2005)

2. *Rhizofiltration* 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. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah tumbuhan air seperti *Cattail*, bunga matahari, Kayu Apu, dan Eceng Gondok. Keterangan gambar dari proses rhizofiltration dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses Rhizofiltration
(Mangkoedihardjo, 2005)

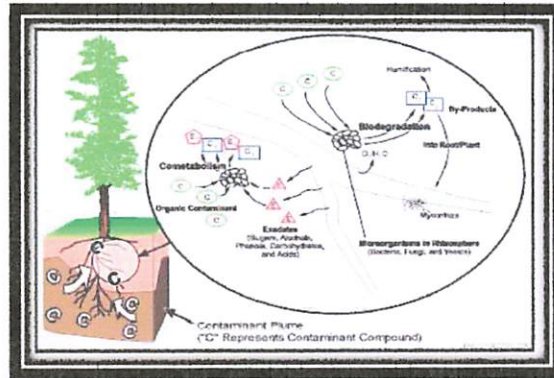
3. Fitostabilisasi (*phytostabilization*) yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air, seperti bunga matahari dan jenis tumbuhan air lainnya serta kedelai. Keterangan gambar dari proses fitostabilisasi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses Phytostabilization
(Mangkoedihardjo, 2005)

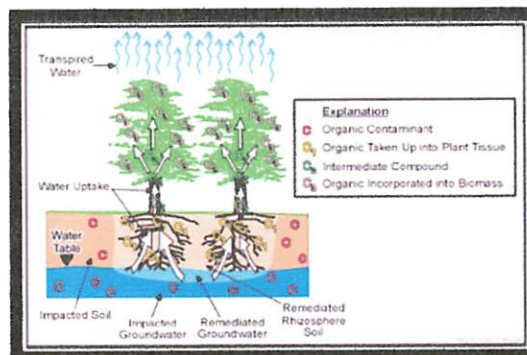
4. Rizodegradasi (*Rhizodegradation*) disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, or *planted-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.

Keterangan gambar dari proses rizodegradasi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



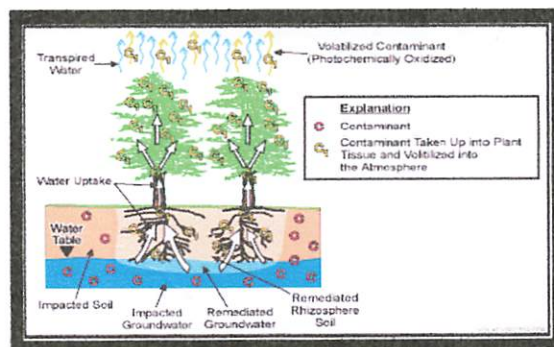
Gambar 2.6 Proses Rhizodegradation
(Mangkoedihardjo, 2005)

5. Fitodegradasi (*Phytodegradation/phytotransformation*) 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. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air. Keterangan gambar dari proses fitodegradasi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Proses Phytodegradation
(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. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah tumbuhan kapas, pakis dan berbagai jenis tumbuhan air. Keterangan gambar dari proses fitovolatilisasi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Proses Phytovolatilization
(Mangkoedihardjo, 2005)

Peranan tanaman dalam proses mempercepat remediasi pada lokasi yang tercemar bisa dalam berbagai cara antara lain:

1) Solar driven-pump-and-tract-system

Tanaman mengalami transpirasi, proses ini adalah penyerapan air dan air tersebut diuapkan ke udara melewati stomata pada daun. Proses transpirasi ini menggunakan matahari sebagai sistem yang membantu transpirasi. Pada saat transpirasi terjadi akar tanaman menghisap zat cair dan larutan yang berada disekitar akar tertarik ke daerah rhizospher sehingga kontaminan lebih terkonsentrasi di daerah rhizospher dan mempermudah bakteri untuk mengambil sebagai sumber nutrisi. Proses penarikan polutan kedaerah rhizosfer dengan bantuan sinar matahari disebut dengan Solar driven-pump-and-tract-system.

2) Biofilter

Tanaman dapat mengadsorpsi dan biodegradasi kontaminan yang berada di udara, air dan daerah buffer. Proses adsorpsi tersebut bersifat menyaring atau filter untuk kontaminan.

3) Transfer oksigen dan menurunkan water table

Tanaman dengan sistem perakarannya dapat berfungsi sebagai oksigen transfer bagi mikroorganisme dan dapat menurunkan water table sehingga difusi gas dapat terjadi. Fungsi ini biasanya dilakukan oleh tanaman apabila kontaminannya bersifat readily degraded.

4) Penghasil sumber karbon dan energi

Kontaminan biasanya bersifat tidak terlarut baik pada air sehingga sebelum dapat mendegradasi polutan, mikroorganisme memerlukan nutrisi alternatif sebelum dapat menggunakan polutan sebagai sumber karbon dan energi. Dari beberapa hasil penelitian tanaman dapat berperan sebagai penghasil sumber karbon dan energi alternatif yaitu dengan cara mengeluarkan hasil metabolisme oleh akar tanaman. Hasil dari proses metabolisme tersebut dapat digunakan oleh mikroorganisme tanah sebagai sumber karbon dan energi alternatif sebelum mikroorganisme tersebut menggunakan polutan sebagai sumber karbon dan energi.

5) Rhizofiltrasi

Tanaman menyerap polutan yang terkandung di dalam air melalui perakaran tanaman

Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Tidak semua tanaman dapat digunakan dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang mempunyai sifat (Youngman, 1999):

1) Cepat tumbuh.

2) Mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat.

- 3) Mampu meremediasi lebih dari satu polutan.
- 4) Toleransi yang tinggi terhadap polutan.

2.4 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.

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.

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. Contoh dari tumbuhan jenis ini adalah hydrilla (*Hydrilla verticillata*), *Charra*, *Egeria densa*, *Myriophyllum aquaticum*, dan *Elodea nutallii*.

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.

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*.

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

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*.

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 termasuk dalam golongan ini antara lain adalah *Nuphar* dan *Nymphaea*.

Penyerapan dan akumulasi polutan oleh tumbuhan air dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu : (Amalia, 2005).

1. Penyerapan polutan 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 polutan dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya polutan harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain.

3. Lokalisasi polutan dalam jaringan

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

Pada proses penyerapan polutan 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.

5. Keberadaan polutan
6. Waktu kontak

Semakin lama waktu penyerapan, maka semakin besar pula polutan 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 polutan lagi dan hal ini dapat dijadikan pedoman untuk menentukan kapan tumbuhan tersebut harus di *recovery*.

2.5 Jenis-jenis Tumbuhan Uji

2.5.1 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.

Hydrilla dapat tersebar dengan melalui benih, akar atau umbi, fragmentasi dan tunas. Satu meter persegi *hydrilla* dapat menghasilkan 5000 akar atau 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 (Anonim, 2011):

- Daun kecil berwarna hijau tua dengan ukuran lebar daun 2-4 mm dan panjang 6-20 mm,
- Daunnya mengelilingi batang,
- Panjang batang dari akar 30 cm, dan
- Berada mengapung di permukaan air dan sedikit tenggelam. Gambar tanaman *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada Gambar 2.9

Tanaman ini memiliki klasifikasi sebagai berikut (USDA, 2010):

- 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



Gambar 2.9 *Hydrilla verticillata*

(<http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd>)

2.5.2 Lemna minor

Lemna minor mempunyai beberapa nama lokal, menurut Sunarmi dalam Sanaky (2008) Lemna minor dikenal dengan nama sawuran. Namun, ada sebuah buku yang menyatakan bahwa Lemna minor disebut juga sebagai kiambang dan di Indonesia lebih dikenal dengan nama motolele yang merupakan tumbuhan mengapung bebas diatas permukaan air, berukuran kecil dan berwarna hijau. Lemna minor banyak ditemukan hampir di seluruh dunia dan biasa tumbuh di perairan yang tenang, kaya akan nutrisi dan payau.

Perkembangbiakannya umumnya dilakukan secara vegetatif (dengan tunasnya), yang mana tumbuhan ini memiliki dua kantung tunas yang terletak di sisi pinggir daun yang berisi putik serta dua benang sari.

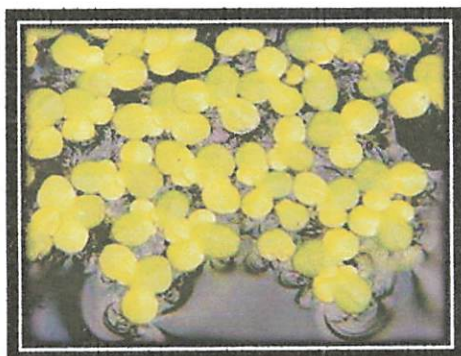
Lemna minor dapat diidentifikasi berdasarkan ciri-ciri fisiknya, yaitu :

1. Mempunyai satu akar dengan panjang 5-20 mm, ujung bulat kebanyakan; selubung tidak bersayap.
2. Daun apung, 1 atau 2-5 atau lebih, koheren dalam kelompok-kelompok, ovale, hampir tidak menonjol, datar, 1-8 mm. Daun dan stems (tangkai) bergabung dalam struktur umum biasanya disebut daun palem atau thallus.
3. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik pada pH 4,5-7,5
4. Suhu optimal untuk tumbuh dan berkembangnya adalah 18-40°C. Gambar Lemna minor dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Tanaman ini memiliki klasifikasi sebagai berikut (USDA, 2010) :

- Kingdom : Plantae – Plants
- Subkingdom : Tracheobionta – Vascular plants
- Superdivision : Spermatophyta – Seed plants
- Division : Magnoliophyta – Flowering plants
- Class : Liliopsida – Monocotyledons
- Subclass : Arecidae
- Order : Arales
- Genus : *Lemna* L. – duckweed
- Family : Lemnaceae – Duckweed family
- Species : *Lemna minor* L. – common duckweed

Lemna minor sangat penting dalam ekosistem sebagai mata rantai penting dalam rantai makanan. Lemna minor sebagai tanaman air sangat berguna karena mereka dapat menyesuaikan diri untuk hampir semua kondisi pertumbuhan. Mereka berkembang biak dengan cepat, membentang di atas area permukaan besar, dan mudah dipanen. Lemna minor yang mempunyai kandungan lemak dan protein yang tinggi merupakan sumber makanan bagi hewan dan unggas. Duckweeds terutama Lemna minor berpotensi dalam pengolahan air limbah, menyerap kelebihan nutrisi dari permukaan air, termasuk fosfor dan amoniak, mengurangi padatan tersuspensi, dan mengurangi permintaan oksigen biokimia.



Gambar 2.10 *Lemna minor*

(<http://creationwiki.org/Duckweed>)

2.6 Parameter Yang Diuji

2.6.1 Biological Oxygen Demand (BOD₅)

Biochemical Oxygen Demand atau yang biasa dikenal dengan istilah BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Hariyadi, 2004)

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana (Ginting, 2007). BOD₅ adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l

yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20 °C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60% – 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. BOD hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (*biodegradable*).

2.6.2 Chemical Oksigen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Hariyadi, 2004). Pengukuran nilai COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. COD dapat dipakai sebagai ukuran untuk mengukur derajat pencemaran air yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa yang sukar diuraikan atau zat anorganik (Ginting, 2007). Definisi COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. Nilai COD biasanya dalam satuan ppm, kilogram atau persentase (%). Pengujian kebutuhan oksigen kimia (KOK) atau *Chemical Oksigen Demand* (COD) merupakan cara uji yang digunakan secara luas untuk mengukur pencemaran air yang ditimbulkan oleh limbah domestik maupun industri.

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 diinterpretasikan menjadi data BOD melalui perhitungan dengan faktor korelasi yang telah diketahui. Satuan nilai COD adalah mg O₂/l atau biasanya cukup dipakai dengan menuliskan mg/l.

2.6.3 Rasio BOD/ COD

Semakin dekat nilai BOD terhadap COD menunjukkan bahwa semakin sedikit bahan organik yang dapat dioksidasi dengan bahan kimia. Analisis COD berbeda dengan analisis BOD namun perbandingan antara angka COD dengan

angka BOD dapat ditetapkan. Perbandingan BOD dengan COD untuk beberapa jenis air dan air buangan (Alaerts, 1984). Rasio BOD/COD pada limbah cair dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Perbandingan rata-rata antara BOD5 dan COD untuk bermacam-macam jenis air

BOD5/COD \approx	Jenis air
0,4 sampai 0,6	Air buangan penduduk (dari rumah tangga)
0,6	Air buangan penduduk setelah pengendapan primer
0,2	Air buangan penduduk sesudah diolah secara biologis
0,1	Air sungai yang tidak tercemar
0,5 sampai 0,65	Air beracun industri organik tanpa keracunan
0,0 sampai 0,2	Air buangan industri inorganik atau beracun

(Sumber : G.Alaerts, Sri Sumestri Santika, 1984)

2.7 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi umumnya hanya memakan waktu yang pendek dan tidak melebihi umur suatu organisme. Aklimatisasi adalah suatu proses yang terjadi secara alami, sedangkan “aklimasi” dipergunakan untuk aklimatisasi yang dilakukan secara paksa dalam waktu yang jauh lebih singkat (Wood, 1993 dalam Budiman, 2010). Lamanya aklimatisasi minimal dua minggu untuk memastikan ikan yang akan digunakan dalam penelitian dapat menyesuaikan diri dengan kondisi di lingkungan yang baru. Harus dipastikan ikan yang digunakan dalam percobaan ini bebas dari penyakit dan pisahkan ikan yang dicurigai terkena penyakit (EPA, 1996 dalam Budiman 2010).

2.8 Kebutuhan Unsur Hara

2.8.1 Unsur Hara Yang Dibutuhkan

Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara dalam pertumbuhannya. Apabila salah satu dari unsur hara tersebut tidak dipenuhi, maka hal ini akan mempengaruhi metabolisme tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman

air dibedakan menjadi :

1. Unsur makro

Yang termasuk dalam unsur makro adalah C, H, I, N, P, S, K, Ca dan Mg. Unsur makro merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar. Tanaman mengambil karbon (C) dalam bentuk CO₂ yang besar dari atmosfer. Air dan unsur lainnya diambil dari dalam tanah.

2. Unsur mikro

Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Co dan Cl merupakan unsur-unsur yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah yang kecil. Umumnya unsur mikro ini didapatkan dari lapisan tanah dan air.

Agar dapat diserap oleh tumbuhan, maka unsur-unsur tersebut harus berbentuk larutan atau terlarut dalam air. Sedangkan fungsi air itu sendiri bagi tanaman adalah :

1. Sebagai sumber kehidupan
2. Sebagai pelarut unsur hara dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman
3. Merupakan proses terpenting dalam fotosintesis
4. Untuk mempertahankan suhu tanaman sehingga sesuai dengan suhu lingkungannya (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

2.8.2 Fotosintesis

Pada hakikatnya semua kehidupan di atas bumi ini tergantung langsung dari adanya proses asimilasi CO₂ menjadi senyawa kimia organik dengan energi yang didapat dari sinar matahari. Dalam proses ini energi sinar matahari (energi foton) ditangkap dan diubah menjadi energi yang dipakai oleh mausia untuk pemanasan, cahaya dan tenaga (Subrata, 2007).

Fotosintesis merupakan suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki oleh tanaman. Pada waktu proses fotosintesis berlangsung molekul-molekul air diambil dari media hidupnya, sedangkan karbondioksida (CO₂) diambil dari udara atau dari dalam air dalam bentuk karbondioksida terlarut. Oleh kloroplas tanaman, atom-atom C, H dan O dari zat-zat tersebut diubah menjadi senyawa hidrat arang

(gula atau pati). Sebagai hasil tambahan dari proses fotosintesis, tanaman mengeluarkan kelebihan oksigen ke udara dan perairan sehingga dapat dimanfaatkan oleh organisme air. Sedangkan gula yang dihasilkan oleh proses fotosintesis ini, diperlukan adanya cahaya matahari. Besarnya energi yang diberikan oleh cahaya tergantung dari intensitas cahaya matahari. Besarnya energi yang diberikan oleh cahaya tergantung dari intensitas cahaya (banyaknya sinar per cm² per detik) dan waktu penyinaran. Proses fotosintesis ini tidak dapat berjalan pada suhu kurang dari 5°C.

Laju fotosintesis akan tinggi bila intensitas cahaya tinggi dan akan menurun bila intensitas cahaya berkurang. Oleh karena itu cahaya berperan sebagai faktor pembatas utama dalam fotosintesis atau produktivitas primer (Sanaky, 2008). Unsur radiasi matahari yang penting bagi tanaman ialah intensitas cahaya, kualitas cahaya dan lamanya penyinaran. Bila intensitas cahaya yang diterima rendah, maka jumlah cahaya yang diterima oleh setiap luasan permukaan tanaman dalam jangka waktu tertentu juga rendah (Gardner *et al.*, 1991 ; Djukri dan Purwoko dalam Subrata, 2007).

Kondisi kekurangan cahaya berakibat terganggunya metabolisme, sehingga menyebabkan menurunnya laju fotosintesis dan sintesis karbohidrat (Chowdury *et al.*, 1994; Soepandi *et al.*, 2003; Djukri dan Purwoko dalam Subrata, 2007). Faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis selain CO₂, air dan cahaya adalah sebagai berikut :

1. Unsur hara

Beberapa unsur hara seperti fosfat, nitrat dan unsur lainnya dapat meningkatkan proses fotosintesis karena unsur-unsur tersebut berperan terhadap pertumbuhan dan perkembangan bagian-bagian tumbuhan termasuk daun, kloroplas dan lainnya.

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap proses fotosintesis bergantung pada jenis tumbuhannya dan keadaan lingkungan tempat itu tumbuh.

3. Umur daun

Sejalan dengan pertumbuhan daun, kemampuannya untuk melakukan

fotosintesis akan meningkat sampai daun tersebut berkembang penuh, kemudian mulai turun secara perlahan. Daun tua yang hampir mati tidak mampu berfotosintesis karena rusaknya klorofil dan hilangnya fungsi dari kloroplas (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

2.8.3 Mekanisme Penyerapan Unsur Hara Oleh Tumbuhan Air

Tanaman dapat menyerap unsur hara melalui akar tanaman. Unsur karbon (C) dan oksigen (O) diambil oleh tanaman dari udara sebagai CO_2 melalui stomata daun dalam proses fotosintesis. Sedangkan unsur H diambil dari air tanah (H_2O) oleh akar tanaman dan dalam jumlah sedikit air juga diserap tanaman melalui daun. Unsur-unsur hara yang diserap oleh tanaman terdapat dalam bentuk kation dan anion yang terlarut dalam air. Air yang mengandung bahan pencemar dan berbahaya bagi lingkungan seperti air limbah dari industri logam berat, maupun air limbah domestik, tetapi bermanfaat bagi tanaman maka bahan tersebut akan diserap pula (Widyastuti dalam Subrata, 2007). Proses penyerapan unsur hara oleh tanaman ini dapat berlangsung bila unsur hara tersebut telah berkontak dengan permukaan akar. Penyerapan unsur hara oleh akar melibatkan beberapa proses antara lain :

1. Pergerakan ion dari media hidup tanaman menuju ke permukaan akar tanaman

Secara garis besar proses yang terjadi pada pergerakan ion dari media ke permukaan akar memiliki kriteria tertentu diantaranya adalah terdapatnya gradien konsentrasi antara larutan media dan larutan ruang bebas di antara akar pada kondisi pertumbuhan normal.

2. Penimbunan ion dalam sel akar

Penimbunan ion dalam sel akar dianggap sebagai tahap pertama dalam proses penyerapan unsur hara melalui akar. Ion-ion menempel di permukaan akar dan menembus dinding sel dan selanjutnya akan sampai pada membran sel. Dari lapisan membran sel inilah mekanisme penyerapan ini dimulai.

3. Pergerakan ion secara radial dari permukaan akar ke dalam pembuluh

kayu. Pergerakan ion ini dilakukan melalui tiga jalan, yaitu :

- a. Pergerakan antar vakuola sel
 - b. Pergerakan melalui simplas
 - c. Pergerakan melalui ruang bebas dari dinding sel atau kombinasi ketiganya. Pergerakan ini dilakukan melalui difusi aliran massa diantara sel
4. Pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun, dimana pergerakan ion secara pasif melalui membran ini memerlukan adanya daya gerak hingga kesetimbangan pada dua sisi membran (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

2.9 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 Analisis deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi).

2.9.1 Statistik 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 disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data 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 (Irawan, 2006).

2.9.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah negatif, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula (Irawan, 2006).

Suatu hubungan antara dua variable dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau (-1) dan jika sebuah hubungan antara dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Dalam Analisis korelasi ni juga terdapat hipotesa ada tidaknya korelasi antar variabel, dimana :

- H_0 = Tidak ada korelasi antara variabel ($\rho = 0$)
- H_1 = Ada korelasi antara variabel ($\rho \neq 0$)

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

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

2.9.3 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 predictor terhadap variabel respons.
- Model regresi berguna untuk mempredisikan 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 oleh suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal sebagai variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut sebagai variabel independen karena penelitian bebas mengendalikannya (Irawan, 2006).

Pada Analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi

Uji F mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = y tidak memiliki hubungan linier dengan x

H_1 = y memiliki hubungan linier dengan x

Dalam pengambilan keputusan, uji F membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Keputusan lain yang dapat diambil bahwa variabel y (variabel terikat) dengan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier.

- Uji T yang digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel prediktor

Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingkan statistik T hitung dengan statistik T tabel.

- Jika statistik T hitung $<$ statistik T tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- Jika statistik T hitung $>$ statistik T tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

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

2.9.4 Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independent). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Irawan, 2006).

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih, desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level faktor. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antarfaktor mempengaruhi respon dan apabila menghilangkan interaksi antarfaktor mungkin mempengaruhi kesimpulan, kemudian kita mengetahui bahwa desain faktorial lebih efisien dibandingkan desain n faktor karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antarlevel faktor pada saat bersamaan, berbeda dengan desain n faktor pengaruh interaksi tidak bisa dideteksi (Irawan, 2006).

Dalam Analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- $H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$
(rata-rata sampel tiap perlakuan sama)
- $H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$
(ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

- a. Nilai probabilitas,
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- b. Nilai F hitung,
 - F hitung output $> F$ tabel, H_0 ditolak
 - F hitung output $< F$ tabel, H_0 diterima

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari 2 (dua) variabel, yaitu :

3.1.1 Variabel Respon (Variabel Dependen)

Variabel terikat dalam skripsi ini terdiri dari :

- Prosentase penyisihan BOD
Konsentrasi BOD yang tinggi pada air limbah dipilih agar dapat diketahui perubahan konsentrasi selama proses fitoremediasi.
- Prosentase penyisihan COD
Konsentrasi COD yang tinggi pada air limbah dipilih agar dapat diketahui perubahan konsentrasi selama proses fitoremediasi.

Parameter BOD dan COD dipilih sebagai parameter yang diAnalisis karena BOD dan COD merupakan parameter utama dalam proses pencemaran limbah cair industri tahu sesuai dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.

- Jenis tanaman : *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*

3.1.2 Variabel Prediktor (Variabel Independen)

Variabel bebas dalam skripsi ini terdiri dari :

- Variasi kerapatan tanaman :
 - 70 mg/cm²
 - 80 mg/cm²
 - 90 mg/cm²

Pengambilan keputusan dari variasi kerapatan tanaman didasarkan pada

penelitian sebelumnya yang memanfaatkan kerapatan tanaman 60 cm² (Leng, 1999 dan Simangunsong, 2009). Hasil penelitian tersebut dijadikan dasar penentuan kerapatan 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm² agar penurunan konsentrasi BOD dan COD terlihat jelas dengan peningkatan variasi kerapatan tanaman. Variasi kerapatan tanaman didasarkan pada banyaknya tanaman dalam satuan berat (mg) per luasan reaktor dalam satuan cm². Perhitungan banyaknya tanaman tiap kerapatan tanaman dapat dilihat pada lembar lampiran.

- Variasi waktu pengambilan sampel.

Pengambilan sampel dilakukan pada interval waktu 2 hari selama 10 hari.

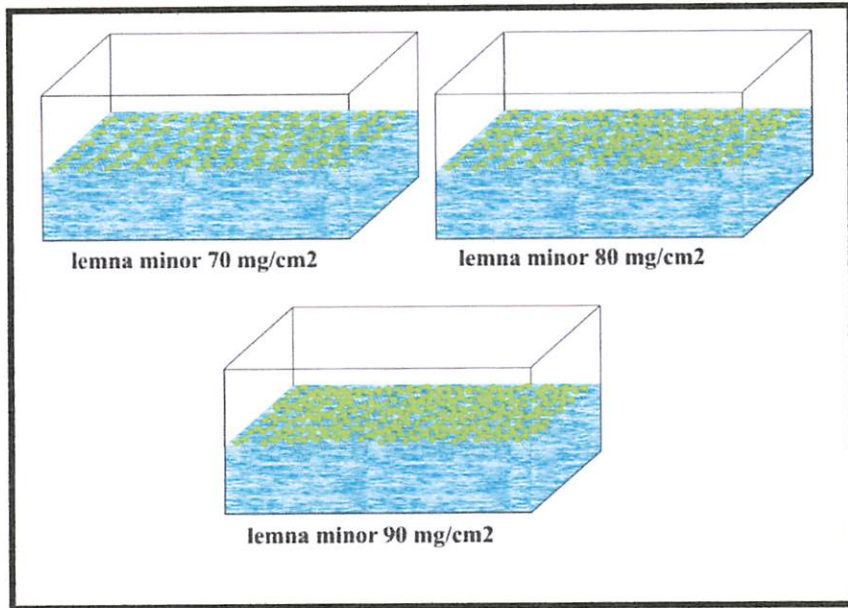
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan Penelitian

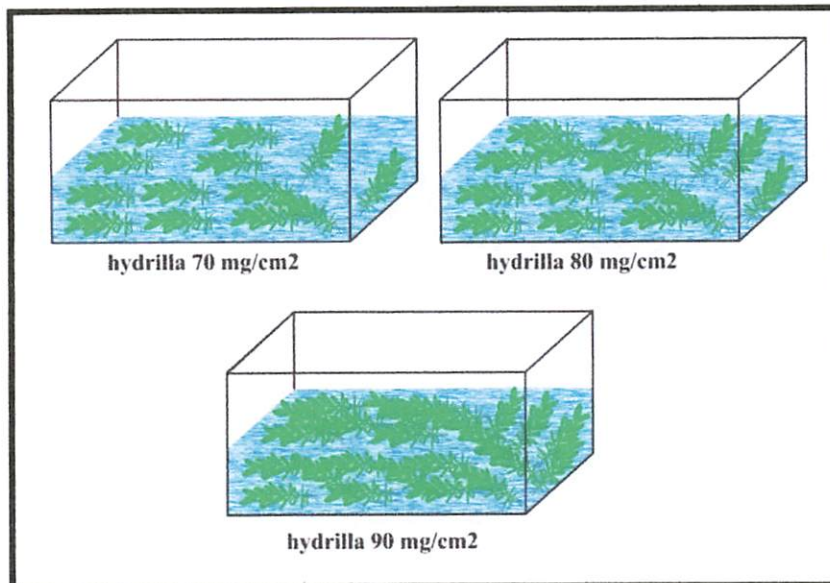
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Reaktor
 - Reaktor Uji

Dibutuhkan 6 buah bak reaktor uji berbentuk persegi panjang dengan panjang 50, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm. Volume air dalam reaktor sebesar 21 liter. Masing-masing reaktor ditanami *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* sesuai kerapatan yang telah ditentukan untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Gambar reaktor uji yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



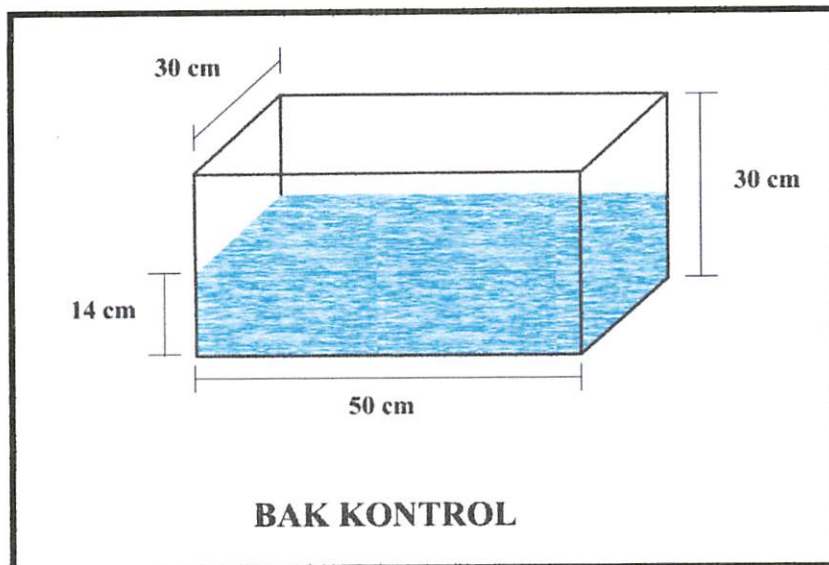
Gambar 3.1 Reaktor Uji dengan Tanaman *Lemna minor*



Gambar 3.2 Reaktor Uji dengan Tanaman *Hydrilla verticillata*

- Reaktor Kontrol

Dibutuhkan 1 buah reaktor kontrol berisi air 100% limbah cair tahu tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 50, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm dengan volume air sebesar 21 L. Gambar reaktor kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Reaktor Kontrol

- pH meter
- DO meter
- Neraca analitik
- Pipet volum
- Beakerglass

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- Limbah cair industri tahu
- Aquadest
- *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*

3.3 Penelitian Pendahuluan

3.3.1 Analisis Awal Media Tanam

Analisis awal dilakukan sesuai dengan standart prosedur Analisis yang terdapat pada Standard Methods (APHA, 1998) dan Metode Penelitian Air (Alerts dan Santika, 1987), yaitu :

- Analisis konsentrasi BOD menggunakan metode APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998
- Analisis konsentrasi COD menggunakan metode QI/LKA/19 dan alat ukur yang digunakan adalah spektrofotometer
- Analisis pH menggunakan metode QI/LKA/08 dengan elektrometri
- Analisis temperatur dengan menggunakan termometer.

3.3.2 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi tanaman uji dilakukan sebelum tanaman tersebut diaplikasikan untuk mereduksi kandungan senyawa organik. Proses aklimatisasi ini bertujuan agar tanaman uji mampu menyesuaikan diri dengan limbah yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Proses aklimatisasi dan pemilahan tanaman dilakukan secara bertahap dengan tahap pengenceran. Setelah proses aklimatisasi dengan pengenceran bertahap selesai dan diperoleh tanaman uji yang sehat dan segar, maka tanaman uji siap untuk diaplikasikan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan ini dilakukan setelah tanaman uji mengalami aklimatisasi. Adapun proses fitoremediasi adalah sebagai berikut :

- a) Pada masing-masing reaktor batch dimasukkan limbah cair tahu sebanyak 21 liter.
- b) Tiap reaktor selain reaktor kontrol ditambahkan tanaman uji sesuai dengan kerapatan yang sudah ditentukan. Pemilihan kerapatan tanaman ini (70 mg/cm^2 , 80 mg/cm^2 dan 90 mg/cm^2) disesuaikan dengan ukuran reaktor dan ukuran tanaman uji, dengan catatan bahwa luas permukaan dari media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* supaya tidak saling tumpang tindih. Kemudian *Lemna minor*

dan *Hydrilla verticillata* diaplikasikan pada media tanam yang telah tersedia yang sebelumnya dicuci terlebih dahulu.

- Reaktor 1 : Limbah cair tahu 21 liter tanpa tanaman uji (sebagai kontrol)
- Reaktor 2 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Lemna minor*
70 mg/cm²
- Reaktor 3 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Lemna minor*
80 mg/cm²
- Reaktor 4 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Lemna minor*
90 mg/cm²
- Reaktor 5 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Hydrilla verticillata*
70 mg/cm²
- Reaktor 6 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Hydrilla verticillata*
80 mg/cm²
- Reaktor 7 : Limbah cair tahu 21 liter + tanaman *Hydrilla verticillata*
90 mg/cm²

- c) Analisis sampel dilakukan setiap 2 (dua) hari sekali selama 10 (sepuluh) hari. Parameter yang di Analisis adalah BOD, COD, pH dan suhu. Analisis suhu dilakukan di ruang workshop ITN Malang, sedangkan Analisis konsentrasi BOD, COD, dan pH dilakukan di Laboratorium Jasa Tirta I.

3.4.1 Penelitian Dengan Variasi Kerapatan Tanaman Uji

Penelitian dengan kerapatan tanaman dimaksudkan untuk mengetahui kerapatan optimum tanaman untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada air limbah industri tahu. Prosedur untuk penelitian ini adalah :

1. Dipersiapkan 7 (tujuh) buah reaktor dengan menggunakan media tanam air limbah cair industri tahu yang mengandung senyawa organik.
2. Tanaman uji *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* yang telah diaklimatisasikan kemudian ditiriskan dan ditimbang dengan variasi kerapatan 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm². Pemilahan ini dilakukan dengan hasil penelitian pendahuluan dengan catatan bahwa luas

permukaan dari media tanam masih mencukupi pertumbuhan tanaman uji agar tidak saling tumpang tindih.

Perlakuan tanaman dari masing-masing tanaman dapat dilihat pada perhitungan di halaman lampiran.

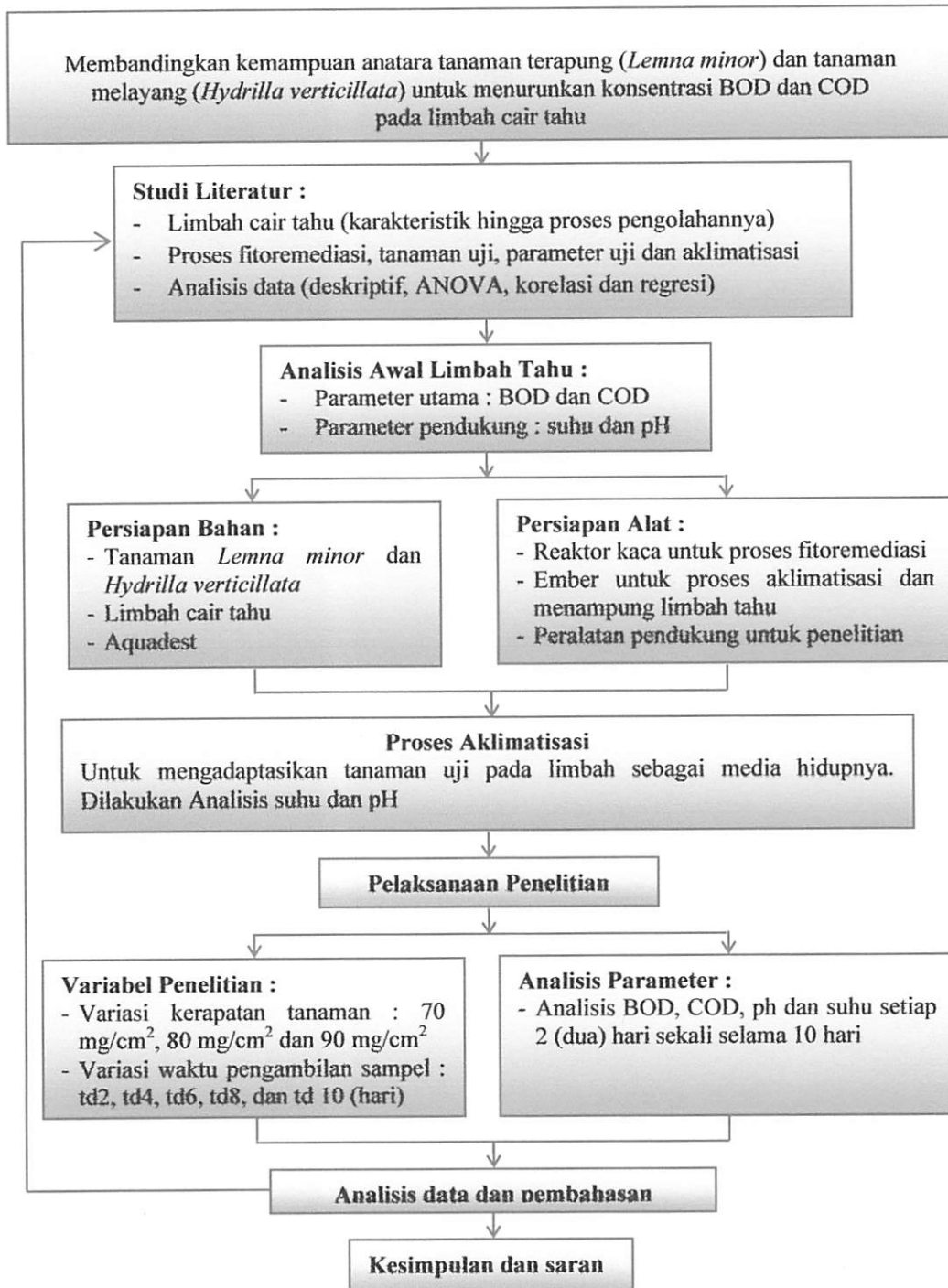
3. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap perubahan pH, konsentrasi BOD, konsentrasi COD setiap 2 (dua) hari sekali selama 10 (sepuluh) hari yaitu pada hari ke 2, 4, 6, 8, dan 10.

3.5 Analisis Data Dan Pembahasan

Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisis data dengan metode :

- Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik.
- Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara variabel yang diamati, yaitu variabel terikat (BOD, COD dan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*) dan variabel bebas (variasi kerapatan).
- Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kerapatan *Lemna minor*, *Hydrilla verticillata* dan waktu detensi dapat memprediksi penurunan BOD dan COD.
- Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan.

3.6 Kerangka Penelitian



Gambar 3.4 Kerangka Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair berasal dari proses produksi sebuah industri tahu yang terdapat di desa Tunggulwulung, Malang. Kondisi awal penelitian adalah kondisi sebelum limbah cair tahu dimasukkan kedalam reaktor yaitu pada hari pertama setelah kondisi limbah sudah distabilkan agar sesuai dengan media tumbuh tanaman uji. Adapun hasil analisis karakteristik limbah cair tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1
Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Desa Tunggulwulung

No	Parameter	Satuan	Hasil
1.	pH	-	5,4
2.	BOD	mg/l	1.237
3.	COD	mg/l	10.934
4.	TSS	mg/l	1.065,3

Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kualitas limbah tersebut tidak memenuhi standar kualitas limbah terutama konsentrasi BOD dan COD yang nilainya tinggi dan menjadi parameter terpenting pada limbah cair industri tahu. Konsentrasi BOD pada limbah mencapai nilai 1.237 mg/l telah melebihi standar baku mutu limbah cair industri tahu berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 sebesar 150 mg/l. Sementara untuk konsentrasi COD pada limbah mencapai nilai 10.934 mg/l juga melebihi standar baku mutu limbah cair industri tahu berdasarkan Keputusan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 sebesar 300 mg/l

4.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu Setelah Proses Fitoremediasi

Penelitian dilakukan secara *batch* dengan menggunakan reaktor yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* yaitu : 70 mg/cm², 80 mg/cm², dan 90 mg/cm² serta variasi waktu detensi 2 hari, 4 hari, 6 hari, 8 hari, dan 10 hari.

4.2.1 Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu Pada Reaktor Kontrol

Hasil penelitian penurunan BOD dan COD pada reaktor kontrol dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2

Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol Fitoremediasi

Reaktor	Waktu detensi (Hari ke-)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)
Kontrol	2	613,05	1512,00
	4	493,15	1318,20
	6	382,85	977,39
	8	296,00	883,57
	10	131,75	423,75

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD dan COD mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-10. Konsentrasi awal BOD yang bernilai 1.237 mg/l mampu diturunkan hingga didapatkan hasil akhir 131,75 mg/l pada hari ke-10. Konsentrasi awal COD sebesar 10.934 mg/l mampu diturunkan hingga menjadi 423,75 mg/l pada hari ke-10.

Penurunan konsentrasi pada reaktor kontrol hanya memanfaatkan mikrobia dalam air limbah untuk menguraikan bahan-bahan organik. Pada reaktor kontrol juga tidak terjadi kompetisi peyerapan nutrien oleh tanaman uji, sehingga kondisi air limbah tidak mengalami kejenuhan. Prinsip degradasi polutan pada reaktor kontrol ini sama seperti prinsip kerja kolam oksidasi yaitu pemulihan air dengan

kekuatan alami. Oksidasi berlangsung ketika sinar matahari dapat memasuki dasar kolam (Ginting, 2007).

Konsentrasi akhir BOD adalah sebesar 131,75 mg/l telah memenuhi standar baku mutu limbah cair industri tahu berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 sebesar 150 mg/l. Konsentrasi akhir COD masih melebihi standar baku mutu limbah cair industri tahu berdasarkan Keputusan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 sebesar 300 mg/l, karena didapatkan hasil akhir 423,75 mg/l.

4.2.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Tahu Pada Reaktor Uji Dengan Tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*

Hasil penelitian penurunan BOD dan COD pada reaktor uji yang menggunakan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.3

Nilai Konsentrasi Akhir BOD dan COD Pada Reaktor Uji Fitoremediasi

Variasi kerapatan (mg/cm ²)	Waktu detensi (Hari ke-)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Pada Reaktor		Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Pada Reaktor	
		Lemna minor	Hydrilla verticillata	Lemna minor	Hydrilla verticillata
70	2	607,00	503,15	1445,50	1451,65
	4	455,65	438,35	1332,10	1282,80
	6	338,15	253,90	1120,95	275,43
	8	702,00	-	1563,25	-
	10	1025,70	-	1787,65	-
80	2	537,25	449,25	1408,25	1432,40
	4	406,90	302,15	1277,75	1033,90
	6	313,15	92,95	1037,50	260,50
	8	742,50	-	1502,15	-
	10	815,85	-	1821,00	-
90	2	611,30	617,00	1554,90	2038,40
	4	425,75	475,75	1366,15	1604,25
	6	368,95	213,50	1277,85	525,05
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD dan COD pada reaktor uji mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Pada hari ke-8 dan ke-10 konsentrasi BOD dan COD mengalami kenaikan bahkan tidak teranalisis. Konsentrasi akhir BOD dan COD mengalami kenaikan terjadi pada reaktor uji yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* kerapatan 70 mg/cm^2 dan 80 mg/cm^2 hari ke-8 hingga hari ke-10. Konsentrasi akhir BOD dan COD tidak teranalisis karena adanya kematian tanaman pada reaktor uji yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* kerapatan 90 mg/cm^2 hingga reaktor uji yang memanfaatkan tanaman *Hydrilla verticillata* kerapatan 90 mg/cm^2 hari ke-8 hingga hari ke-10.

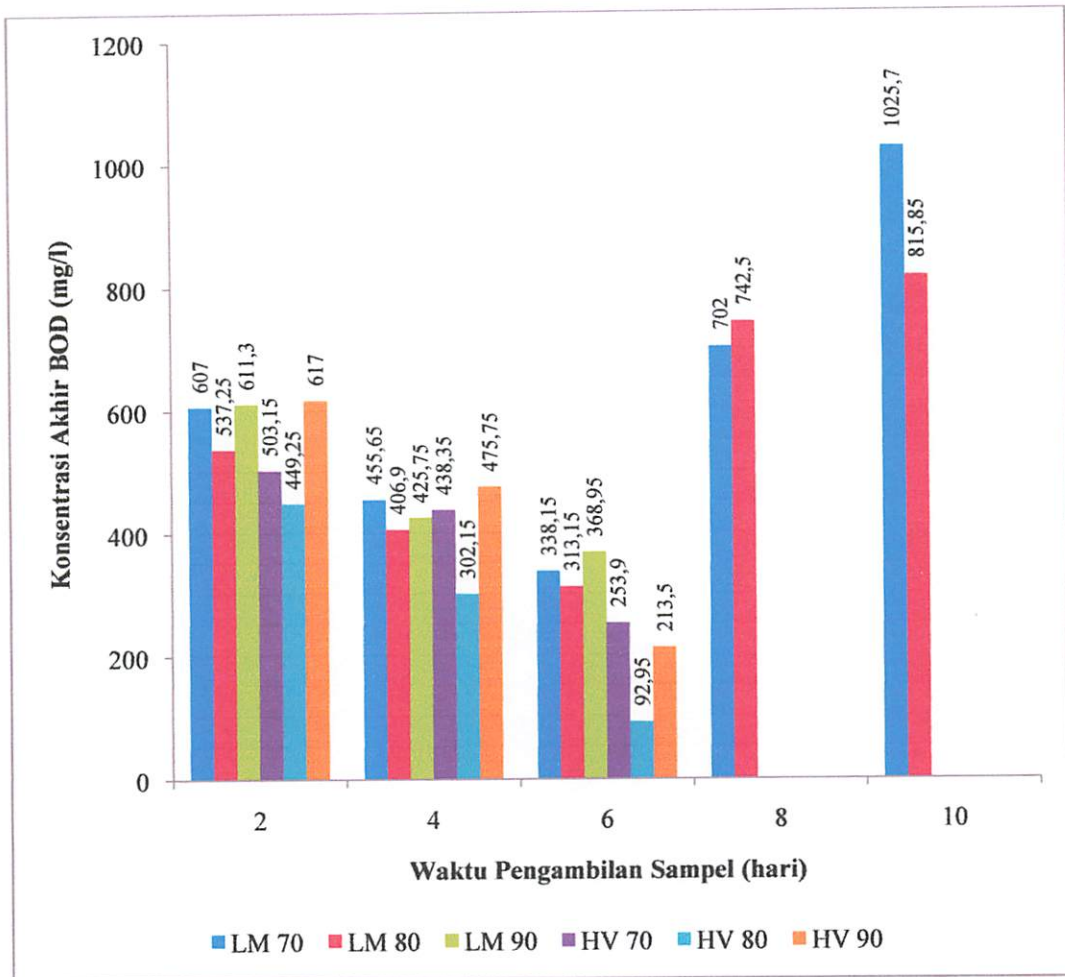
Terjadinya kenaikan konsentrasi BOD, COD dan kematian tanaman uji dikarenakan kondisi air limbah semakin berkurang akibat pengambilan sampel untuk analisa sehingga terjadi kejenuhan dan terjadi kompetisi dari tanaman uji dalam mendapatkan nutrisi agar dapat tetap tumbuh. Kompetisi yang tidak seimbang itu menyebabkan terjadinya pendangkalan dan perombakan bahan organik akibat pembusukan tanaman sehingga menyebabkan kenaikan konsentrasi bahan pencemar itu sendiri.

4.3 Analisis Penurunan BOD

Penurunan BOD dianalisis menggunakan analisis deskriptif, analisis ANOVA, analisis korelasi dan analisis regresi pada sub bab berikut ini.

4.3.1 Analisis Deskriptif

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD pada reaktor uji mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Pada hari ke-8 dan ke-10 konsentrasi BOD mengalami kenaikan bahkan tidak terukur nilainya. Nilai akhir BOD pada Tabel 4.3 tersebut diplotkan pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD pada reaktor tanaman dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari analisis ke-2 hingga ke-6. Pada hari ke-8 dan ke-10 konsentrasi akhir BOD mengalami kenaikan pada reaktor *Lemna minor* kerapatan 70 mg/cm² dan 80 mg/cm². Nilai BOD yang tidak terdeteksi terjadi pada reaktor *Lemna minor* kerapatan 90 mg/cm², *Hydrilla verticillata* kerapatan tanaman 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm².

Berdasarkan data BOD akhir pada Tabel 4.3, maka dapat dicari prosentase penyisihan BOD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

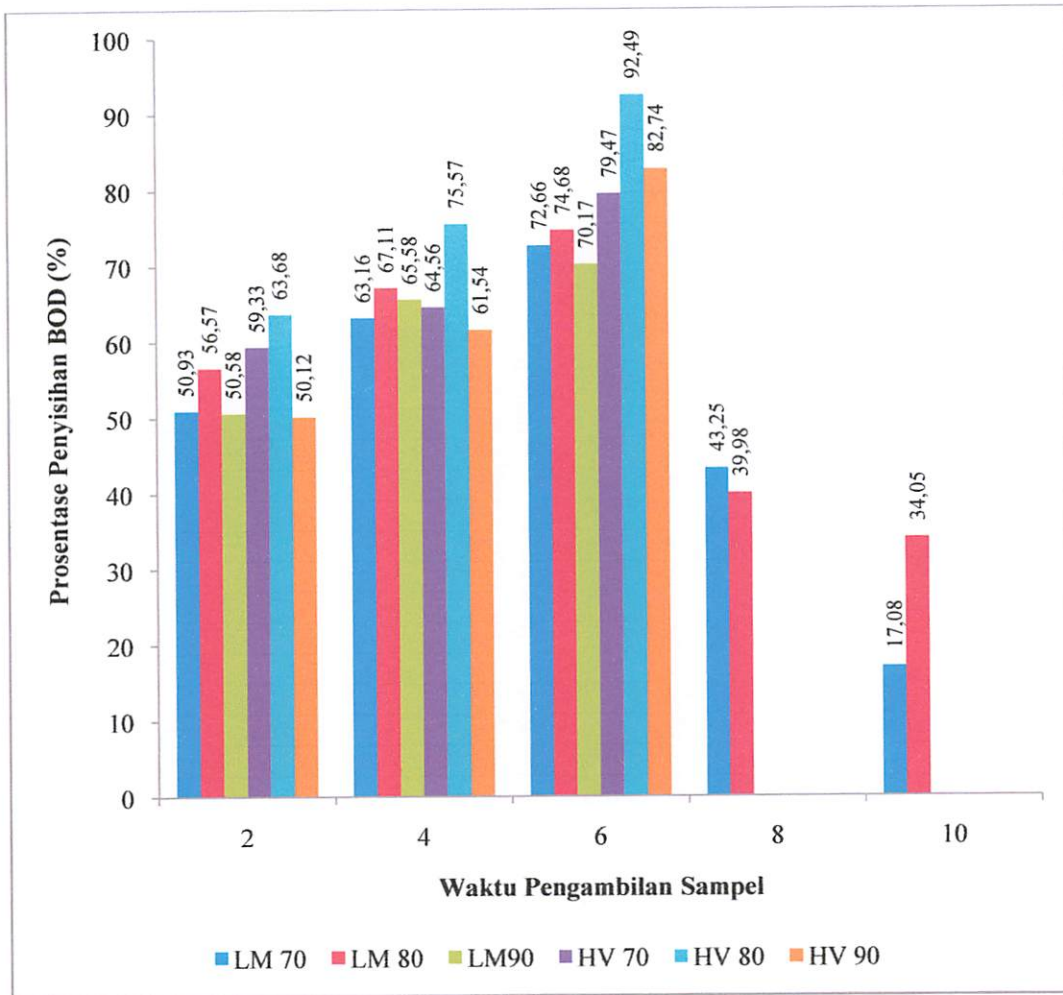
$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil dari perhitungan rumus diatas, maka nilai prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Prosentase Penyisihan BOD (%)

Variasi kerapatan (mg/cm ²)	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)	BOD			
		Lemna minor		Hydrilla verticillata	
		Nilai Akhir (mg/l)	% R	Nilai Akhir (mg/l)	% R
70	2	607,00	50,93	503,15	59,33
	4	455,65	63,16	438,35	64,56
	6	338,15	72,66	253,90	79,47
	8	702,00	43,25	-	-
	10	1025,7	17,08	-	-
80	2	537,25	56,57	449,25	63,68
	4	406,90	67,11	302,15	75,57
	6	313,15	74,68	92,95	92,49
	8	742,50	39,98	-	-
	10	815,85	34,05	-	-
90	2	611,3	50,58	617,00	50,12
	4	425,75	65,58	475,75	61,54
	6	368,95	70,17	213,50	82,74
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi BOD pada Tabel 4.4, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan BOD pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

4.3.1.1 Reaktor dengan Tanaman *Lemna minor*

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan 80 mg/cm² dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 313,15 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 prosentase penyisihan konsentrasi BOD terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel hari ke-6 dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm² sebesar 74,68 %.

4.3.1.2 Reaktor dengan Tanaman *Hydrilla verticillata*

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan 80 mg/cm² dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 92,95 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 prosentase penyisihan konsentrasi BOD terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel hari ke-6 dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm² sebesar 92,49 %.

4.3.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah tidak searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula.

Suatu hubungan antara dua variable dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau (-1) dan jika sebuah hubungan antara dua variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). Nilai dari derajat keeratan (r) tersebut dapat dibaca dengan melihat klasifikasi hubungan statistika dua peubah. Analisis korelasi ini juga terdapat hipotesa ada tidaknya korelasi antar variabel, dimana :

- H_0 = Tidak ada korelasi antara variabel ($\rho = 0$)
- H_1 = Ada korelasi antara variabel ($\rho \neq 0$)

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

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

4.3.2.1 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman Uji *Lemna minor*

Hasil uji korelasi prosentase penyisihan BOD pada tanaman uji *Lemna minor* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan BOD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji *Lemna Minor*

Correlations: Prosentase Penur; Kerapatan (mg/cm; Waktu detensi (h		
	Prosentase P	Kerapatan (m
Kerapatan (m	-0,207	
	0,460	
Waktu detens	-0,641	0,000
	0,010	1,000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.5 untuk variasi kerapatan tanaman adalah -0,207, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,460. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman terhadap prosentase penyisihan BOD adalah lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan BOD akan menurun. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas ($P \geq 0,05$). Artinya tidak ada korelasi antara kerapatan tanaman dengan prosentase penyisihan BOD.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.5 untuk waktu detensi dengan prosentase penyisihan BOD adalah -0,641, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,010. Nilai koefisien korelasi dari waktu detensi terhadap prosentase penyisihan BOD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu detensi, maka prosentase penyisihan BOD terjadi penurunan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan

menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $< 0,05$. Artinya ada korelasi antara lamanya waktu detensi dengan prosentase penyisihan BOD.

4.3.2.2 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada Tanaman Uji *Hydrilla verticillata*

Hasil uji korelasi prosentase penyisihan BOD pada tanaman uji *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan BOD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji *Hydrilla Verticillata*

Correlations: Prosentase Penur; Kerapatan (mg/cm; Waktu detensi (h		
	Prosentase P	Kerapatan (m
Kerapatan (m	-0,021	0,942
Waktu detens	-0,725	0,000
	0,002	1,000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.6 untuk variasi kerapatan tanaman adalah -0,021, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,942. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman terhadap prosentase penyisihan BOD adalah lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan BOD akan menurun. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $\geq 0,05$. Artinya tidak ada korelasi antara kerapatan tanaman dengan prosentase penyisihan BOD.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.6 untuk waktu detensi dengan prosentase penyisihan BOD adalah -0,725, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,002. Nilai koefisien korelasi dari waktu detensi terhadap prosentase penyisihan BOD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti

jika semakin lama waktu detensi, maka prosentase penyisihan BOD terjadi penurunan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $< 0,05$. Artinya ada korelasi antara lamanya waktu detensi dengan prosentase penyisihan BOD.

4.3.3 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Variabel respons adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Sedangkan variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons. Kedua variabel dihubungkan dengan bentuk persamaan aritmatika dimana variabel respons dan variabel prediktor dalam model regresi harus berskala kontinyu. Artinya bahwa skala data untuk kedua variabel harus ratio atau interval (Iriawan, 2004).

Pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi

Uji F mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = y tidak memiliki hubungan linier dengan x

H_1 = y memiliki hubungan linier dengan x

Dalam pengambilan keputusan, uji F membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. Apabila F hitung $>$ F tabel maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Keputusan lain yang dapat diambil bahwa variabel y (variabel terikat) dengan x (variabel bebas) mempunyai hubungan linier.

- Uji T yang digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel prediktor

Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingkan statistik T hitung dengan statistik T tabel. Jika statistik T hitung $<$ statistik T tabel, maka H_0

diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik T hitung $>$ statistik T tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari daerah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

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

4.3.3.1 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada *Lemna minor*

Hasil uji regresi prosentase penyisihan BOD pada tanaman *Lemna minor* dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Analisis Regresi
Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari)
Terhadap Prosentase penyisihan BOD (%) Pada *Lemna minor***

Regression Analysis: Prosentase P versus Kerapatan (m; Waktu detens						
The regression equation is						
Prosentase Penurunan BOD (%) = 128 - 0,608 Kerapatan (mg/cm^2) - 5,44 Waktu detensi (hari)						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	128,31	51,55	2,49	0,028		
Kerapatan (mg/cm^2)	-0,6075	0,6267	-0,97	0,352	1,0	
Waktu detensi (hari)	-5,442	1,809	-3,01	0,011	1,0	
S = 19,8188 R-Sq = 45,4% R-Sq(adj) = 36,3%						

Pada Tabel 4.7 memuat keterangan sebagai berikut :

- S = Standar deviasi model
- R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi
- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan
- T = Nilai statistik
- P = Nilai probabilitas
- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai statistic Uji
- P = Nilai probabilitas
- VIF = Variance Inflation Factor

Persamaan regresi pada Tabel 4.7 adalah $Y = 128 - 0,608 X_1 - 5,44 X_2$ dan, dimana Y adalah prosentase penyisihan BOD (%), X_1 adalah kerapatan tanaman (mg/cm^2), dan X_2 adalah waktu detensi (hari). Koefisien regresi sebesar -0,608 untuk variasi kerapatan tanaman (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 0,608 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar -5,44 untuk variasi waktu detensi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 5,44 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kerapatan tanaman dan waktu detensi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.5 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi juga bertanda negatif. Koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi pada tanaman *Lemna minor* adalah -0,207 dan -0,641. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu sebesar 1,00. Apabila nilai $VIF < 5$ maka tidak ada kondisi multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari tabel distribusi t didapat $t_{(0,025, 11)} = 2,201$. Nilai t kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.7 adalah sebesar -0,97 dan -3,01. Nilai probabilitas (P) kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.7 adalah 0,352 dan 0,011. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $<$ T tabel dan nilai $P \geq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan BOD .

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 45,4 % pada. Hal ini berarti prosentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh

kerapatan tanaman dan waktu detensi, sedangkan sisanya 54,6 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.3.3.2 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan BOD pada *Hydrilla verticillata*

Hasil uji regresi prosentase penyisihan BOD pada tanaman *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Analisis Regresi
Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm²) dan Waktu Detensi (hari)
Terhadap Prosentase penyisihan BOD (%) Pada *Hydrilla verticillata***

Regression Analysis: Prosentase P versus Kerapatan (m; Waktu detens					
The regression equation is					
Prosentase Penurunan BOD (%) = 104 - 0,090 Kerapatan (mg/cm ²) - 9,13 Waktu detensi (hari)					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	103,93	71,38	1,46	0,171	
Kerapatan (mg/cm ²)	-0,0896	0,8677	-0,10	0,919	
Waktu detensi (hari)	-9,132	2,505	-3,65	0,003	
S = 27,4399 R-Sq = 52,6% R-Sq(adj) = 44,7%					

Persamaan regresi pada Tabel 4.8 adalah $Y = 104 - 0,090 X_1 - 9,13 X_2$ dan, dimana Y adalah prosentase penyisihan BOD (%), X_1 adalah kerapatan tanaman (mg/cm²), dan X_2 adalah waktu detensi (hari). Koefisien regresi sebesar -0,090 untuk variasi kerapatan tanaman (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 0,090 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar -9,13 untuk variasi waktu detensi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 9,13 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kerapatan tanaman dan waktu detensi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.6 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi juga bertanda negatif. Koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi

pada tanaman *Hydrilla verticillata* adalah -0,021 dan -0,725. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu sebesar 1,00. Apabila nilai VIF < 5 maka tidak ada kondisi multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari tabel distribusi t didapat $t_{(0,025,11)} = 2,201$. Nilai t kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.8 adalah sebesar -0,10 dan -3,65. Nilai probabilitas (P) kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.8 adalah 0,919 dan 0,023. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung < T tabel dan nilai P \geq 0,05. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan BOD .

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 52,6 % pada. Hal ini berarti prosentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan waktu detensi, sedangkan sisanya 47,4 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.3.4 Analisis Varian (ANOVA) Two Ways

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam prosentase penyisihan BOD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Prosentase penyisihan BOD akan mewakili variabel respons sedangkan variasi jenis tanaman, kerapatan tanaman dan variasi waktu detensi akan mewakili variabel prediktor. Pada hasil uji ANOVA yang dijadikan indikator adalah jika nilai semua perlakuan sama atau identik, maka jenis tanaman uji, kerapatan tanaman dan waktu detensi dapat dikatakan tidak mempengaruhi jenis tanaman uji, nilai prosentae penurunan BOD.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

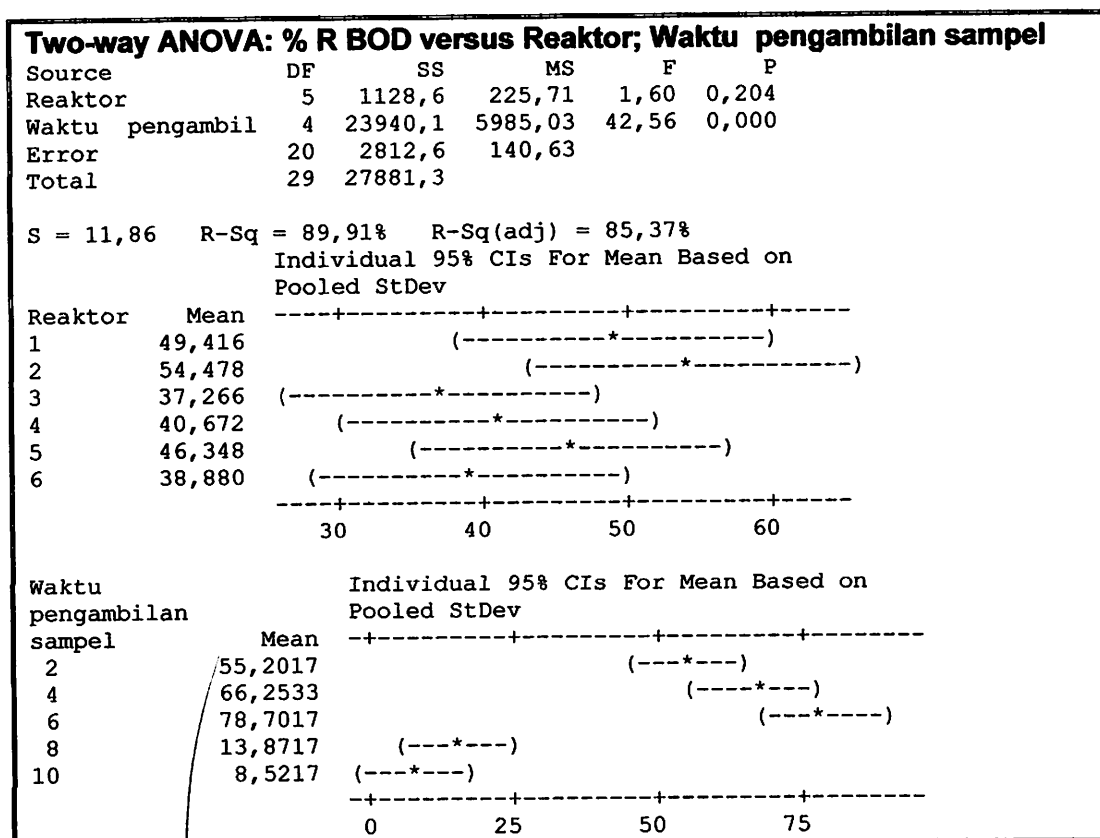
- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$ (identik)
- $H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$ (tidak identik)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

- a. Nilai probabilitas,
 - Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- b. Nilai F hitung,
 - F hitung output $> F$ tabel, H_0 ditolak
 - F hitung output $< F$ tabel, H_0 diterima

Hasil analisis untuk prosentase penyisihan BOD terhadap waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.9 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Reaktor dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan BOD (%)



Keterangan :

- *Reaktor 1* : Reaktor dengan tanaman *Lemna minor* kerapatan 70mg/cm^2
- *Reaktor 2* : Reaktor dengan tanaman *Lemna minor* kerapatan 80mg/cm^2
- *Reaktor 3* : Reaktor dengan tanaman *Lemna minor* kerapatan 90mg/cm^2
- *Reaktor 4* : Reaktor dengan tanaman *Hydrilla verticillata* kerapatan 70mg/cm^2
- *Reaktor 5* : Reaktor dengan tanaman *Hydrilla verticillata* kerapatan 80mg/cm^2
- *Reaktor 6* : Reaktor dengan tanaman *Hydrilla verticillata* kerapatan 90mg/cm^2

Hasil tabel diatas memuat keterangan sebagai berikut :

- DF = Derajat Bebas
 SS = Variasi Residual
 MS = Mean Square
 F = Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai tabel F pada lampiran)
 P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha = 0,05$)

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F reaktor didapat $F_{(0,05.5.20)} = 2,71$ dan tabel distribusi F waktu detensi didapat $F_{(0,05.4.20)} = 2,87$. Nilai F hitung output reaktor dan waktu detensi secara berturut-turut adalah sebesar 1,60 dan 42,56. Nilai probabilitas reaktor dan waktu detensi adalah 0,204 dan 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi reaktor adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai Fhitung < Ftabel dan nilai $P \geq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut memang identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Kondisi beda nyata terjadi pada kerapatan 90 mg/cm^2 reaktor ke-3 dan ke-6. Kondisi beda nyata ini dikarenakan adanya penurunan prosentase penyisihan BOD.

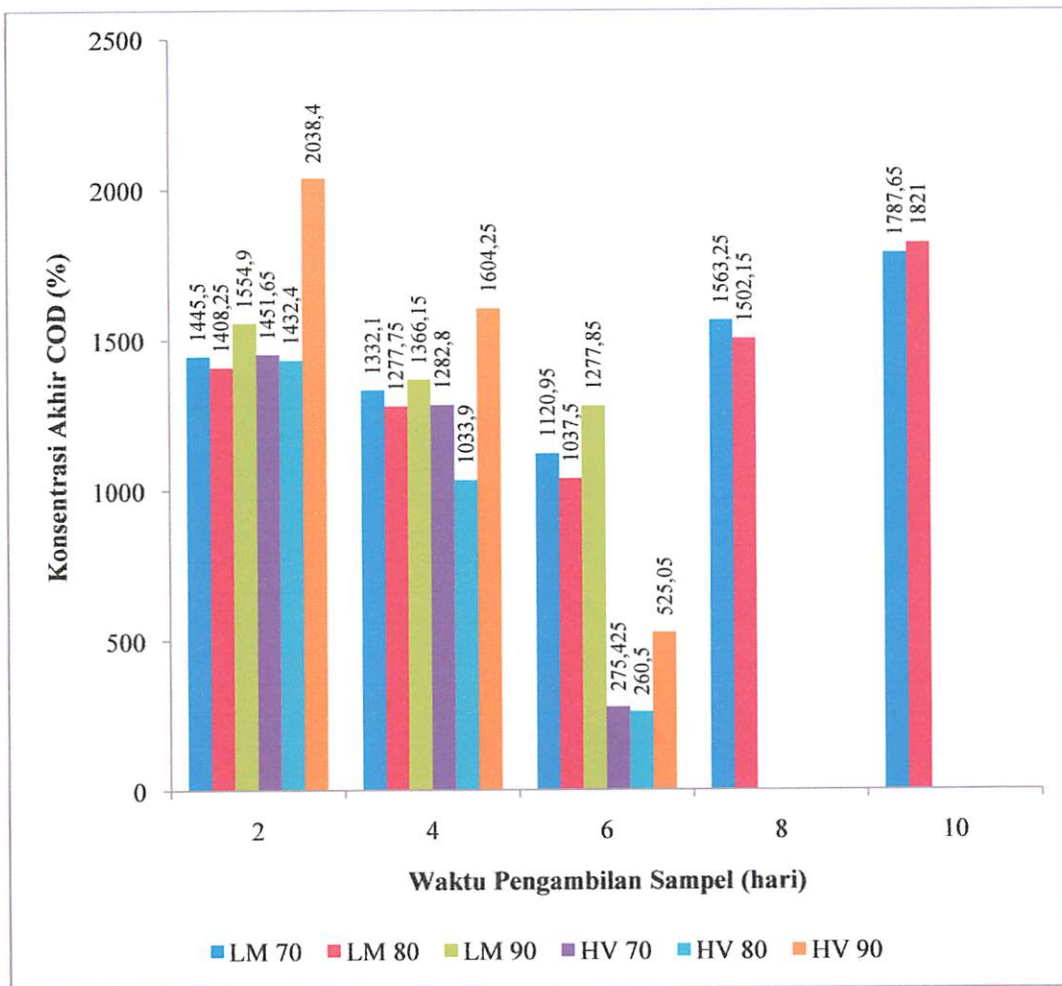
Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai Fhitung > Ftabel dan nilai $P < 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata pada waktu pengambilan sampel hari ke-8 dan ke-10, karena pada hari tersebut terdapat penurunan prosentase penyisihan BOD bahkan tidak terdeteksinya nilai prosentase penyisihan BOD dikarenakan adanya kematian tanaman.

4.4 Analisis Penurunan COD

Penurunan COD dianalisis menggunakan analisis deskriptif, analisis ANOVA, analisis korelasi dan analisis regresi pada sub bab berikut ini.

4.4.1 Analisis Deskriptif

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD pada reaktor uji mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Pada hari ke-8 dan ke-10 konsentrasi COD mengalami kenaikan bahkan tidak terukur nilainya. Nilai akhir BOD pada Tabel 4.3 tersebut diplotkan pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir COD pada reaktor tanaman dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari analisis kedua hingga keenam. Pada hari

kedelapan dan kesepuluh konsentrasi akhir COD mengalami kenaikan dan terdapat nilai COD yang tidak terdeteksi pada reaktor *Lemna minor* kerapatan 90 mg/cm² dan pada reaktor *Hydrilla verticillata* kerapatan tanaman 70 mg/cm², 80 mg/cm² serta 90 mg/cm².

Berdasarkan data COD akhir pada Tabel 4.3, maka dapat dicari prosentase penyisihan COD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

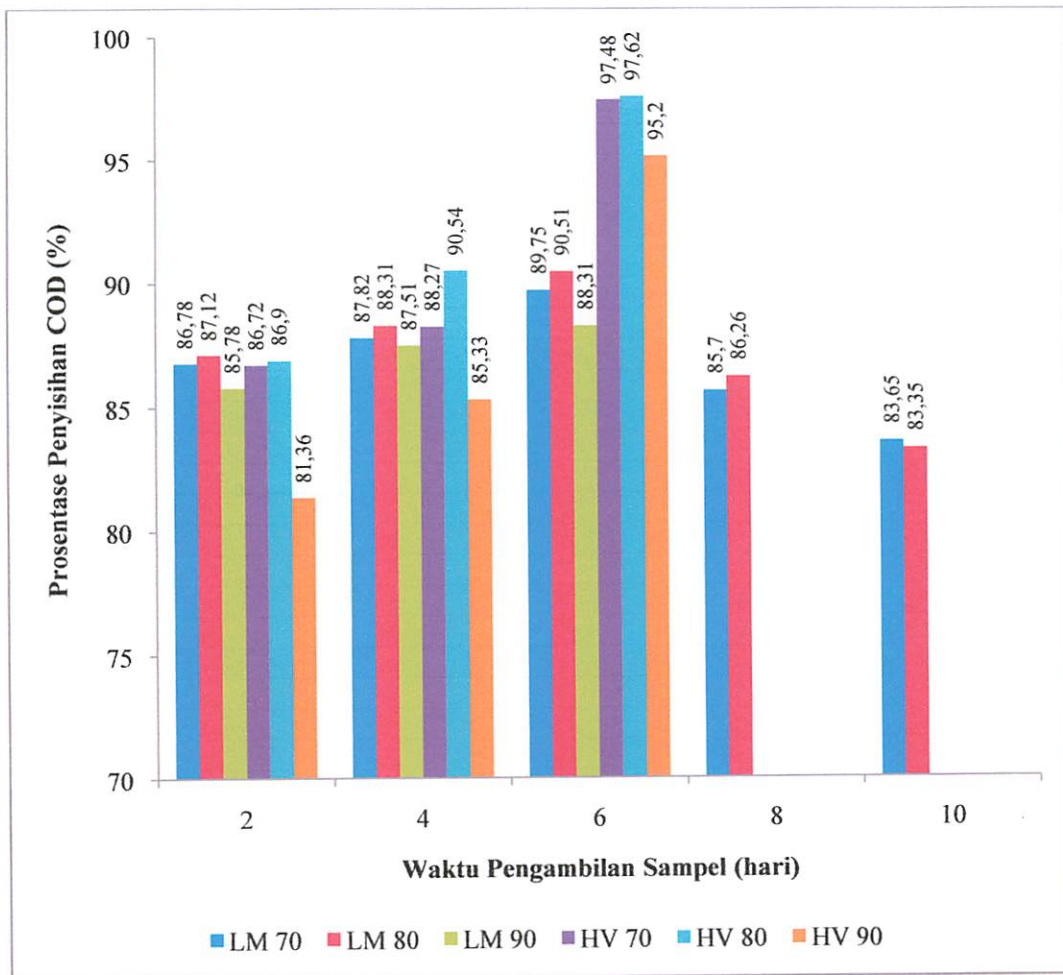
$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil dari perhitungan rumus diatas, maka nilai prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Prosentase Penyisihan COD (%)

Variasi kerapatan	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)	COD			
		Lemna minor		Hydrilla verticillata	
		Nilai Akhir (mg/L)	% R	Nilai Akhir (mg/L)	% R
70	2	1445,5	86,78	1451,65	86,72
	4	1332,1	87,82	1282,8	88,27
	6	1120,95	89,75	275,425	97,48
	8	1563,25	85,7	-	-
	10	1787,65	83,65	-	-
80	2	1408,25	87,12	1432,4	86,9
	4	1277,75	88,31	1033,9	90,54
	6	1037,5	90,51	260,5	97,62
	8	1502,15	86,26	-	-
	10	1821	83,35	-	-
90	2	1554,9	85,78	2038,4	81,36
	4	1366,15	87,51	1604,25	85,33
	6	1277,85	88,31	525,05	95,2
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi COD pada Tabel 4.10, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan BOD pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Hubungan Prosentase Penyisihan COD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel

4.4.1.1 Reaktor dengan Tanaman *Lemna minor*

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir COD terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan 80 mg/cm² dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 1037,5 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.4 prosentase penyisihan konsentrasi COD terbesar juga terjadi pada waktu

pengambilan sampel hari keenam dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm² sebesar 90,51 %.

4.4.1.2 Reaktor dengan Tanaman *Hydrilla verticillata*

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir COD terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan 80 mg/cm² dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 260,5 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.10 dan Gambar 4.4 prosentase penyisihan konsentrasi COD terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel hari keenam dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm² sebesar 97,62 %.

4.4.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi antara prosentase penyisihan COD pada masing-masing tanaman uji akan dijelaskan pada sub bab berikut ini.

4.4.2.1 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman Uji *Lemna minor*

Hasil uji korelasi prosentase penyisihan COD pada tanaman uji *Lemna minor* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan COD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm²) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji *Lemna Minor*

Correlations: Prosentase Penur; Kerapatan (mg/cm; Waktu detensi (h		
	Prosentase P	Kerapatan (m
Kerapatan (m	-0,474 0,074	
Waktu detens	-0,441 0,100	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.11 untuk variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi adalah -0,474 dan -0,441, sedangkan nilai probabilitasnya adalah

0,074 dan 0,100. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman dan waktu detensi terhadap prosentase penyisihan COD adalah lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi dan nilai koefisien waktu detensi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman dan makin lama waktu detensi, maka prosentase penyisihan COD akan menurun. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $\geq 0,05$. Artinya tidak ada korelasi antara kerapatan tanaman dan waktu detensi dengan prosentase penyisihan COD.

4.4.2.2 Analisis Korelasi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada Tanaman Uji *Hydrilla verticillata*

Hasil uji korelasi prosentase penyisihan COD pada tanaman uji *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Uji Korelasi Prosentase penyisihan COD (%) Terhadap Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari) Pada Tanaman Uji *Hydrilla Verticillata*

Correlations: Prosentase Penur; Kerapatan (mg/cm; Waktu detensi (h		
	Prosentase P	Kerapatan (m
Kerapatan (m	-0,020 0,945	
Waktu detens	-0,825 0,000	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.12 untuk variasi kerapatan tanaman adalah -0,020, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,945. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman terhadap prosentase penyisihan BOD adalah lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan COD akan menurun.

Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas ($P \geq 0,05$). Artinya tidak ada korelasi antara kerapatan tanaman dengan prosentase penyisihan BOD.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.12 untuk waktu detensi dengan prosentase penyisihan COD adalah $-0,825$, sedangkan nilai probabilitasnya adalah $0,000$. Nilai koefisien korelasi dari waktu detensi terhadap prosentase penyisihan BOD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati -1 . Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu detensi, maka prosentase penyisihan BOD terjadi penurunan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas ($P < 0,05$). Artinya ada korelasi antara lamanya waktu detensi dengan prosentase penyisihan BOD.

4.4.3 Analisis Regresi

Analisis regresi antara prosentase penyisihan COD pada masing-masing tanaman uji akan dijelaskan pada sub bab berikut ini.

4.4.3.1 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada *Lemna minor*

Hasil uji regresi prosentase penyisihan COD pada tanaman *Lemna minor* dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4.13 Analisis Regresi
Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm^2) dan Waktu Detensi (hari)
Terhadap Prosentase penyisihan COD (%) Pada *Lemna minor***

Regression Analysis: Prosentase P versus Kerapatan (m; Waktu detens						
The regression equation is						
Prosentase Penurunan COD (%) = 241 - 1,72 Kerapatan (mg/cm^2)						
- 4,62 Waktu detensi (hari)						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	240,77	65,67	3,67	0,003		
Kerapatan (mg/cm^2)	-1,7210	0,7984	-2,16	0,052	1,0	
Waktu detensi (hari)	-4,617	2,305	-2,00	0,068	1,0	
S = 25,2463 R-Sq = 41,9% R-Sq(adj) = 32,2%						

Persamaan regresi pada Tabel 4.13 adalah $Y = 241 - 1,72 X_1 - 4,62 X_2$ dan, dimana Y adalah prosentase penyisihan COD (%), X_1 adalah kerapatan tanaman

(mg/cm²), dan X_2 adalah waktu detensi (hari). Koefisien regresi sebesar -1,72 untuk variasi kerapatan tanaman (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan COD sebesar 1,72 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar -4,62 untuk variasi waktu detensi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan COD sebesar 4,62 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kerapatan tanaman dan waktu detensi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.11 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi juga bertanda negatif. Koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi pada tanaman *Lemna minor* adalah -0,474 dan -0,441. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu sebesar 1,00. Apabila nilai VIF < 5 maka tidak ada kondisi multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari tabel distribusi t didapat $t_{(0,025,11)} = 2,201$. Nilai t kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.13 adalah sebesar -2,61 dan -2,00. Nilai probabilitas (P) kerapatan tanaman dan waktu detensi pada Tabel 4.15 adalah 0,052 dan 0,068. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung < T tabel dan nilai $P \geq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi kerapatan tanaman dan waktu detensi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan COD .

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 41,9 % pada. Hal ini berarti prosentase penyisihan COD dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan waktu detensi, sedangkan sisanya 59,1 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

4.4.3.2 Analisis Regresi Untuk Prosentase Penyisihan COD pada *Hydrilla verticillata*

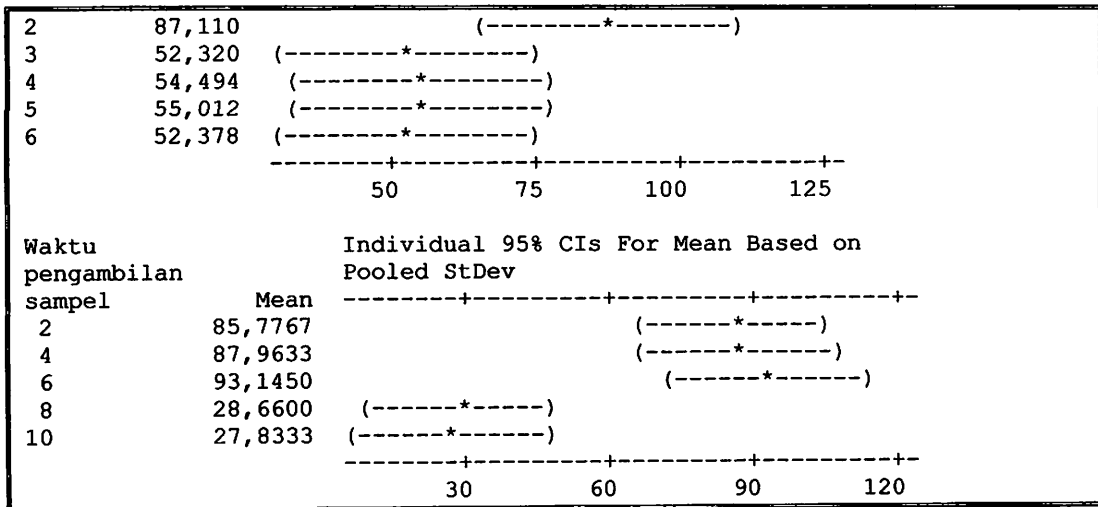
Hasil uji regresi prosentase penyisihan COD pada tanaman *Hydrilla verticillata* dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Analisis Regresi
Antara Kerapatan Tanaman (mg/cm²) dan Waktu Detensi (hari)
Terhadap Prosentase penyisihan COD (%) Pada *Hydrilla verticillata*

Regression Analysis: Prosentase P versus Kerapatan (m; Waktu detens					
The regression equation is					
Prosentase Penurunan COD (%) = 140 - 0,106 Kerapatan (mg/cm ²) - 12,9 Waktu detensi (hari)					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	139,84	72,78	1,92	0,079	
Kerapatan (mg/cm ²)	-0,1058	0,8848	-0,12	0,907	
Waktu detensi (hari)	-12,902	2,554	-5,05	0,000	
S = 27,9789 R-Sq = 68,0% R-Sq(adj) = 62,7%					

Persamaan regresi pada Tabel 4.14 adalah $Y = 140 - 0,106 X_1 - 12,9 X_2$ dan, dimana Y adalah prosentase penyisihan COD (%), X_1 adalah kerapatan tanaman (mg/cm²), dan X_2 adalah waktu detensi (hari). Koefisien regresi sebesar -0,106 untuk variasi kerapatan tanaman (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan COD sebesar 0,106 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar -12,9 untuk variasi waktu detensi (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 2 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan COD sebesar 12,9 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.14 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kerapatan tanaman dan waktu detensi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.12 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi juga bertanda negatif. Koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi pada tanaman *Hydrilla verticillata* adalah -0,020 dan -0,825. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini



Keterangan :

- Reaktor 1 : Reaktor dengan tanaman Lemna minor kerapatan 70mg/cm²
- Reaktor 2 : Reaktor dengan tanaman Lemna minor kerapatan 80mg/cm²
- Reaktor 3 : Reaktor dengan tanaman Lemna minor kerapatan 90mg/cm²
- Reaktor 4 : Reaktor dengan tanaman Hydrilla verticillata kerapatan 70mg/cm²
- Reaktor 5 : Reaktor dengan tanaman Hydrilla verticillata kerapatan 80mg/cm²
- Reaktor 6 : Reaktor dengan tanaman Hydrilla verticillata kerapatan 90mg/cm²

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F reaktor didapat $F_{(0,05.5.20)} = 2,71$ dan tabel distribusi F waktu detensi didapat $F_{(0,05.4.20)} = 2,87$. Nilai F hitung output reaktor dan waktu detensi secara berturut-turut adalah sebesar 2,52 dan 11,30. Nilai probabilitas reaktor dan waktu detensi adalah 0,063 dan 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi reaktor adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan nilai $P \geq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Kondisi beda nyata terjadi pada kerapatan 90 mg/cm² reaktor ketiga dan keenam. Kondisi beda nyata ini dikarenakan adanya penurunan prosentase penyisihan COD.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan nilai $P < 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang

beda nyata pada waktu pengambilan sampel hari ke-8 dan ke-10, karena pada hari tersebut terdapat penurunan prosentase penyisihan COD bahkan tidak terdeteksinya nilai prosentase penyisihan COD dikarenakan adanya kematian tanaman.

4.5 Pembahasan

4.5.1 Pengaruh Variasi Jenis Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD

Jenis limbah juga akan menentukan besar kecilnya nilai BOD dan COD, apakah limbah tersebut mudah membusuk atau tidak. Semakin mudah terjadi pembusukkan atau perombakkan, maka nilai BOD dan COD akan semakin besar. Pada Gambar 4.1 hingga Gambar 4.4 terlihat bahwa *Hydrilla verticillata* lebih efektif meremoval konsentrasi BOD dan COD dibandingkan *Lemna minor*. Pernyataan tersebut diperkuat dengan hasil perhitungan prosentase penyisihan BOD dan COD, dimana tanaman *Hydrilla verticillata* meremoval BOD menjadi 92,95 mg/l sedangkan *Lemna minor* hanya sebesar 313,5 mg/l pada kerapatan 80 mg/cm² hari ke-6. Konsentrasi COD mampu diremoval hingga turun menjadi 260,5 mg/l oleh *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* hanya menjadi 1037,5 mg/l pada kerapatan 80 mg/cm² hari ke-6.

Proses penguraian konsentrasi BOD dan COD oleh kedua jenis tanaman uji dibedakan atas tingkat kemampuan yang dimiliki berdasarkan struktur morfologi. Prosentase penyisihan konsentrasi BOD dan COD dipengaruhi kemampuan tanaman untuk transpirasi dan evaporasi. Evaporasi adalah penguapan dari permukaan air yang dipengaruhi oleh suhu udara, kelembapan udara, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari dan ketinggian lokasi. Sedangkan transpirasi adalah penguapan air yang berlangsung pada jaringan hidup dan dipengaruhi oleh fisiologi tanaman. Laju transpirasi dipengaruhi oleh ukuran tumbuhan, kadar CO₂, cahaya, suhu, aliran udara, kelembapan dan tersedianya air tanah.

Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting dalam mengurangi atau menyerap kandungan BOD dan COD adalah akar tanaman. Tanaman dapat meremoval kontaminan sedalam atau sejauh akar tanaman dapat tumbuh (Rock, 1997 dalam Gunawan, 2006). Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman dilakukan melalui membran sel secara difusi dan osmosis (Heider et al, 1984 dalam Fatoni, 2008). Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul-molekul air lainnya, sehingga jumlah ion yang berdifusi ke dalam akar tergantung pada jumlah molekul-molekul air yang diserap oleh tanaman. Akar tanaman dari kedua tanaman uji mempunyai panjang sekitar 5-20 mm, namun tanaman *Hydrilla verticillata* juga memanfaatkan daun dan batangnya yang ikut terendam dalam meremoval kandungan BOD dan COD.

Tanaman *Hydrilla verticillata* mempunyai struktur daun yang kecil dan seluruh bagian tubuhnya (daun, akar maupun batangnya) terendam di dalam limbah. Hal ini membuat tanaman *Hydrilla verticillata* mampu hidup lebih lama, laju evaporasi juga menjadi besar serta memperbesar laju penyerapan konsentrasi BOD dan COD sehingga persen removal menjadi lebih besar. Tanaman *Lemna minor* mempunyai akar yang kecil serta menggantung di permukaan air sehingga penyerapan oleh akar juga kecil. Tanaman *Lemna minor* mempunyai permukaan daun yang relatif kecil dan berada mengapung di atas permukaan air sehingga penguapan dari permukaan daun juga relatif kecil yang mengakibatkan penyerapan air lebih sedikit. Penguapan yang semakin sedikit mengakibatkan laju penyerapan air atau polutan semakin sedikit pula sehingga prosentase removal menjadi rendah.

Selain struktur morfologi dari tanaman uji, aktifitas mikroorganisme juga memegang peranan penting dalam proses penguraian bahan organik. Senyawa-senyawa organik yang tersisa pada larutan yang tersuspensi dalam air, melekat pada sedimen atau melekat pada akar tanaman akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi zat-zat yang lebih sederhana. Pada sistem pengolahan limbah dengan menggunakan tanaman air seperti *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*, mikroorganisme dan tanaman air tersebut merupakan organisme utama yang berperan dalam proses penyerapan zat organik dan nutrient dalam air

limbah. Mikroorganisme menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang mudah diserap oleh tanaman uji melalui akar. Proses penyerapan ion-ion oleh tanaman uji akan mencegah terjadinya pemupukan ion-ion yang dapat bersifat racun bagi mikroorganisme itu sendiri.

4.4.2 Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD

Oksigen pada tumbuhan akan ditransportasikan ke jaringan akar dan mengoksidasi substrat di sekelilingnya. Oksidasi substrat mendukung populasi mikroba aerobik pada rizosfer (*Gersberg et al., 1986* dalam Lalu Irawan). Kemampuan tanaman menyerap polutan tergantung pada faktor kemampuan removal tanaman dan kerapatan tanaman. Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrient bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobial (Handayanto, E. dan Hairiah, K., dalam Supradata, 2005).

Semakin padat kerapatan tanaman, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi bahan organik. Namun variasi kerapatan tanaman pada penelitian ini tidak dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan nilai BOD dan COD. Hasil penelitian tersebut ditunjang dengan analisis ANOVA yang menggambarkan adanya keadaan beda nyata pada kerapatan 90 mg/cm². Keadaan tersebut memungkinkan munculnya beberapa faktor yang mempengaruhi proses removal BOD dan COD, dimana pada kerapatan 90 mg/cm² terjadi kenaikan nilai BOD maupun COD.

Pada Tabel 4.3 konsentrasi akhir BOD dan COD antara kerapatan tanaman 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm², terlihat bahwa kerapatan 80 mg/cm² merupakan kerapatan yang efektif dalam meremoval konsentrasi BOD dan COD. Keefektifan kerapatan tanaman 80 mg/cm² diperkuat dengan adanya penelitian Sanaky, 2008 yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* dalam menurunkan konsentrasi P-total, N-total dan COD. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa kerapatan tanaman 80 mg/cm² merupakan kerapatan yang optimum dan

efektif dalam menurunkan kandungan senyawa organik dalam air limbah, dimana COD teremoval hingga 99,783 %.

Pada analisis ANOVA, korelasi maupun regresi didapatkan nilai probabilitas \geq dari taraf signifikansi (5 %) dimana hipotesis awal (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak. Nilai koefisien pada analisis korelasi menunjukkan hubungan yang lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan antara kerapatan tanaman dan prosentase penyisihan BOD dan COD juga tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi. Kesimpulan yang diambil adalah jika kerapatan tanaman makin rapat, maka prosentase penyisihan BOD dan COD akan menurun.

Hasil analisis tersebut semakin diperkuat oleh Sitompul dan Guritno, 1995 dalam Subrata, 2007 yang menyatakan bahwa makin rapat tanaman yang ada di suatu area maka kompetisi yang terjadi untuk mendapatkan nutrisi semakin besar sehingga akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman itu sendiri. Oleh karenanya pengolahan air limbah tidak memerlukan variasi kerapatan tanaman yang sangat besar, namun variasi kerapatan tanaman harus disesuaikan dengan luas permukaan dari media tanam, karena apabila tidak disesuaikan akan menimbulkan pendangkalan dan perombakan bahan organik akibat pembusukan tanaman dan dapat menyebabkan kenaikan konsentrasi bahan pencemar itu sendiri.

4.4.3 Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan COD

BOD menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis and Cornwell, 1991 dalam Hikmah, 2009). Tujuan pengukuran BOD untuk mengetahui kekuatan air buangan untuk dapat diolah secara biologis. Rasio COD/BOD₅ mengindikasikan biodegradabilitas dari air limbah itu sendiri, semakin tinggi rasio maka semakin rendah biodegradabilitas dari air buangan (Papadopoulos *et al.*, 2001 dalam Hikmah, 2009).

Supradata mengemukakan dalam tesisnya bahwa nilai COD dalam air limbah menunjukkan besarnya kebutuhan oksigen total yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam air limbah secara kimia. Dengan demikian, zat-zat organik yang teroksidasi tidak hanya yang bersifat biogradable, namun juga yang bersifat non biodegradable (tidak terurai secara biologis).

Berdasarkan analisis laboratorium, rasio BOD/COD awal limbah cair tahu ini sekitar 0,113 yang menunjukkan adanya zat-zat yang bersifat racun bagi mikroorganisme (Siregar, 2005 dan Alaerts, 1984). Rasio tersebut rendah karena limbah yang dihasilkan dipengaruhi pemberian asam pada proses penyaringan dan penggumpalan sehingga pH limbah mencapai nilai 5,4 dimana mempengaruhi konsentrasi DO terlarut. Oleh karenanya diperlukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas air limbah tersebut, salah satunya melalui proses fitoremediasi.

Penelitian fitoremediasi dengan membandingkan keefektifan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* ini dilakukan selama 10 hari. Selama waktu operasional 10 hari dilakukan analisis waktu detensi setiap 2 hari sekali dengan pertimbangan agar tanaman uji mempunyai waktu yang cukup dalam menyerap bahan pencemar. Penurunan penyisihan BOD dan COD secara tajam terjadi pada waktu awal percobaan yang diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah, sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat (Exponential growth phase). Mengingat percobaan dilakukan dengan sistem curah (batch), maka dalam bak reaktor tidak ada penambahan nutrient baru yang dapat mendukung kehidupan mikroorganisme, sehingga pada pertengahan waktu penelitian (hari ke-4) pertumbuhan mikroorganisme telah mencapai titik optimal terhadap ketersediaan nutrient. Kondisi ini menyebabkan terjadi keseimbangan antara pertumbuhan dan kematian mikroorganisme / bakteri atau sering disebut sebagai Stationary Phase.

Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan tanaman uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah, sehingga tingkat pencemaran di lingkungan juga semakin kecil. Pernyataan tersebut tidak

berlaku pada penelitian ini, karena pada waktu penelitian hari ke-8 hingga ke-10 terjadi kenaikan konsentrasi BOD dan COD pada reaktor *Lemna minor* kerapatan 70 dan 80 mg/cm² serta terjadinya kematian tanaman pada reaktor *Lemna minor* 90 mg/cm² hingga reaktor *Hydrilla verticillata* kerapatan 70 mg/cm², 80 mg/cm² dan 90 mg/cm².

Meskipun terjadi kenaikan konsentrasi dan kematian tanaman, waktu detensi yang efektif adalah hari ke-6 dimana konsentrasi BOD dan COD mengalami penurunan dan hampir memenuhi standart baku mutu yang telah ditetapkan. Pada hari ke-6 ini diperkirakan mikroba sudah benar-benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai BOD dan COD yang dihasilkan juga cukup besar. Pada tahap ini diperkirakan mikroba telah memperbanyak diri yang diimbangi dengan pasokan nutrisi, oksigen, cahaya dan lain sebagainya. Oleh karena ada penambahan jumlah serta makanan yang cukup maka akan diikuti dengan meningkatnya kemampuan mikroba dalam menguraikan zat organik yang terdapat dalam limbah. Pada hari ke-8 dan ke-10 terjadi kejenuhan air limbah akibat pembusukan dari akar, batang ataupun daun dari tanaman yang sudah tidak mampu lagi berkompetisi mendapatkan nutrien dengan volume air limbah yang semakin berkurang.

Semakin lama waktu detensi maka nilai BOD dan COD yang terremoval juga semakin rendah, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari waktu detensi tidak serah ditandai dengan adanya tanda negatif (-).Kesimpulan yang diambil adalah jika semakin lama waktu detensi, maka prosentase penyisihan BOD dan COD akan menurun.

Nilai BOD selalu lebih kecil daripada nilai COD, diukur pada senyawa organik yang dapat diuraikan maupun senyawa organik yang tidak dapat berurai. Pada uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD karena bahan-bahan organik yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sebagai contoh, selulosa yang sering tidak terukur dalam uji BOD karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, tetapi dapat diukur melalui uji COD.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kecenderungan penurunan konsentrasi COD yang tidak sejalan dengan penurunan konsentrasi BOD diindikasikan dengan lebih besarnya bahan organik dalam COD yang terdegradasi dibandingkan bahan organik dalam BOD. Perbandingan antara konsentrasi BOD/COD pada *Lemna minor* 0,302 atau 30,2 % dan pada *Hydrilla verticillata* sebesar 0,357 atau 35,7 %. Rasio BOD/COD akhir yang didapat memperkuat dugaan bahwa rendahnya bahan organik yang mudah terdegradasi secara biologis di dalam air limbah tersebut.

4.4.4 Kualitas Output Pengolahan Fitoremediasi Berdasarkan Standart Baku Mutu

Konsentrasi awal BOD pada limbah cair tahu adalah sebesar 1.237 mg/l sementara konsentrasi awal COD sebesar 10.934 mg/l. Konsentrasi awal BOD dan COD tersebut melebihi standart baku mutu limbah cair industri tahu berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Konsentrasi BOD mempunyai standart baku mutu sebesar 150 mg/l dan untuk standart konsentrasi COD sebesar 300 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan *fitoremediasi* yang memanfaatkan tanaman *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*, konsentrasi BOD dan COD yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir BOD limbah cair industri tahu yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman *Lemna minor* sehingga menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 313,15 mg/l sementara proses penyerapan oleh tanaman *Hydrilla verticillata* sebesar 92,95 mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan *fitoremediasi* dengan *Hydrilla verticillata* di hari ke-6 sudah memenuhi standart baku mutu untuk parameter BOD dan sementara tanaman *Lemna minor* masih melebihi standar baku mutu yang ada.

Konsentrasi akhir COD limbah cair industri tahu yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman *Lemna minor* sehingga menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 1037,5 mg/l sementara proses penyerapan oleh tanaman

Hydrilla verticillata sebesar 260,5 mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan *fitoremediasi* dengan *Hydrilla verticillata* di hari ke-6 sudah memenuhi standart baku mutu untuk parameter BOD dan sementara tanaman *Lemna minor* masih melebihi standar baku mutu yang ada.

Oleh karena pengolahan *fitoremediasi* dengan memanfaatkan tanaman air terutama tanaman *Hydrilla verticillata* menghasilkan limbah dengan nilai konsentrasi BOD dan COD yang memenuhi standart baku mutu yang ada, maka limbah hasil olahan aman untuk dibuang ke badan air penerima setelah hari ke-6. Sementara untuk tanaman *Lemna minor* masih menghasilkan output yang melebihi standart baku mutu, sehingga belum aman untuk langsung dibuang ke badan air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kerapatan optimum dari tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) adalah 80 mg/cm^2 . Pada kerapatan 80 mg/cm^2 , *Lemna minor* mampu menurunkan BOD menjadi $313,15 \text{ mg/l}$ dan COD menjadi $1037,5 \text{ mg/l}$. Tanaman *Hydrilla verticillata* mampu meremoval BOD menjadi $92,95 \text{ mg/l}$ dan meremoval COD hingga menjadi $260,5 \text{ mg/l}$.
2. Waktu tinggal yang efektif dari tanaman terapung (*Lemna minor*) dan tanaman melayang (*Hydrilla verticillata*) selama proses fitoremediasi adalah 6 (enam) hari. Pada hari keenam, *Lemna minor* mampu menurunkan BOD menjadi $313,15 \text{ mg/l}$ dan COD menjadi $1037,5 \text{ mg/l}$. Tanaman *Hydrilla verticillata* mampu meremoval BOD menjadi $92,95 \text{ mg/l}$ dan meremoval COD hingga menjadi $260,5 \text{ mg/l}$.
3. Fitoremediasi mampu menurunkan konsentrasi BOD dan COD pada limbah cair tahu dengan fitoremediator yang efektif adalah tanaman *Hydrilla verticillata*.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan, variasi waktu detensi, sistem aliran, serta sistem sirkulasi oksigen.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memperoleh prosentase penyisihan BOD dan COD dengan variasi 70 mg/cm^2 , 80 mg/cm^2 dan 90 mg/cm^2 dengan mempertimbangkan volume limbah cair dalam reaktor agar mampu menjawab hipotesis yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Hydrilla verticillata* (L.f). <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>. Diakses tanggal 26 Maret 2010, pukul 17.30
- Anonim. *Hydrilla verticillata*. <http://plants.ifas.ufl.edu/node/184>. Diakses pada tanggal 31 Januari 2011 pukul 16.30
- Anonim. *Hydrilla verticillata* . <http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd>. Diakses tanggal 8 Mei 2010 pukul 12.16
- Anonim. *Lemna minor*. <http://plants.usda.gov>. Diakses tanggal 8 Agustus 2010 pukul 22.45
- Anonim. *Lemna minor*. <http://creationwiki.org/Duckweed>. Diakses tanggal 20 Februari 2011 pukul 20.30
- Anonim. *Limbah Cair Tahu*. <http://amed.files.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 23 Oktober, pukul 11.48
- Amalia, Dian. *Studi Keefektifan Penurunan Kromium (Cr6+) Pada Air limbah dengan Menggunakan Enceng Gondok (Eichhorniae crassipes)*. Surabaya: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITS, 2005
- Alaerts, G., Dr. Ir. Sri Sumestri Santika. *Metode Penelitian Air*. Surabaya, 1984.
- Budiman, Hendra dan Robert Aditjipto. *Efek Toksisitas Produk Deterjen dengan Bahan Aktif Tambahan terhadap Ikan Nila*. Surabaya: Laporan Karya Penelitian Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya, 2010.

BAPEDAL. *Keputusan Gubernur No.45 Tahun 2002*. Surabaya : Gubernur Jawa Timur, 2002

Ginting, Perdana. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung. 2007.

Gunawan, Hengky. *Efisiensi Penghilangan Detergen Dari Limbah Cuci Pakaian Oleh Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Dan Kiambang (Salvinia Molesta)*. Surabaya: Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya, 2009.

Hariyadi, Sigit. *BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah*. Bogor: Makalah Pengantar Falsafat Sains , Sekolah Pascasarjana/S3, IPB, 2004

Husin, Amir. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Biofiltrasi Anaerob Dalam Reaktor Fixed – Bed*. Medan: Laporan Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, 2008.

Irawan, Lalu. *Uji kemampuan Kayu Apu Dalam menurunkan Konsentrasi Krom dan BOD Pada Limbah Penyamakan Kulit*. Malang: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN.

Kurniaputri, Hikmah. Prayatni Soewondo. *Fluktuasi Kandungan Organik Air Buangan Pada Jaringan Sanitary Sewer Sebagai Bioeraktor Studi Kasus: Perumahan Lippo Karawaci Tangerang*). Bandung: Jurnal, Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, ITB, 2009.

- Mangkoedihardjo, Sarwoko. *Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah*. Surabaya: Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, 2005.
- Nur, Iriawan. Astuti Puji Septi. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi. 2006
- Pistal, Aroffie. *Pemanfaatan Paku Air (Azolla pinnata) Untuk Menurunkan BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Produksi Tahu Secara Kontinyu*. Malang: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN, 2008.
- Said, Nusa Idaman, Ir., Msc, Heru Dwi Wahyono, B.Eng. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 1999.
- Sanaky, Nur Aini. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Duckweed (Lemna minor)*. Malang: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN, 2008.
- Sarwono. B., Yan Pieter Saragih. *Membuat Aneka Tahu*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2001.
- Sawyer *et al.* Chemistry for Environmental Engineering. 1994, *dalam* MetCalf & Eddy. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*, 4th ed. New York. 2003
- Siregar, Sakti A. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius, 2005.

Subrata, Yudha. ***Fitoremediasi Logam Berat Cu 2+ Pada Air Limbah Industri Elektroplating Dengan Menggunakan Tumbuhan Enceng Gondok (Eichhorniae crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes)***. Malang: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN, 2007.

Supradata. ***Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus Alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (Ssf-Wetlands)***. Laporan Tesis, Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, 2005.

Yusuf, Guntur. ***Bioremediasi limbah Rumah Tangga Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air***. Makasar: Jurnal Bumi Lestari, Vol 8 No.2, Fakultas MIPA, Universitas Islam Makasar, 2008.

Youngman, L. ***Physiological respon Of Switchgrass (Panicum Virgatum L) to Organic And Inorganic Amened Heavy-Metal Contaminated Chat Tailings***. Washington, D.C: Phytoremediation of Soil and Water Contaminants, American Chemical society Symposium, 1999.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

- 1. Administrasi**
- 2. Desain Perencanaan**
- 3. Standart Baku Mutu**
- 4. Data Hasil Penelitian**
- 5. Metode Analisis Sampel**
- 6. Dokumentasi Penelitian**

al : Penentuan Dosen Pembimbing Skripsi.

si yang dilaksanakan oleh mahasiswa :

Nama : AGNES TYAGITA A .
Nim : 06.26.012
Jurusan : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

an judul :

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS LEMNA MINOR DAN HYDRILLA VERTICILLATA
M PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU : PARAMETER BOD DAN COD

SI.
USKRI PECEL TAHU DI DEGA TUNGGULWULUNG

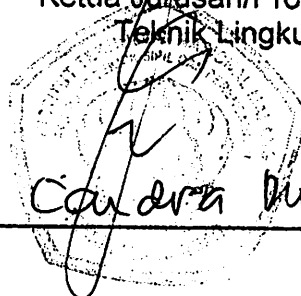
n pengerjaan dan penyusunan laporan skripsi tersebut, akan dibimbing oleh Dosen
imbing :

1. ~~IBU~~ IBU CANDRA DWIPATNA ST.MT
2. BAPAE SUDIRO ST.MT.

un waktu penyelesaian skripsi selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal
- 10 - 10 s.d 04 - 4 - 2011 dan apabila melebihi batas waktu yang telah
ukan maka skripsi tersebut dinyatakan **Gugur** dan diwajibkan untuk mengambil skripsi
n judul baru.

ikian harap diperhatikan .

Malang, 4 - 10 - 2010
Ketua Jurusan/Program Studi
Teknik Lingkungan





LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan/F.T.S.P
Dosen Pembimbing : Candra Dwiratna, ST.MT

“Perbandingan Efektifitas *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	15/12 2020	Bab IV v/ standar baku mutu di ambil yg jadi polutan bahasan v) lanjutkan analisis statistik	
2	17/12 2020	v) Perbaiki analisis statistik	
3	6/1 2021	v) v/ analisis statistik ok! v) Lanjutkan dg pembahasan	



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan/F.T.S.P
Dosen Pembimbing : Candra Dwiratna, ST.MT

“Perbandingan Efektifitas *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
4	21-1-2011	- Perbaiki pembahasa data statistik sebagai penunjang. - pilih yang terbaik dan beri alasan	
5	27-1-2011	- perbedaan fisiologi makan - Statistik & perbedaan jenis makanan	
6	2-1-2011	- Perubahan cekup antara m. o dan p. ubha	

- Cek penulisan
- ~~bagian~~ kesimpulan



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan/F.T.S.P
Dosen Pembimbing : Candra Dwiratna, ST.MT

“Perbandingan Efektifitas *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
7	4-2-2011	Rfm laporan	
8	9-2-2011	ACC seminar	



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan / FTSP
Dosen Pembimbing : Bapak Sudiro, ST.MT

“Perbandingan Efektifitas *Lemma minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”
(Studi Kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	20 Okt 2010	= Bab I → o.k. = lay out → referensi sub bab a.e. --- = layoutkan	
	2 Nov 2010	Bab II, III, IV → o.k. Bab V → G.1. G.2 → grafik.	
	15 Nov 2010	→ Reimbangkan penggunaan kata gram. ditinjau fungsinya. = jal kirski fungsi selich falsi bah non kul. = layoutkan.	
	08-12-2010	= what kon sistensi data?	



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan/F.T.S.P
Dosen Pembimbing : Sudiro, ST.MT

**“Perbandingan Efektifitas *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”**
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
	15 Des '2010	= cek normality by salk = lakukan audit statistik.	
	17 Des '2010	= cek kembali dan jika belum ada masalah audit statistik dipertimbangkan. = peragaan interpretasi hasil audit statistik.	
	06/1 - 2011	= lakukan la pembalihan.	
	21/1 - 2011	= pembalihan =	
	2/02 - 2011	= pembalihan di pfronika og torn terbam	
	06/02 - 2011	= berikan penjelasan perbedaan kemampuan tanaman dalam menemoral / menyerap - BOD vs COD.	

= kesimpulan.



LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Agnes Tyagita Ayudyaningtyas
NIM : 06.26.012
Jurusan/Fakultas : Teknik Lingkungan/F.T.S.P
Dosen Pembimbing : Sudiro, ST.MT

“Perbandingan Efektifitas *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata*
dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD”
(Studi kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
4.	3 02 - 2011	Kejimpelan diperbaiki = dik. di Seminar	

BERITA ACARA DAN PERBAIKAN SEMINAR SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Seminar Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : Agnes Tyagita A

NIM : 0626012

yang dilaksanakan pada : *Jum'at, 18 Februari 2011*

dengan Judul Skripsi :

Perbandingan Efektifitas Lemna Minor Dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu: Parameter BOD Dan COD (Studi Kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

dinyatakan *) :

- a. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi
- b. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi, dengan perbaikan
- c. Tidak disetujui untuk ikut ujian dan harus melakukan seminar ulang

*) bulati salah satu point dan langsung dberitahukan pada yang bersangkutan dengan perbaikan sebagai berikut :

1. *Kerip, Sebaiknya gunakan*

2. *Spesifikasi Capaian untuk Praktikum*

3. *yang ada untuk lebih lanjut*

4.

5.

6.

Malang,
Dosen Pembahas

BERITA ACARA DAN PERBAIKAN SEMINAR SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Seminar Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : Agnes Tyagita A

NIM : 0626012

yang dilaksanakan pada : *Jum'at, 18 Februari 2011*

dengan Judul Skripsi :

Perbandingan Efektifitas Lemna Minor Dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu: Parameter BOD Dan COD (Studi Kasus : Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

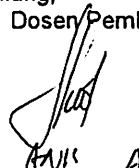
dinyatakan *) :

- a. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi
- b. Disetujui untuk ikut Ujian Skripsi, dengan perbaikan
- c. Tidak disetujui untuk ikut ujian dan harus melakukan seminar ulang

*) bulati salah satu point dan langsung dberitahukan pada yang bersangkutan dengan perbaikan sebagai berikut :

1. *Cihal catatan Saya di Berkas* ^{1/2}
2. *Hati penulisan bnyak salah exp: ... et al., 2008 et al di tulis miring* ^{1/2}
3. *Tampilkan cara analisa parameter dan lampiran* ^{1/2}
→ Pelajari
4.
5.

Malang,
Dosen Pembahas



AGNES TYAGITA A

PERBAIKAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Pada ujian Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : Agnes Tyagita A

NIM : 0626012

yang dilaksanakan pada : **Rabu, 23 Februari 2011**

dengan Judul Skripsi :

Perbandingan Efektifitas Lemna Minor Dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD Dan COD (Studi Kasus: Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

dengan perbaikan sebagai berikut :

1. *Asistensi / Revisi bawa Corutan itu di*
2. *berkas !*
3.
4.
5.
6.

Malang, 2009

Dosen Penguji

[Signature]
Anis A

PERBAIKAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Pada ujian Skripsi untuk mahasiswa/i :

Nama : Agnes Tyagita A

NIM : 0626012

yang dilaksanakan pada : **Rabu, 23 Februari 2011**

dengan Judul Skripsi :

Perbandingan Efektifitas Lemna Minor Dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD Dan COD (Studi Kasus: Industri Kecil Tahu Di Desa Tunggulwulung)

dengan perbaikan sebagai berikut :

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5..... *lihat cover skripsi*
- 6.....

Malang, 23 - 2 - 2009 - 2011
Dosen Penjuji



Kriteria desain reaktor :

Bak yang digunakan berbentuk persegi panjang, dengan :

- Volume

Diketahui :

Panjang reaktor = 50 cm

Lebar reaktor = 30 cm

Tinggi reaktor = 14 cm

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} \\ &= 2100 \text{ cm}^3 \\ &= 21 \text{ liter}\end{aligned}$$

- Debit reaktor

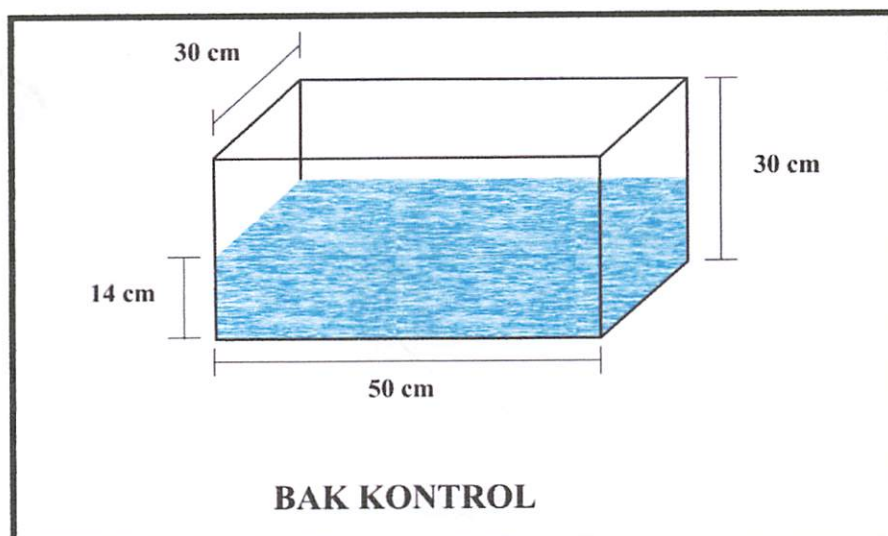
Diketahui :

Volume = 21 liter

T_d = 2 hari = 172800 detik

Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Debit} &= \frac{\text{volume}}{T_d} \\ &= \frac{21 \text{ liter}}{172800 \text{ detik}} \\ &= 0,0001215 \text{ liter/detik} \\ &= 0,000122 \text{ liter/detik}\end{aligned}$$



Cara perhitungan kerapatan tanaman :

1. Untuk kerapatan 70 mg/cm² :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 1500 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 70 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{1500 \text{ cm}^2} \\ X_{70} &= 105 \text{ mg} \end{aligned}$$

2. Untuk kerapatan 80 mg/cm² :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 1500 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 80 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{1500 \text{ cm}^2} \\ X_{80} &= 120 \text{ mg} \end{aligned}$$

3. Untuk kerapatan 90 mg/cm² :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 1500 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 90 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{1500 \text{ cm}^2} \\ X_{90} &= 135 \text{ mg} \end{aligned}$$

KEPUTUSAN GUBERNUR JAWA TIMUR NOMOR 45 TAHUN 2002

TENTANG

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI

ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA

DI JAWA TIMUR

BAKU MUTU LIMBAH CAIR	
UNTUK INDUSTRI TAHU DAN KECAP / TEMPE	
Volume Limbah Cair Maximum per satuan Bahan Baku	
Tahu	: 20 m ³ / ton Kedelai
Kecap / Tempe	: 10 m ³ / ton Kedelai
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	150
COD	300
TSS	100
pH	6-9

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.co.id

Laboratorium Penguji
IP - 227 - IDN

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 106-1 S/LKA MLG/IV/2010

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Agnes TA
Name
Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 54/PC/IV/2010/84
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 12 April 2010 Jam 13:15 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 23 April 2010
Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

oh uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 12
2010 Jam 12.00 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak 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@jasatirta1.co.id

Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 106-1 S/LKA MLG/IV/2010

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 54/PC/IV/2010/84

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

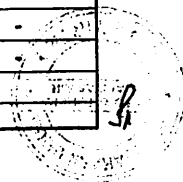
: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 12 April - 23 April 2010

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku Mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	pH	-	5,4	QI/LKA/08 (Elektrometri)	6 - 9	-
2	BOD	mg/L	1237	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	150	-
3	COD	mg/L	10934	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
4	TSS	mg/L	1065,3	APHA. Ed. 21. 2540 D, 2005	100	-
5	Kekeruhan	NTU	425	QI/LKA/11 (Turbidimetri)	-	-
6	Total Kjeldahl Nitrogen	mg/L	93,700	APHA. Ed. 21. 4500 N-Org B, 2005	-	-
7	Phospat Total	mg/L	32,581	SNI 19-2483-1991	-	-



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 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

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 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 111-1 S/LKA MLG/IV/2010

Halaman 1 dari 2
 Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Agnes TA

Name

Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30

Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 91-104/PC/IV/2010/146-159

Sample Code

Jenis Contoh Uji : Air Limbah

Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -

Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -

Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 15 April 2010 Jam 15:20 WIB

Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : -

Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 28 April 2010

Place/ Date of Issue



Laboratorium Kualitas Air
 Perum Jasa Tirta I



Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
 Head of Laboratory

Contoh uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 15
 2010 Jam 13.30 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak 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) 331880, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IDN

Nomor : 111-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 91-98/PC/IV/2010/146-153

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

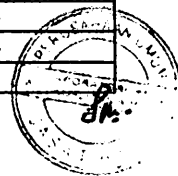
Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 15 April – 28 April 2010

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I	Kontrol 2-I				
1	pH	-	6,5	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	612,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1511,2	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
II	Kontrol 2-II				
1	pH	-	6,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	614	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1512,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
III	D70. 2-I				
1	pH	-	5,9	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	607,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1447,6	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
IV	D70. 2-II				
1	pH	-	5,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	606,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1443,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
V	D80. 2-I				
1	pH	-	5,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	536,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1409,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VI	D80. 2-II				
1	pH	-	5,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	537,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1407	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VII	D90. 2-I				
1	pH	-	5,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	611,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1556,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VIII	D90. 2-II				
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	610,7	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1553,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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



Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 111-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. 99-104/PC/IV/2010/154-159
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

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

Tanggal Analisa : 15 April – 28 April 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
IX	H70. 2-I				
1	pH	-	5,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	501,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1452,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
X	H70. 2-II				
1	pH	-	6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	504,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1450,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XI	H80. 2-I				
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	449,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1431,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XII	H80. 2-II				
1	pH	-	6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	448,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1433	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIII	H90. 2-I				
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	616,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	2039,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIV	H90. 2-II				
1	pH	-	5,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	617,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	2037,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 119-1 S/LKA MLG/IV/2010

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Agnes TA
Name

Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 127-140/PC/IV/2010/182-195
Sample Code

Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 19 April 2010 Jam 13:00 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

Halaman 1 dari 2

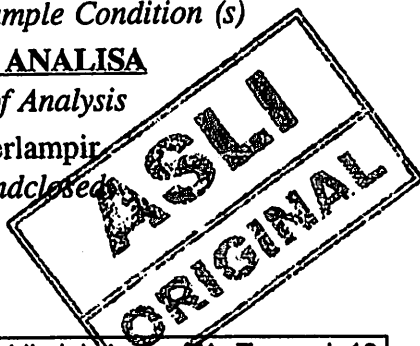
Page 1 of 2

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 30 April 2010
Place/ Date of Issue



Laboratorium Kualitas Air
Perum/ Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Contoh uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 19 April 2010 Jam 11.00 WIB

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



Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IDN

Nomor : 119-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 127-134/PC/IV/2010/182-189

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

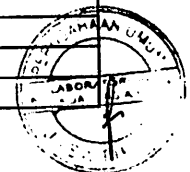
: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 19 April – 30 April 2010

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I Kontrol 6-I					
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	382,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	976,98	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
II Kontrol 6-II					
1	pH	-	7,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	383,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	977,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
III D70. 6-I					
1	pH	-	6,7	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	339,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1120,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
IV D70. 6-II					
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	336,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1121,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
V D80. 6-I					
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	311,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1038,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VI D80. 6-II					
1	pH	-	6,7	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	314,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1036,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VII D90. 6-I					
1	pH	-	6,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	369,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1278	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VIII D90. 6-II					
1	pH	-	6,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	368,5	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1277,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

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 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta 1 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

YKAN

Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IDN

Nomor : 119-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 135-140/PC/IV/2010/189-195

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

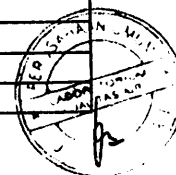
Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 19 April – 30 April 2010

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
IX	H70. 6-I				
1	pH	-	7,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	253,2	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	275,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
X	H70. 6-II				
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	254,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	275,35	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XI	H80. 6-I				
1	pH	-	7,5	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	92,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	260,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XII	H80. 6-II				
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	93,5	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	260,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIII	H90. 6-I				
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	214,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	525,66	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIV	H90. 6-II				
1	pH	-	7,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	212,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	524,44	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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) 331880, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id

YKAN

Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 119-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 135-140/PC/IV/2010/189-195

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

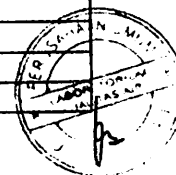
Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 19 April – 30 April 2010

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
IX	H70. 6-I				
1	pH	-	7,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	253,2	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	275,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
X	H70. 6-II				
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	254,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	275,35	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XI	H80. 6-I				
1	pH	-	7,5	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	92,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	260,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XII	H80. 6-II				
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	93,5	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	260,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIII	H90. 6-I				
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	214,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	525,66	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIV	H90. 6-II				
1	pH	-	7,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	212,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	524,44	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 114-1 S/LKA MLG/IV/2010

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Agnes TA
Name
Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

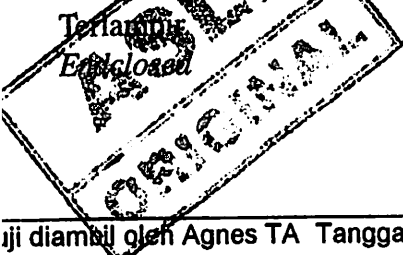
Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 105-118/PC/IV/2010/160-173
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 16 April 2010 Jam 14:30 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 29 April 2010
Place/ Date of Issue



Uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 16
0 Jam 12.04 WIB

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
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



Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 114-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 105-112/PC/IV/2010/160-167

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 16 April – 29 April 2010

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I Kontrol 4-I					
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	491,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1321,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
II Kontrol 4-II					
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	494,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1314,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
III D70. 4-I					
1	pH	-	6,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	456,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1331,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
IV D70. 4-II					
1	pH	-	6,2	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	454,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1332,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
V D80. 4-I					
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	406,7	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1278	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VI D80. 4-II					
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	407,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1277,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VII D90. 4-I					
1	pH	-	6,2	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	424,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1367,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VIII D90. 4-II					
1	pH	-	6,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	426,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1365,2	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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



Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 114-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 113-118/PC/IV/2010/168-173

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

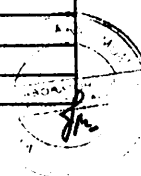
Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 16 April – 29 April 2010

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
IX	H70. 4-I				
1	pH	-	6,1	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	439,6	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1283,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
X	H70. 4-II				
1	pH	-	6,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	437,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1282,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XI	H80. 4-I				
1	pH	-	6,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	301,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1035,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XII	H80. 4-II				
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	302,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1032,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIII	H90. 4-I				
1	pH	-	6,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	477,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1604,6	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
XIV	H90. 4-II				
1	pH	-	6,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	474,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1603,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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@jasatirta1.co.id

Laboratorium Penguji
LP - 227 - ION

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 125-1 S/LKA MLG/V/2010

IDENTITAS PEMILIK

Halaman 1 dari 2

Owner Identity

Page 1 of 2

Nama : Agnes TA
Name
Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 178-183/PC/IV/2010/253-258
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 22 April 2010 Jam 13:30 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 04 Mei 2010
Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air
Perum/Jasa/Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 22
2010 Jam 12.00 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak 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) 331880, Fax. (0321) 395134

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



Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 125-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 178-183/PC/IV/2010/253-258
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

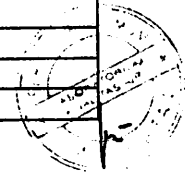
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 22 April – 04 Mei 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I	Kontrol 8-I				
1	pH	-	7,3	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	296,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	884,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
II	Kontrol 8-II				
1	pH	-	7,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	295,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	882,64	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
III	D70. 8-I				
1	pH	-	6,5	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	701,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1563,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
IV	D70. 8-II				
1	pH	-	6,4	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	702,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1562,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
V	D80. 8-I				
1	pH	-	6,7	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	741,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1502,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VI	D80. 8-II				
1	pH	-	6,6	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	743,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1501,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



iflikat 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) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 127-1 S/LKA MLG/V/2010

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Agnes TA
Name
Alamat : Jl. Bend. Sigura-gura no. 30
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 187-192/PC/IV/2010/263-268
Sample Code
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Sampling Location
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 23 April 2010 Jam 13:30 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory
Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

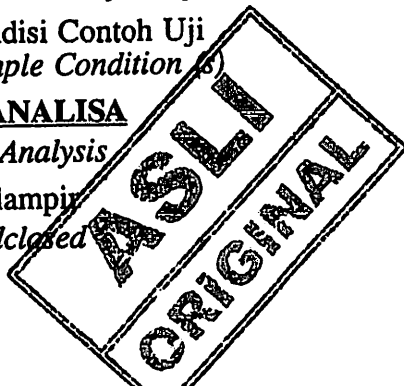
HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Endclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal :
Place/ Date of Issue

Malang, 04 Mei 2010



Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Contoh uji diambil oleh Agnes TA Tanggal, 23
April 2010 Jam 11.00 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak 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) 551978
Desa Lengkok Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id

YKAN

Laboratorium Penguji
LP - 227 - IDN

Nomor : 127-1 S/LKA MLG/IV/2010 Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 187-192/PC/IV/2010/263-268
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

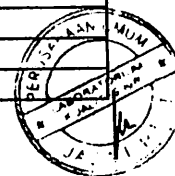
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 23 April – 04 Mei 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
I Kontrol 10-I					
1	pH	-	6,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	131,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	423,22	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
II Kontrol 10-II					
1	pH	-	6,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	132,1	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	424,28	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
III D70. 10-I					
1	pH	-	6,7	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	1027	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1786,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
IV D70. 10-II					
1	pH	-	6,5	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	1024,4	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1788,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
V D80. 10-I					
1	pH	-	6,9	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	816,9	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1821,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-
VI D80. 10-II					
1	pH	-	6,7	QI/LKA08 (Elektrometri)	-
2	BOD	mg/L	814,8	APHA. Ed. 20, 5210 B, 1998	-
3	COD	mg/L	1820,2	QI/LKA/19 (Spektrofotometer)	-



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

Data Penelitian Untuk pH dan Suhu

Variasi kerapatan (mg/cm ²)	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)	pH		Suhu (°C)	
		Lemna minor	Hydrilla verticillata	Lemna minor	Hydrilla verticillata
70	2	5,75	5,9	26,5	26,5
	4	6,3	6,2	26,5	26,5
	6	6,65	6,95	26,6	26,6
80	2	5,7	6,05	26,2	26,8
	4	6,35	6,45	26,4	26,9
	6	6,65	7,45	26,2	26,9
90	2	5,95	5,95	26,4	26,9
	4	6,25	6,35	26,5	27
	6	6,8	7,35	26,4	26,9

Tabel Prosentase Penurunan BOD

Variasi kerapatan	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)		Konsentrasi BOD (mg/l) Pada Reaktor							
			Lemna minor				Hydrilla verticillata			
			Nilai Akhir	Rata-rata	Sd	% R	Nilai akhir	Rata-rata	Sd	% R
70	2	I	607,1	607	0,14	50,93	501,9	503,15	1,77	59,33
		II	606,9				504,4			
	4	I	456,9	455,65	1,77	63,16	439,6	438,35	1,77	64,56
		II	454,4				437,1			
	6	I	339,4	338,15	1,77	72,66	253,2	253,9	0,99	79,47
		II	336,9				254,6			
	8	I	701,9	702	0,14	43,25	-	-	-	-
		II	702,1				-			
	10	I	1027	1025,7	1,84	17,08	-	-	-	-
		II	1024,4				-			
80	2	I	536,9	537,25	0,49	56,57	449,6	449,25	0,5	63,68
		II	537,6				448,9			
	4	I	406,7	406,9	0,28	67,11	301,9	302,15	0,35	75,57
		II	407,1				302,4			
	6	I	311,9	313,15	1,77	74,68	92,4	92,95	0,78	92,49
		II	314,4				93,5			
	8	I	741,9	742,5	0,85	39,98	-	-	-	-
		II	743,1				-			
	10	I	816,9	815,85	1,48	34,05	-	-	-	-
		II	814,8				-			
90	2	I	611,9	611,3	0,85	50,58	616,9	617	0,14	50,12
		II	610,7				617,1			
	4	I	424,6	425,75	1,63	65,58	477,1	475,75	1,9	61,54
		II	426,9				474,4			
	6	I	369,4	368,95	0,64	70,17	214,4	213,5	1,27	82,74
		II	368,5				212,6			
	8	I	-	-	-	-	-	-	-	-
		II	-				-			
	10	I	-	-	-	-	-	-	-	-
		II	-				-			

Tabel Prosentase Penurunan COD

Variasi kerapatan	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)		Konsentrasi COD (mg/l) Pada Reaktor								
			Lemna minor				Hydrilla verticillata				
			Nilai Akhir	Rata-rata	Sd	% R	Nilai akhir	Rata-rata	Sd	% R	
70	2	I	1447,6	1445,5	2,97	86,78	1452,5	1451,65	1,2	86,72	
		II	1443,4				1450,8				
	4	I	1331,3	1332,1	1,13	87,82	1283,1	1282,8	0,42	88,27	
		II	1332,9				1282,5				
	6	I	1120,5	1120,95	0,64	89,75	275,5	275,425	0,11	97,48	
		II	1121,4				275,35				
	8	I	1563,7	1563,25	0,64	85,7	-	-	-	-	
		II	1562,8				-				
	10	I	1786,4	1787,65	1,77	83,65	-	-	-	-	
		II	1788,9				-				
	80	2	I	1409,5	1408,25	1,77	87,12	1431,8	1432,4	0,85	86,9
			II	1407				1433			
4		I	1278	1277,85	0,21	88,31	1035,4	1033,9	2,12	90,54	
		II	1277,7				1032,4				
6		I	1038,9	1037,5	1,98	90,51	260,3	260,5	0,28	97,62	
		II	1036,1				260,7				
8		I	1502,5	1502,15	0,5	86,26	-	-	-	-	
		II	1501,8				-				
10		I	1821,8	1821	1,13	83,34	-	-	-	-	
		II	1820,2				-				
90		2	I	1556,1	1554,9	1,7	85,78	2039,3	2038,4	1,27	81,36
			II	1553,7				2037,5			
	4	I	1367,1	1366,15	1,34	87,51	1604,6	1604,25	0,48	85,33	
		II	1365,2				1603,9				
	6	I	1278	1277,85	0,21	88,31	525,66	525,05	0,86	95,2	
		II	1277,7				524,44				
	8	I	-	-	-	-	-	-	-	-	
		II	-				-				
	10	I	-	-	-	-	-	-	-	-	
		II	-				-				

Contoh perhitungan Prosentase Penyisihan BOD dan COD

Rumus yang dipakai :

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Lemna minor kerapatan 70 mg/cm² hari ke-2

- Konsentrasi BOD awal = 1.237 mg/l
Konsentrasi BOD akhir = 607 mg/l
Prosentase Penyisihan BOD = $\frac{(1237 \text{ mg/l} - 607 \text{ mg/l})}{1237 \text{ mg/l}} \times 100\%$
= 50,93 %

- Konsentrasi COD awal = 10.934 mg/l
Konsentrasi COD akhir = 503,15
Prosentase Penyisihan COD = $\frac{(10934 \text{ mg/l} - 503,15 \text{ mg/l})}{10934 \text{ mg/l}} \times 100\%$
= 59,33 %

Analisa BOD

1. Metode

Metode titrimetry

2. Cara Kerja

2.1. Tanpa Pengenceran

- a. Kocok contoh uji air, masukan contoh uji air dengan DO meter, kemudian catat hasil pembacaannya.
- b. Analisa konsentrasi DO 0 hari contoh uji air dengan DO meter, kemudian catat hasil pembacaannya.
- c. Setelah selesai di analisa tambah contoh uji air hingga penuh (meluber) kemudian tutup dengan hati-hati
- d. Masukan botol inkubasi ke dalam inkubator pada suhu 20°C selama 5 hari
- e. Setelah 5 hari keluarkan botol inkubasi dari inkubator kemudian biarkan pada suhu kamar
- f. Analisa konsentrasi DO 5 hari dengan DO meter kemudian catat hasil pembacaannya.
- g. Hitung kadar BODnya seperti pada contoh perhitungan 2.3.

2.2. Menggunakan Pengenceran

- a. Masukan sejumlah contoh uji air ke dalam gelas ukur 250-500 ml (volume contoh uji tergantung dari pengenceran)
- b. Tambahkan air pengenceran sampai 150 ml
- c. Aduk hingga homogeny. Setelah homogen tuangkan dalam botol inkubasi yang bervolume \pm 150 ml sampai penuh
- d. Analisa konsentrasi DO 0 hari contoh uji air dengan DO meter kemudian catat hasilnya.
- e. Setelah selesai di analisa tambahkan contoh uji air yang telah di encerkan hingga penuh (meluber) kemudian tutup dengan hati-hati.
- f. Analisa selanjutnya sama dengan poin 2.1.
- g. Hitung sesuai pada point 2.3.

2.3. Perhitungan

2.3.1. Hitungan kadar BOD dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

a. $BOD\ mg/l = \frac{DO_0 - DO_5}{P}$

b. Contoh uji yang diencerkan (mengandung seed)

$$BOD\ mg/l = \frac{(DO_0 - DO_5) - ((DO_{oblk} - DO_{5blk})f)}{P}$$

c. Rumus Faktor (f)

$$f = \frac{[(150 - (150 : pengenceran))]}{\frac{1000}{\frac{150}{1000}}}$$

Keterangan :

DO_0 = DO contoh sebelum inkuubasi

DO_5 = DO contoh setelah di inkubasi 5 hari 20°C. mg/l

$DO_{oblanko}$ = DO blanko sebelum inkubasi

$DO_{5blanko}$ = DO blanko setelah di inkubasi 5 hari 20°C. mg/l

P = Desimal factor pengenceran = $\left(\frac{1}{pengenceran}\right)$

F = Perbandingan volume seed dalam contoh uji dengan volume seed dalam blanko

Analisa COD

1. Metode

Metode dengan alat spektrofotometri (UV-VIS spektrofotometri 1601)

2. Cara Kerja

2.1. Pelaksanaan Contoh Uji Air :

- a. Lakukan analisa contoh uji air dengan segera, kocok dengan kuat terutama yang mengandung suspensi tinggi.
- b. Pipet contoh uji air sebanyak 2,5 ml masukan dalam tabung mikro COD, tambahkan 1,5 ml larutan $K_2Cr_2O_7 - HgSO_4 \pm 0,02 N$ dan tambahkan 3,5 ml $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$
Kocok.

2.2. Untuk Blanko lakukan sesuai dengan prosedur masing-masing tersebut diatas dengan menggunakan air suling dimana pelaksanaannya dilakukan sebelum analisa contoh uji air.

2.3. Setelah dilakukan analisa blanko, dilanjutkan dengan analisa larutan standar dengan langkah sesuai 1.1. persyaratan cek standar mengacu pada prosedur metode analisa dan validasi metode (QP/LKA/15)

2.4. Catat konsentrasi hasil analisa tersebut.

2.5. Perhitungan :

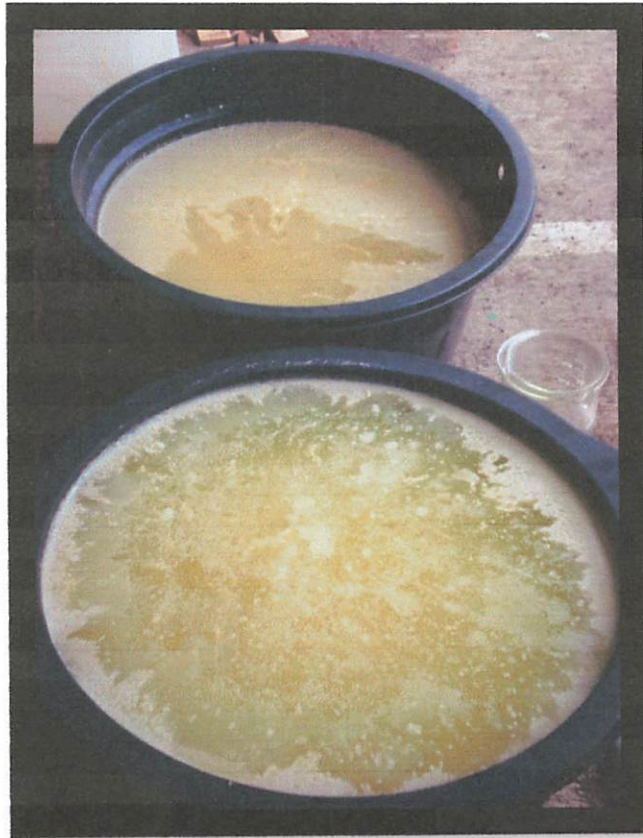
Bila konsentrasi tinggi maka dilakukan pengenceran dengan perhitungan :

$$C = A \times F$$

Dimana : C = Konsentrasi COD (Mg/L)

D = Konsentrasi Hasil Pengukuran Pada Spektrofotometri (Mg/L)

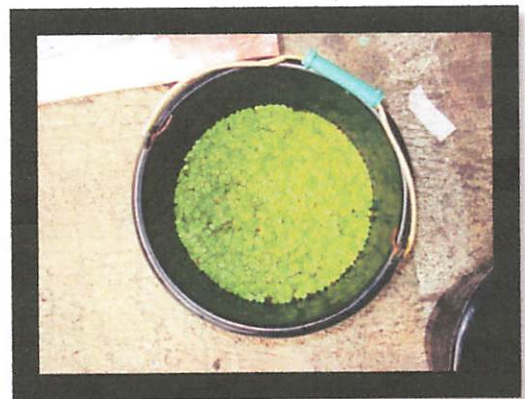
F = Faktor Pengenceran



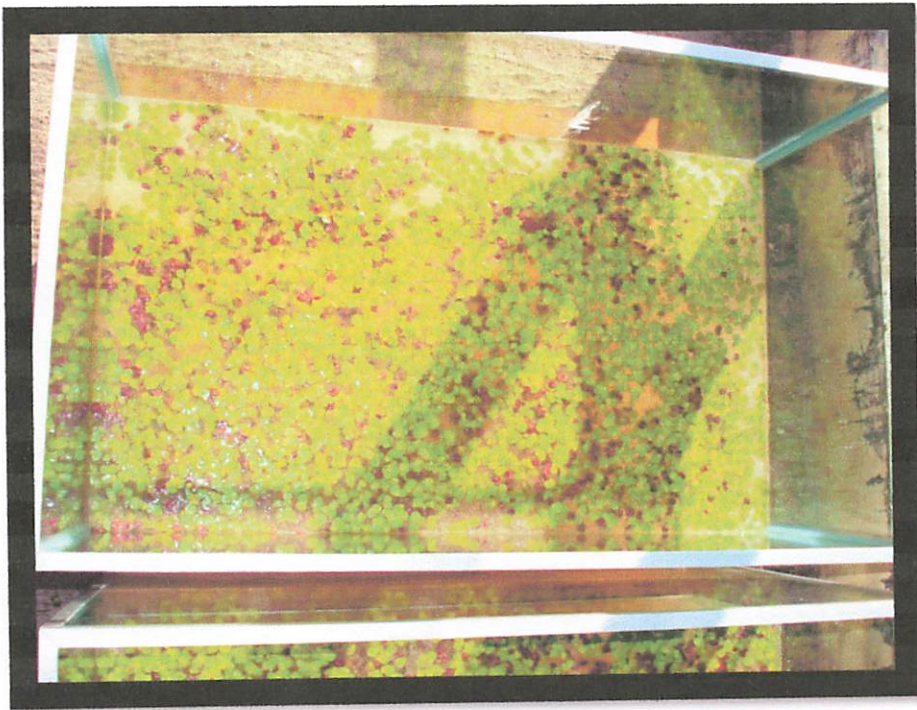
Gambar 1. Limbah cair tahu



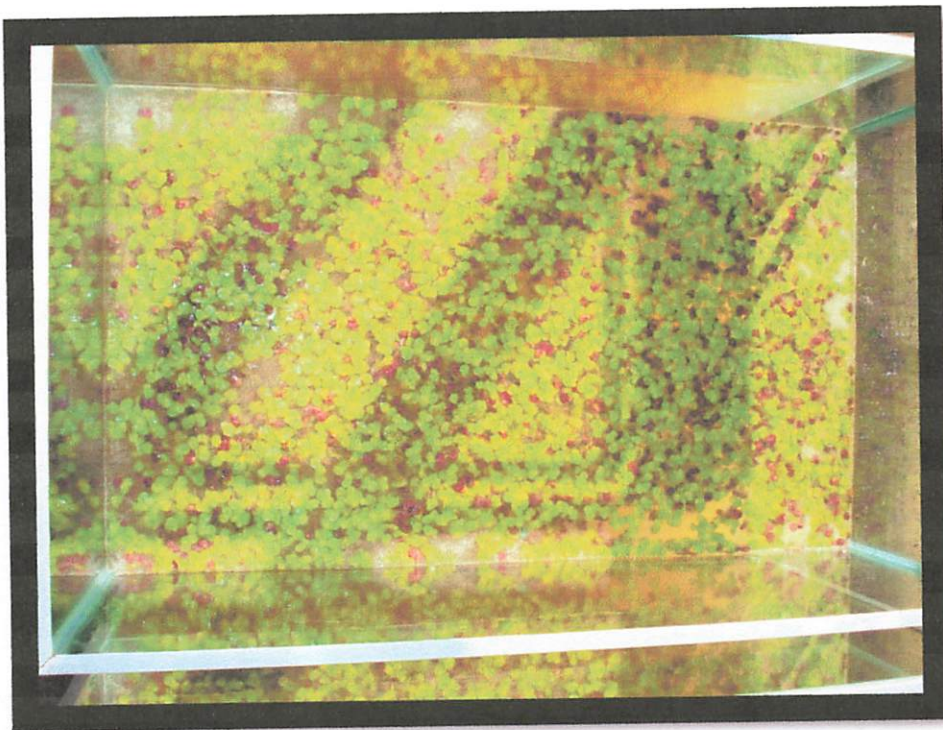
Gambar 2. *Hydrilla verticillata*



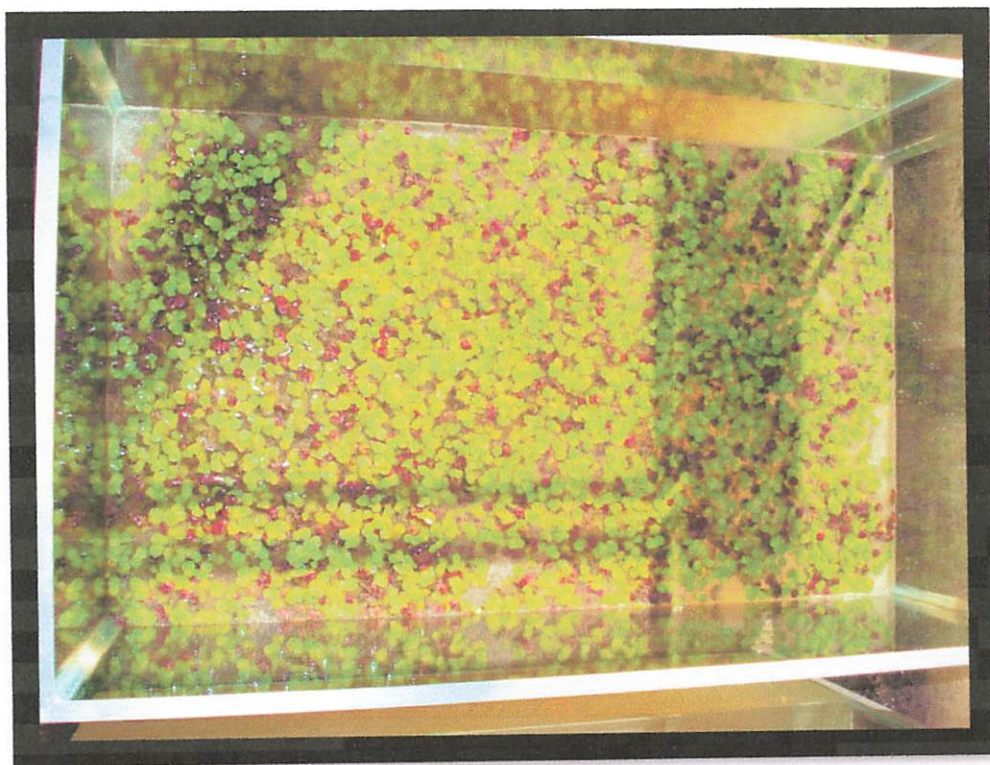
Gambar 3. *Lemna minor*



Gambar 4. Tanaman Lemna minor Kerapatan 70 mg/cm²



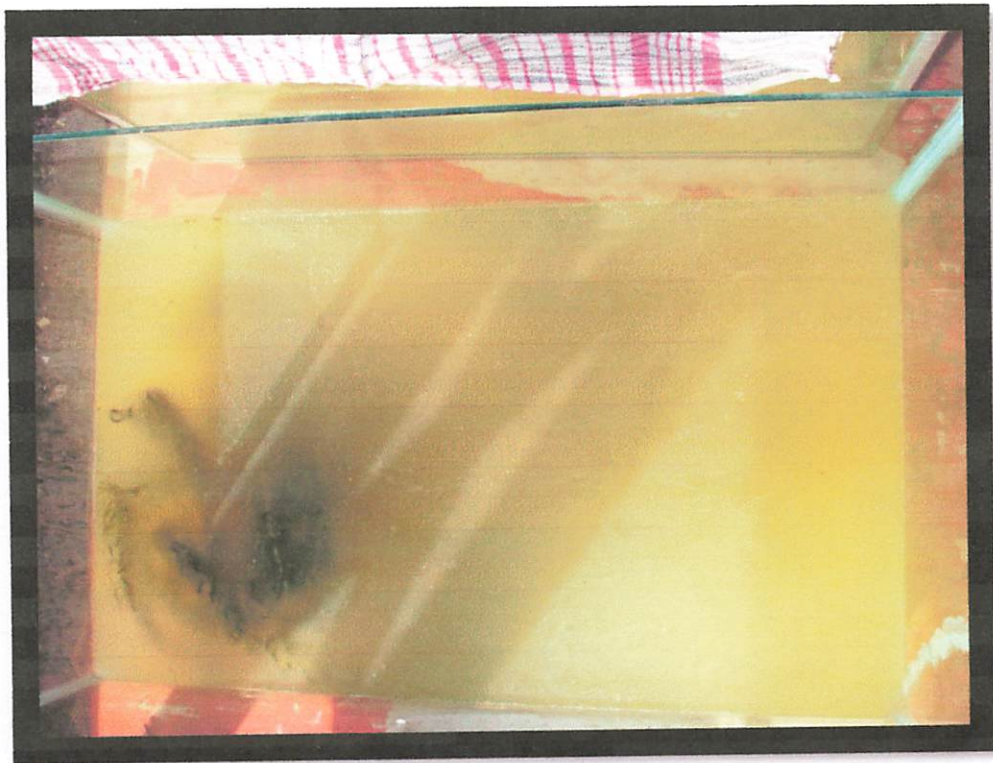
Gambar 5. Tanaman Lemna minor Kerapatan 80 mg/cm²



Gambar 6. Tanaman Lemna minor Kerapatan 90 mg/cm²



Gambar 7. Tanaman Hydrilla verticillata Kerapatan 70 mg/cm²



Gambar 8. Tanaman *Hydrilla verticillata* Kerapatan 80 mg/cm²



Gambar 9. Tanaman *Hydrilla verticillata* Kerapatan 90 mg/cm²

PERSEMBAHAN

Terima kasih kepada Bapa, Putra dan Roh Kudus serta Bunda Maria atas segala kasih, bimbingan, anugerah dan penyertaannya selama ini....

Terima kasih buat Mami dan Ayah yang selalu memberikan dukungan saat adek patah semangat,, ^-^

Buat Mas Titok --- Makasih buat omelan-omelannya, mau diajak sharing dan tukar pendapat,, Tx Bro ^-^

Buat Lek Nanik --- Makasih buat doa dan dukungannya.. ^-^

Buat Semua Keluargaq—Matur Suwun Sanget....

Buat CO₂ .. makasih dah mau sabar dan dah mau nunggu...berproses diri itu indah n akhirnya membuah hasil..hehehee ^ _ ^

Terima kasih yang sebesar-besarnya saya tunjukkan kepada :

- Ibu Candra yang telah menjadi wali kami selama kuliah,, terima kasih pula untuk bimbingan dan perjuangan Ibu untuk kami selama ini.. Makasih Bu..
 - Ibu Evy yang selalu memberikan motivasi agar kami tetap semangat selama kuliah,,
 - Ibu Tuani,, ibu....makasih sudah berkenan menerima konsultasi saya...hehee
 - Ibu Anis yang selalu meneliti laporan skripsi ini agar tersusun dengan baik,,
- Pak Sudiro yang selalu membrikan wawasan dan pengetahuan baru serta sudah berkenan untuk selalu menerima konsultasi selama skripsi
 - Pak Hardianto yang mau mempercayai saya untuk ikut terlibat di Laboratorium
 - Pak Hery yang mau mengarahkan ketidakpahaman saya tentang statistik,,makasih buat supportnya Pak..

Buat Penghuni Sigura-gura 30 :

- Mbak Dewi, makasih dah mau nemenin, masakini aku, ngomelin aku, dah mau berbosen-bosen ria dengerin curahan hatiq..(lebay dikit, mbk). hehehe...ayo mbak kelarin skripsimu..
- Mbak Mey, bakal gak ada yang gangguin aku, buat aku nangis..hikzz hikzz..pasti kangen ma omelanmu mbak..hehehe...jangan lupa undangannya ya,,hohooo ^-^
- Mbak Titin, ayo mbak beli magnum,,mau gak ??? Makasih dah mau sharing-sharing ma aku...Miz u mbak...
- Rani,, wes ndak usah dilema..lancarkan serangan aja..hehe..hasil akhir tuh urusan nanti...
- Mbak Ana,, ayo semangat kerjain skripsinya.... ^ _ ^

- Reta, Mimi, Siska, Erna, Aziah 'n Nana makin sukses buat kuliahhe kalian...heheheee

Enviro '06

- Dodot 'n Faruq...cepatlah kalian menyusul...gud job bwt kalian...ciaayyooooo bro.. ^_^
- Vika si endut..mana abonnya ?? diet dikit tuh biar g makin gemuk..heheee
- Cha-cha..cepat cari pasangan sana..masak dari awal kuliah sampek akhir masih bertahan ma status jomblomu..hehehee "R" dah nunggu tuh..
 - Sukma..korea trruuszzz...semangat yo buat skripsimu...u can do it..!
- Imed yang puaalliinggg nyebelin...santai aja donk...heheee..ayo cari kerja sama-sama..kecilin tuh perut..hahaha
- Donattzzz n Moonnnn..makasih dan jdi sistaq yg TOP bgt deh...kapan nih main basket lagi.??? Geje-gejean n ngopi bareng lagi...ntr kalo kangen kayak mana nih.???
 - Amang si Idong....alon alon asal kelakon ya mang...Gud Job wes buat kamu...setia juga y kamu ma "*****"..heheee

Buat brother-brother Pr :

Makasih buat canda tawanya..makasih buat supprotnya....Tx a lot bro..

Nanas, Barayung n Oja makasih ya pisang n markisa nya...heheee

Vidi, Seseq, Budi, Bagong n Mbereng...yukkk main basket lagi....

Tokek, Ndaru, Selaping "Ariel", Lebay, Kutu,,yang semangat kuliah,,jangan sampek kena DO..

Buat brother-brother yang g tersebutkan ,,makasih bgt yach...BBASYA

Buat Keluarga Besar Teknik Lingkungan :

Enviro '07..makasih dah mau bantu pas penelitian kemaren..cepat nyusul susun skripsi yach...ciayyoo....

Enviro '08..senengane kok ngapusi mbk'e to yo...brownise kapan ???

Enviro '09 n '10..semangat kuliah yach..

Buat MbK Lis, Mas OoN, Kak Oky, Kak Indra, Kak Zamrud, n semua kakak-kakakq...makasih ya buat supportnya...

Buat semuanya yang g bisa disebutkan satu-satu...Makasih banyak atas doa dan dukungannya... ^_^

"Quod isti et istae, cur non ego"

BERKAH DALEM GUSTI