

SKRIPSI

**EFEKTIFITAS TANAMAN AIR *Cyperus Papyrus* (Cyperus Papyrus) DALAM
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KANTIN
DENGAN METODE FITOREMEDIASI
(Studi Kasus Limbah Cair Kantin ITN Kampus 1)**



Oleh:

**FRANSISKUS X.B. BHADO
0826007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

SECRET

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, NATIONAL SECURITY AGENCY
SUBJECT: [Illegible]

1954

ATTACHED IS THE [Illegible]
[Illegible]

RECOMMENDATION: [Illegible]
[Illegible]
[Illegible]
[Illegible]
[Illegible]

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**EFEKTIFITAS TANAMAN AIR CIPERUS PAPIRUS
(*CYPERUS PAPYRUS*) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR KANTIN DENGAN METODE FITOREMEDIASI
(Studi Kasus: Limbah Cair Kantin ITN Kampus 1)**

Oleh:

FRANSISKUS X. B. BHADO

08.26.007

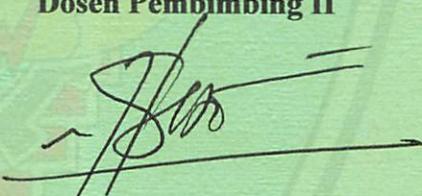
Menyetujui

Dosen Pembimbing I


Candra Dwi Ratna, ST. MT

NIP. V. 1030000349

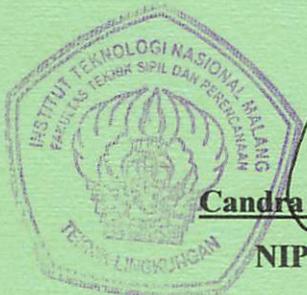
Dosen Pembimbing II

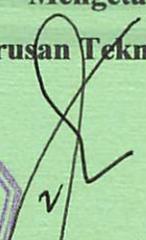

Dr. Ir. Herj Setyobudiarso. Msc

NIP. 196106201991031002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan




Candra Dwi Ratna, 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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK 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 : FRANSISKUS XAVERIUS BORO BHADO
NIM : 08 26 007
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : EFEKTIFITAS TANAMAN AIR Ciperus Papyrus (*Cyperus Papyrus*) DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KANTIN DENGAN METODE FITOREMEDIASI (Studi Kasus Limbah Cair Kantin ITN Kampus 1)

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

Pada Hari : Sabtu

Tanggal : 3 Agustus 2013

Dengan Nilai : B (70,51)

PANITIA UJIAN SRIPSI

KETUA,

Candra Dwiratna , ST. MT

NIP.Y. 1030000349

SEKRETARIS,

Evy Hendriarianto, ST. MT

NIP. Y. 1030333082

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I

Sudiro, ST. MT

NIP. Y. 1039900327

Penguji II

Anis Artiyani, ST. MT

NIP. P. 1030300384

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 usaha kantin 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 **“Efektifitas tanaman air Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam pengolahan limbah cair kantin dengan metode fitoremedias (Studi kasus limbah cair kampus 1 ITN Malang)”**. 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 DR. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan dan meluangkan waktunya untuk bertukar pendapat demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan mendoakan agar skripsiku ini mendapatkan kelancaran.

4. Teman-temanku Teknik Lingkungan khususnya angkatan '08 yang telah memberikan semangat sampai laporan skripsi ini selesai.
5. 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, September 2013

Penulis

Bhado, Fransiskus. X. Boro. 2013. Efektifitas Tanaman Air Ciperus Papyrus (Cyperus Papyrus) Dalam Pengolahan Limbah Cair Kantin Dengan Metode Fitoremediasi (Studi kasus : Limbah Cair Kantin ITN Malang Kampus I). Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Rumah makan merupakan salah satu industri rumah tangga yang menghasilkan limbah berupa sisa makanan (lemak) dan minuman, sebagian besar berupa sampah organik (dari dapur), minyak dan air sabun. Di kawasan ITN Malang kampus 1 juga memiliki fasilitas kantin yang memungkinkan adanya limbah cair yang dihasilkan. Parameter wajib yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran oleh air buangan limbah domestik adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan Minyak Lemak, suhu dan pH. Tujuan dari penelitian dengan variasi kepadatan tanaman yaitu 4, 6, dan 8 tanaman/ reaktor dan variasi pengambilan sampel jam ke- 24, jam ke- 48, jam ke- 72, jam ke-96 dan jam ke-120, dengan menggunakan metode fitoremediasi aliran kontinyu dengan tanaman air yaitu Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*), dengan 2 parameter uji yaitu BOD dan Minyak Lemak. Hasil penelitian dengan menggunakan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) mampu menurunkan konsentrasi BOD dan Minyak Lemak, hasil akhirnya memenuhi baku mutu yang ada. Keefektifitasan ini terjadi pada waktu pengambilan sampel jam ke-120 dan kepadatan tanaman 8 unit. Konsentrasi BOD dapat diturunkan hingga 78,51 % dari konsentrasi 456 mg/l menjadi 98 mg/l. Sedangkan konsentrasi Minyak Lemak dapat diturunkan hingga 67,05 % dari konsentrasi 26,71 mg/l menjadi 8,8 mg/l.

Kata kunci: Aliran BOD, *Cyperus papyrus*, Kontinyu, Limbah Cair Kantin, Minyak Lemak

Bhado, Fransiskus. X. Boro. 2013. Effectiveness of Water Plants Ciperus Papyrus (Cyperus Papyrus) in Diner With Liquid Waste Treatment Methods Fitoremidiasi (Case study: Liquid Waste Diner ITN Malang Campus I). Thesis Environmental Engineering Department National Institute of Technology Malang.

ABSTRACK

The restaurant is one of the domestic industry that produces waste in the form of food waste (fat) and drink, most of the organic waste (from the kitchen), oil and soapy water. In the area of Malang campus ITN 1 also has a canteen facility which allows the wastewater produced. The mandatory parameter that can indicate pollution by domestic sewage effluent is Biological Oxygen Demand (BOD) Fats and Oils, temperature and pH. The purpose of the research with plant density variations are 4, 6, and 8 plants / reactors and sampling variation at the 24-hour 48, hour 72, hour and hour-96-120, by using the method of phytoremediation continuous flow of water plants that Ciperus papyrus (Cyperus papyrus), with 2 test parameters ie BOD fats and Oils. The results using Ciperus papyrus plant (Cyperus papyrus) can reduce BOD concentration Fats and Oils, the end result meets the quality standards exist. Effectiveness of this happened at the time of sampling at the plant densities of 120 and 8 units. BOD concentrations can be lowered by up to 78.51% of the concentration of 456 mg / l to 98 mg / l. While the concentration of oils fats can be reduced up to 67.05% of the concentration of 26.71 mg / l to 8.8 mg / l.

Keywords: BOD, Cyperus papyrus, Continuous Flow, Liquid Waste Diner, Fatty Oils

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Abstrak	iii
Abstrack	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
BAB I I TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah Kantin	5
2.2 Sumber Air Limbah.....	6
2.2.1 Limbah Rumah Tangga (Domestic Wastewater)	7
2.2.2 Limbah Industri	8
2.3 Fitoremediasi.....	8
2.4 Tumbuhan Air	14
2.5 Jenis-jenis Tumbuhan Uji.....	15
2.5.1 <i>Cyperus Papyrus</i>	15
2.5.2 Media Tumbuh (Substrat)	16
2.5.3 Mikroorganisme	17
2.5.4 Temperatur	17
2.6. Kebutuhan Unsur Hara.....	17
2.6.1 Unsur Hara Yang Dibutuhkan.....	17
2.6.2 Fotosintesis.....	18
2.7. Mekanisme Penyerapan Unsur Hara Oleh Tumbuhan Air.....	20
2.8. Parameter Yang Diuji.....	21
2.8.1 Biological Oksigen Demand (BOD)	21

2.8.2 Minyak Lemak	22
2.9. Aklimatisasi.....	22
2.10. Metode Pengolahan Data	22
2.10.1 Statistik Deskriptif dan Inferensi.....	23
2.10.2 Analisis Korelasi	23
2.10.3 Analisis Regresi.....	24
2.10.4 Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial	25
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	27
3.2.1 Bahan.....	27
3.2.2 Alat Penelitian.....	28
3.3 Variabel Penelitian	29
3.3.1 Variabel Respon	30
3.3.2 Variabel Tetap	30
3.3.3 Variabel Prediktor	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	31
3.4.1 Pengambilan Sampel	31
3.4.2 Analisis Pendahuluan	31
3.4.3 Aklimatisasi.....	32
3.5 Tahapan Penelitian	33
3.6 Metode Analisis.....	34
3.6.1 Analisis BOD	34
3.6.2 Analisis Minyak Lemak	35
3.7 Analisa Data dan Pembahasan	35
3.8 Kerangka Penelitian	36

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Kantin.....	37
4.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Kantin Setelah Proses Fitoremediasi	38
4.3 Analisis Deskriptif.....	40
4.3.1 BOD	40

4.3.2 Minyak Lemak	42
4.4 Analisa Korelasi Biological Oxigen Demand	45
4.5 Analisa Korelasi Minyak dan Lemak	46
4.6 Analisa Regresi Biological Oxigen Demand	47
4.7 Analisa Regresi Minyak dan Lemak	50
4.8 Analisa ANOVA Biological Oxigen Demand	53
4.9 Analisa ANOVA Minyak dan Lemak	55
4.10 Pembahasan	57
4.10.1 Pengaruh Variasi Kepadatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan Minyak dan Lemak.....	57
4.10.2 Pengaruh Variasi Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan Minyak dan Lemak	60
4.10.3 Kondisi Morfologi Tanaman	63
4.10.4 Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremedasi Berdasarkan Standart Baku Mutu	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	6
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Kantin.....	37
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol dan Reaktor Uji.....	39
Tabel 4.3 Prosentase Penyisihan BOD (%).....	41
Tabel 4.4 Prosentase Penyisihan Minyak Lemak (%).....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Fitoekstraksi.....	9
Gambar 2.2 Proses <i>Rhizofiltration</i>	10
Gambar 2.3 Proses Phytostabilization.....	10
Gambar 2.4 Proses Rhyzodegradation	11
Gambar 2.5 Proses Phytodegradation	12
Gambar 2.6 Proses Phytovolatilization	12
Gambar 2.7 <i>Cyperus papyrus</i>	16
Gambar 3.1 Bak Kontrol	29
Gambar 3.2 Reaktor uji	29
Gambar 3.3 Kerangka Penelitian.....	36
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses.....	40
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses.....	42
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses	43
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses.....	45
Gambar 4.5 Hubungan Korelasi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan BOD	45
Gambar 4.6 Hubungan Korelasi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan Minyak Dan Lemak.....	46
Gambar 4.7 Hubungan Regresi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan BOD	48
Gambar 4.8 Hubungan Regresi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan Minyak Dan Lemak.....	51
Gambar 4.9 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD Terhadap Variasi Waktu Pengambilan Sampel Dan Kepadatan Tanaman.....	54

Gambar 4.10 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak Terhadap Variasi Waktu Pengambilan Sampel Dan Kepadatan Tanaman 56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan suatu proses atau keadaan di mana komposisi dan keadaan lingkungan secara langsung atau tidak langsung mengalami perubahan akibat suatu aktivitas manusia, sehingga fungsi dari lingkungan tersebut menjadi berubah pula. Terjadinya pencemaran selalu diikuti dengan perubahan sifat kimia, fisika dan biologinya. Secara visual, terjadinya pencemaran dapat dilihat dengan adanya perubahan warna, bau atau kekeruhan yang akhirnya menyebabkan fungsi dari lingkungan tersebut menjadi berubah pula.

Salah satu industri rumah tangga yaitu industri rumah makan menghasilkan limbah berupa sisa makanan (lemak) dan minuman, sampah organik (dari dapur), minyak dan air sabun. Contoh kecil dari bentuk industri rumah makan adalah kantin yang biasa tersebar di banyak wilayah, terutama di sekolah maupun perguruan tinggi. Limbah kantin tersebut menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya, tapi sayangnya pihak yang memiliki wewenang belum sepenuhnya memperhatikan kondisi lingkungan yang diakibatkan oleh limbah kantin.

Di kawasan ITN Malang kampus 1 juga memiliki fasilitas kantin yang memungkinkan adanya limbah cair yang dihasilkan. Namun tidak adanya sarana IPAL mengakibatkan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari langsung dibuang ke saluran pembuangan. Selain keterbatasan biaya, adanya keterbatasan tenaga khusus, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL domestik menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya. Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya. Berdasarkan karakteristik awal limbah cair kantin sebelum adanya pengolahan untuk kandungan BOD adalah sebesar 456

mg/l dan untuk kandungan minyak lemak adalah sebesar 26,71 mg/l, berdasarkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 dan Permenkes No 416/Menkes/PER/IX/1990 untuk konsentrasi BOD sebesar 100 mg/l dan Minyak Lemak sebesar 10 mg/l menunjukkan bahwa limbah cair kantin tidak memenuhi standart baku mutu yang ada, maka akan dilakukan penelitian dengan menggunakan tanaman Ciperus papyrus dengan metode fitoremediasi untuk menurunkan BOD dan Minyak Lemak. Salah satu metode yang tepat dalam fitoremediasi adalah dengan *Rhizofiltration* yaitu proses adsorpsi oleh akar tanaman dimana akar tanaman tersebut dapat berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap polutan atau bahan pencemar yang terdapat pada limbah (<http://issdp.ampl.or.id>).

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 mikroorganismenya 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 (Mangkoedihardjo & Samudro, 2001).

Kajian penanganan limbah dengan menggunakan tanaman air sudah banyak dilakukan diantaranya dengan menggunakan tanaman enceng gondok, kayu apu, paku air, kiambang, dackweed dan lain-lain. Namun, pada penelitian ini akan digunakan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan Minyak Lemak pada limbah cair kantin. Berdasarkan penelitian Widia Nur Ulfah (2009) analisa awal kandungan BOD pada limbah cair kantin sebesar 921,66 – 1.073,39 mg/l dan konsentrasi minyak lemak berdasarkan penelitian Camelia Yohanna (2007) sebesar 637,37 mg/l. Tingginya nilai BOD dan minyak lemak disebabkan karena kurangnya kandungan oksigen pada limbah karena adanya bahan organik yang terdapat pada limbah.



Tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) mampu menghasilkan oksigen melalui proses fotosintesis yang dilepaskan kembali pada daerah sekitar tanaman sehingga meningkatkan kadar oksigen pada air limbah. Adanya kadar oksigen dalam air limbah dapat mengurangi atau menurunkan kadar BOD. Hal ini memungkinkan karena tumbuhan air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran dan juga penggunaan dalam sekarang ini terbatas dalam hal sebagai tanaman penghias diperumahan ataupun ditaman, yang sebenarnya apabila diperdayakan lebih lanjut maka tanaman ini akan berfungsi sebagai pengolah limbah alami yang akan memperbaiki kualitas air, terutama kondisi perairan yang tercemar. Selain itu juga menggunakan media tanam yaitu pasir yang berfungsi juga sebagai media filtrasi sehingga menyaring polutan yang terdapat pada limbah (<http://eprints.undip.ac.id>).

Pemanfaatan tanaman air Ciperus papyrus telah dilakukan pada penelitian Zustainyngtyas Dian (2009) diketahui bahwa tanaman *Cyperus papyrus* mampu menurunkan COD dan TSS Limbah Rumah Susun dengan Sistem Rawa Buatan masing-masing sebesar COD 89,84% dan TSS 97,94%.

Didasarkan pada hasil penelitian terdahulu maka peneliti akan melakukan penelitian menggunakan variasi kepadatan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam reaktor, dengan pasir sebagai substrat (media tanam) dan variasi pengambilan sampel.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian fitoremediasi menggunakan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dengan variabel prediktornya adalah kepadatan tanaman dan variasi pengambilan sampel. Kepadatan tanaman berpengaruh dalam penurunan bahan pencemar dimana semakin padat tanaman, maka semakin tinggi pula bahan pencemar yang terserap. Hal ini karena tanaman memiliki daya untuk menyerap polutan dengan kapasitas yang berbeda-beda.

Berdasarkan hal tersebut maka dapat di rumuskan suatu masalah yaitu :

Seberapa besar pengaruh variasi pengambilan sampel, variasi kepadatan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan Minyak Lemak pada limbah kantin ITN Malang Kampus 1.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh variasi pengambilan sampel, variasi kepadatan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan Minyak Lemak pada limbah kantin ITN Malang Kampus 1.

1.4 Ruang Lingkup

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah kantin ITN Malang kampus 1
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
3. Menggunakan reaktor dengan aliran kontinyu sumber cahaya alami (matahari).
4. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*).
5. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi BOD dan Minyak Lemak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Kantin

Secara umum air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah ini biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Berdasarkan asalnya, air limbah dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : air limbah domestik, air limbah industri dan air hujan (*Metcalf & Eddy, 2003*).

Limbah cair dari kantin dan fasilitas komersial pelayanan makanan berbeda secara signifikan dari limbah cair rumah tangga. Disamping gelombang volume tinggi pada waktu sibuk dan biasanya temperatur tinggi, limbah cair kantin lebih tinggi jumlahnya dibandingkan limbah cair rumah tangga. Kadar minyak dan lemak tinggi pada makanan menyebabkan kandungan BOD tinggi. Limbah cair yang kantin yang dihasilkan berasal dari aktivitas mahasiswa.

Air limbah tersebut sebagian besar mengandung bahan organik yang terdiri dari protein, karbohidrat, dan lemak. Limbah tersebut yang dikelola dengan baik akan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kehidupan. Beberapa gangguan yang timbul sebagai efek dari air limbah adalah sebagai berikut :

1. Gangguan terhadap kesehatan
2. Gangguan terhadap kehidupan biotik
3. Gangguan terhadap estetika

**Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik
Menurut Kepmen LH No. KEP-112/MENLH/10/2003**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
pH	-	6-9
BOD	Mg/l	100
TSS	Mg/l	100
Minyak Lemak	Mg/l	10

Salah satu industri rumah tangga yaitu industri rumah makan menghasilkan limbah berupa sisa makanan (lemak) dan minuman, sampah organik (dari dapur), minyak dan air sabun. Contoh kecil dari bentuk industri rumah makan adalah kantin yang biasa tersebar di banyak wilayah, terutama di sekolah maupun perguruan tinggi. Limbah kantin tersebut menimbulkan bau yang tidak enak dan mengganggu lingkungan sekitarnya, tapi sayangnya pihak yang memiliki wewenang belum sepenuhnya memperhatikan kondisi lingkungan yang diakibatkan oleh limbah kantin.

Di kawasan ITN Malang kampus 1 juga memiliki fasilitas kantin yang memungkinkan adanya limbah cair yang dihasilkan. Namun tidak adanya sarana IPAL mengakibatkan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari langsung dibuang ke saluran pembuangan. Selain keterbatasan biaya, adanya keterbatasan tenaga khusus, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL domestik menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya. Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya.



2.2. Sumber Air Limbah

Sugiharto (2008) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua yaitu air limbah rumah tangga (*domestic wastewater*) dan air limbah industri adalah sebagai berikut:

2.2.1. Limbah Rumah Tangga (Domestic Wastewater)

a. Sumber Air Limbah Rumah Tangga (*Domestic Wastewater*)

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, nonorganik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi.

b. Karakteristik Air Buangan Domestik

Air buangan perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan dan 0,1% padatan. Zat-zat terdapat didalam air buangan diantaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberi corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis.

a) Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimiawi yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi : senyawa organik, senyawa anorganik dan gas.

b) Karakteristik Biologis

Karakteristik biologis yang menjadi parameter didalamnya adalah kandungan mikroba, tumbuhan dan hewan.

c) Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik yang menjadi parameter didalam pengolahan meliputi temperatur, total solid, warna, bau, dan kekeruhan. Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan-bahan organik. Penguraian bahan-bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga diakibatkan lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan pencemar. Komponen penyusun bahan-bahan organik seperti protein, lemak, minyak dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk.

2.2.2. Limbah Industri

Limbah berdasarkan nilai ekonominya di rinci menjadi limbah yang mempunyai nilai ekonomis dan limbah non ekonomis. Limbah yang mempunyai nilai ekonomis yaitu limbah dengan proses lanjut akan memberikan nilai tambah. Misalnya: tetes merupakan limbah pabrik gula. Tetes menjadi bahan baku untuk pabrik alkohol. Ampas tebu dapat dijadikan bahan baku untuk pabrik kertas, sebab ampas tebu melalui proses sulfinasi dapat menghasilkan bubur pulp. Berdasarkan karakteristiknya limbah industri dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

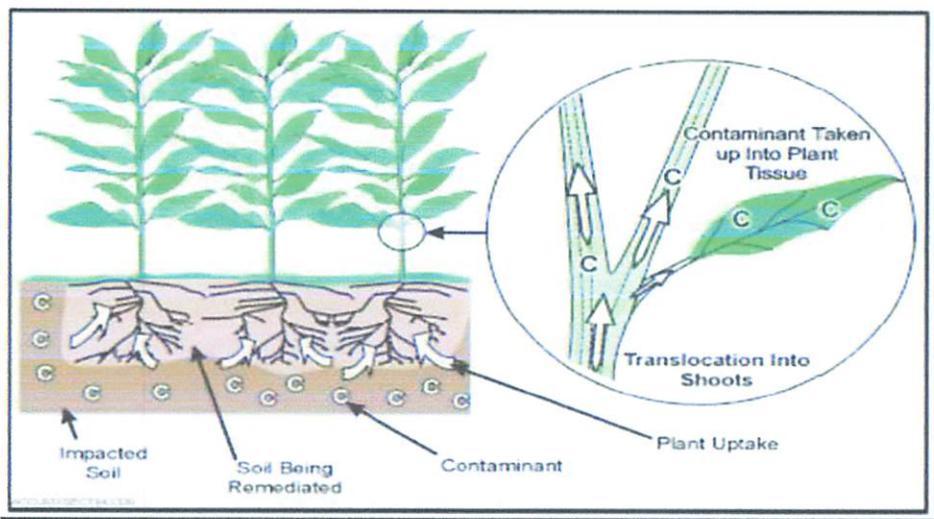
1. Limbah cair biasanya dikenal sebagai entitas pencemar air. Komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik
2. Limbah padat
3. Limbah gas dan partikel

2.3. Fitoremediasi

Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah *fitoremediasi* yang 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 pengolahan limbah 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.

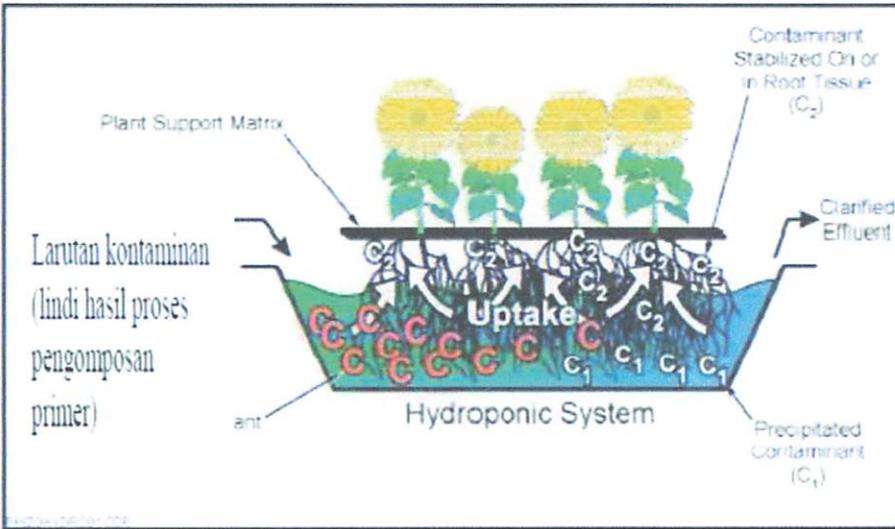
Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metoda ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya secara finansial relatif murah bila dibandingkan dengan metoda konvensional biaya dapat dihemat sebesar 75-85%. Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur 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. Gambar dari proses fitoekstraksi seperti pada Gambar 2.1.



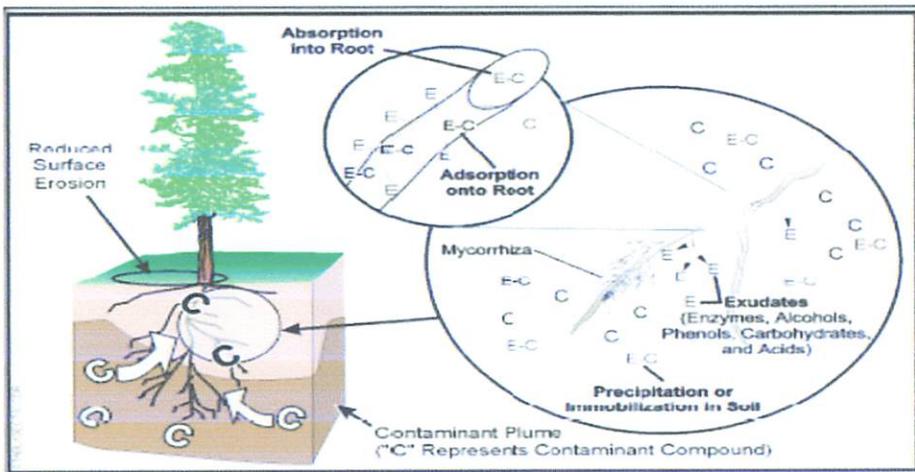
Gambar 2.1 Proses Fitoekstraksi
(Mangkoedihardjo, 2005)

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. Gambar proses rhizofiltration seperti pada Gambar 2.2.



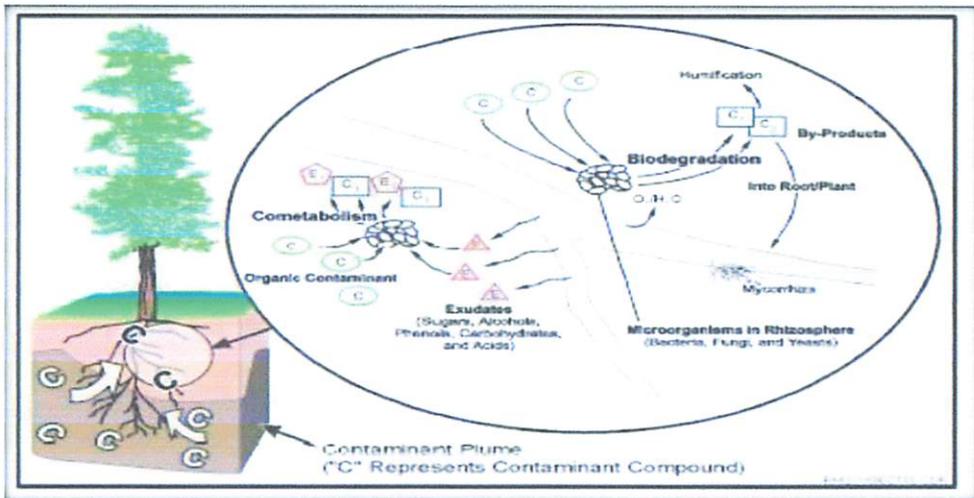
Gambar 2.2 Proses Rhizofiltration
(Mangkoedihardjo, 2005)

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. Gambar proses fitostabilisasi seperti pada Gambar 2.3.



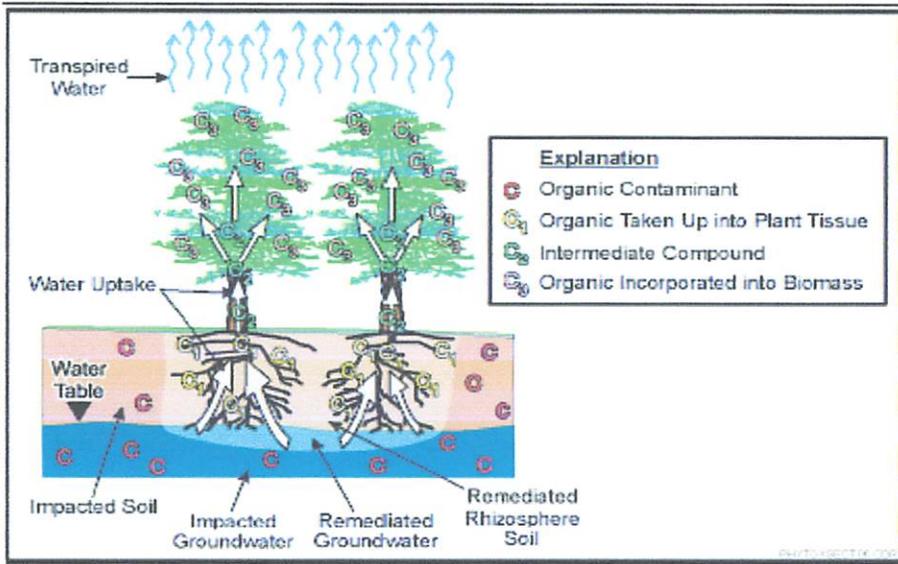
Gambar 2.3 Proses Phytostabilization
(Mangkoedihardjo, 2005)

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. Gambar proses rizodegradasi seperti Gambar 2.4.



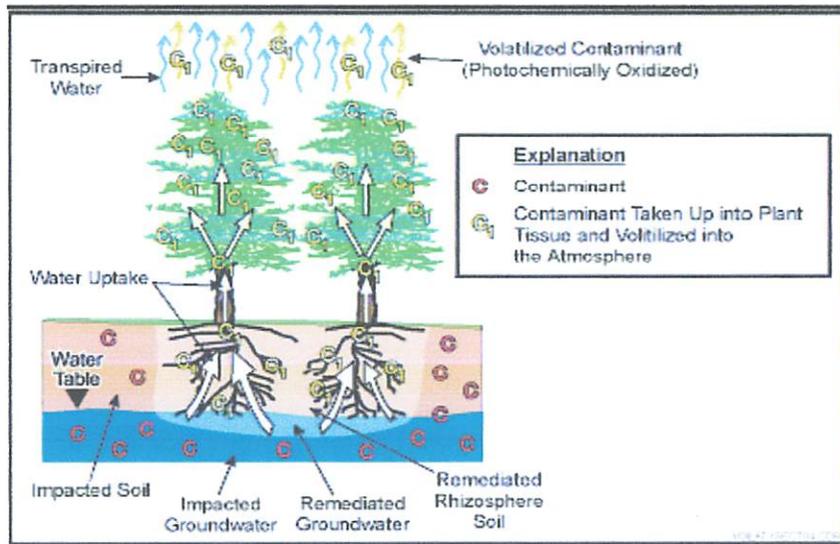
Gambar 2.4 Proses Rhizodegradasi
(Mangkoedihardjo, 2005)

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. Gambar proses fitodegradasi seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 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. Gambar proses fitovolatilisasi seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 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. Menurut Youngman (1999), tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang mempunyai sifat:

- 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. Tumbuhan Air

Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup dalam habitat air atau pada tempat yang basah. Dengan daerah sebaran yang 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 nutrien akumulasi di dalam sedimen. Kaitannya dengan fungsi *fitoremediasi* sebagai sistem pengolahan limbah cair, tumbuhan air berperan penting dalam menyediakan tempat untuk menempelnya mikroba pengurai.

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

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*.

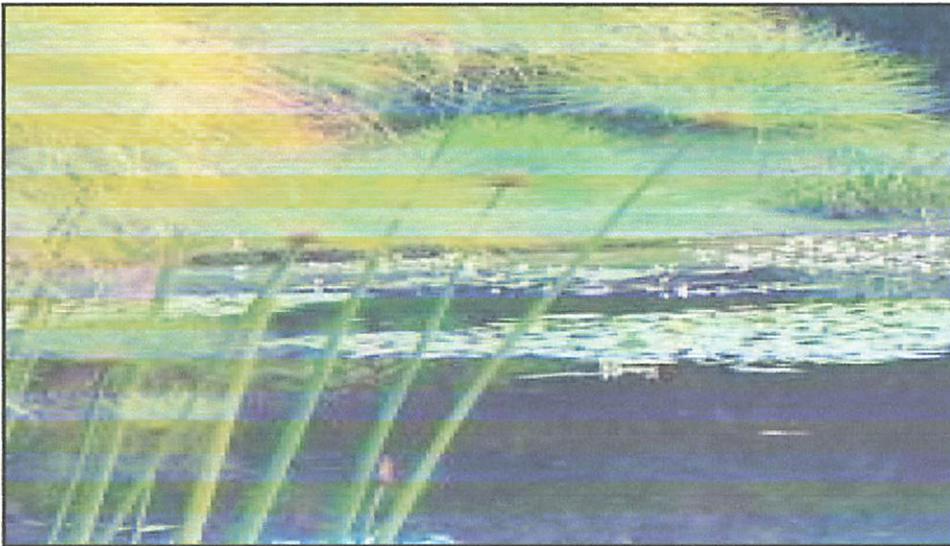
2.5. Jenis-jenis Tumbuhan Uji

2.5.1 *Cyperus Papyrus*

Cyperus Papyrus berasal dari daerah Mesir (dimulai pada abad 2400 SM). Tanaman ini digunakan untuk makanan, obat-obatan dan serat (NAS, 1976 dalam Kurniawan, 2005). Tanaman ini dapat mencapai ketinggian 4m dan dapat

diperkirakan tumbuh pada iklim subtropik sampai tropik dengan suhu 20-30⁰C dengan pH 6-8,5.

Batang tanaman *Cyperus Papyrus* terdiri atas serat panjang yang membentuk batang, dimana apabila dalam keadaan terbuka akan mempunyai bentuk seperti payung atau *canopy* dan bila dalam keadaan tertutup berbentuk piala panjang.



Gambar 2.7 *Cyperus papyrus*

(Clare Archer, 2004)

Bentuk tanaman *Cyperus Papyrus* menyerupai lingkaran atau bentuk atas yang rata (*umbels*) dengan beberapa jumlah. Batangnya berisi inti berwarna putih dan tanaman ini berupa monokotil dengan tidak memiliki inti bagian dalam, namun memiliki lapisan luar dengan ikatan vaskular yang ada disekitarnya.

2.5.2 Media Tumbuh (Substrat)

Media pada fitoremediasi berfungsi sebagai tempat tumbuh tanaman dan sebagai tempat hidup mikroorganisme pengurai, serta sebagai tempat berlangsungnya proses sedimentasi dan filtrasi bahan polutan (Prasetyaningtyas, 2003).

Media tumbuh dalam sistem SSF menurut Metcalf and Edy (1991), dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- *Medium sand*, media dengan struktur halus karena komposisi butiran lebih sedikit dari pasir, berdiameter antara 0,04-0,11 mm dan lolos ayakan 2-20.
- *Coarse sand*, media dengan struktur komposisi tanah berupa butiran besar dengan kandungan kerikil kurang dari 15% dan pasir lebih dari 85%. Struktur media ini antara *medium sand* dan *gravel* dan lolos ayakan 2-20.
- *Gravelly sand*, media ini merupakan kombinasi antara pasir-kerikil dengan prosentase pasir 85% dan kerikil 15%. Tanah mengandung lebih dari 70% pasir, porositas kurang dari 40%.

2.5.3 Mikroorganisme

Jenis mikroorganisme yang diharapkan berkembang adalah *heterotropik aerobic*. Dikarenakan penguraian bahan organik dalam tanah rawa buatan berlangsung secara aerobik dan (Metcalf and Edy, 1991) anaerobik Vyzamal (1999) dalam Dhokhikah (2006). Aktifitas mikroorganisme dalam *wetland* dapat disamakan dengan aktifitas mikroorganisme dalam pengolahan konvensional (lumpur aktif) dan *Trickling filter*. Tumbuhan menyediakan media penyangga bagi bakteri pengurai zat organik yang tumbuh melekat. Tumbuhan juga berfungsi menyediakan komponen Lingkungan perairan yang dapat meningkatkan efisiensi pengolahan Yohanna (2007).

2.5.4 Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang turut menentukan kualitas effluent pada sistem ini. Temperatur berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dalam mengolah air limbah. Menurut Wood (1990) dalam Kurniawan (2005) temperatur yang sesuai untuk *constructed wetland* adalah 20⁰C-30⁰C.

2.6. Kebutuhan Unsur Hara

2.6.1. Unsur Hara Yang Dibutuhkan

Tanaman membutuhkan unsur-unsur hara dalam pertumbuhannya. Apabila salah satu dari unsur hara tersebut tidak dipenuhi, maka hal ini akan

memperngaruhi 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 memepertahankan suhu tanaman sehingga sesuai dengan suhu lingkungannya (Suwariyanti, 2002 dalam Sanaky, 2008)

2.6.2. 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 manusia 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)

2.7. 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 (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
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)

2.8. Parameter Yang Diuji

2.8.1. Biological Oksigen Demand (BOD)

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 terhaik 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*).

2.8.2. Minyak Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986 dalam Zamrul, 2011). Emulsi air dalam minyak terbentuk jika droplet-droplet air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme.

Suatu perairan yang terdapat minyak lemak didalamnya maka minyak lemak tersebut akan selalu berada di atas permukaan air hal ini dikarenakan minyak lemak tidak larut dalam air dan berat jenis minyak lemak lebih kecil dari pada berat jenis air. (Sugiharto, 1987).

2.9. 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).

2.10. 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).

2.10.1 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).

2.10.2 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 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



2.10.3 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 prediktor 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 di pengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respons sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respons dan sering disebut variabel independent karena penelitian bebas mengendalikannya (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

2.10.4 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 vektor. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antar faktor mempengaruhi respon dan apabila menghilangkan interaksi antar faktor mungkin mempengaruhi kesimpulan, kemudian kita mengetahui bahwa desain faktorial lebih efisien dibandingkan desain n faktor karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antar level 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

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

a. Limbah cair kantin ITN Malang

Limbah cair yang di gunakan pada penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari limbah kantin ITN Malang. Limbah ini berasal dari hasil cucian, sisa makanan. Lokasi pengambilan sampel adalah di titik outlet limbah dari wastafel menuju aluran drainase dan waktu pengambilan sampelnya pada saat aktivitas kantin berlangsung dari jam 07.30- 14.00 (Alaerts, G, 1984).

b. Aquadest

c. Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*)

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis tanaman Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*). Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) yang digunakan rata- rata memiliki ketinggian 0,3- 1 m pada awal penanaman. Dalam 1 unit tanaman terdiri dari 10- 14 batang. Tumbuhan ini diambil dari toko bunga dengan kriteria yang sama, karena tidak mengetahui umur tumbuhan secara pasti (Dian Zustianingtyas.2005).

d. Media Tanam

Media tanam yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang berasal dari tempat produsen (toko bangunan). Sebelum digunakan, pasir akan dicuci untuk menghilangkan kadar TSS dan bahan organik yang mungkin terdapat dalam media. Pasir kemudian diayak guna

mendapatkan ukuran yang seragam. Ayakan yang digunakan adalah ayakan pasir no 10 dengan diameter 2 mm untuk menyaring media tanam pasir. Dalam penelitian ini untuk ketinggian media tanam 20 cm dari permukaan reaktor.

e. Bahan-bahan pereaksi yang digunakan dalam penelitian;

- Pada analisa BOD

- MnSO_4
- NaOH
- NaN_3
- KI
- Amylum
- H_2SO_4
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

- Pada analisa Minyak dan Lemak

- Larutan Petroleum ether
- HCl

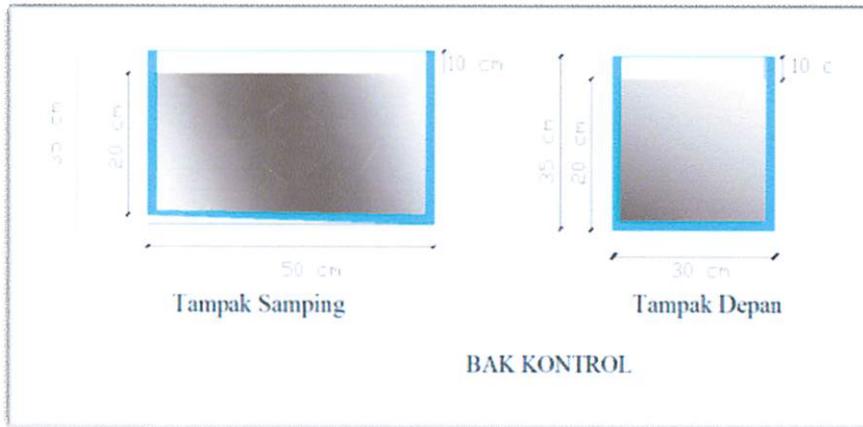
3.2.2 Alat Penelitian

▪ Bak penampung

Bak penampung berfungsi untuk menampung dan berfungsi menyetarakan debit sesuai yang direncanakan.

▪ Reaktor Kontrol

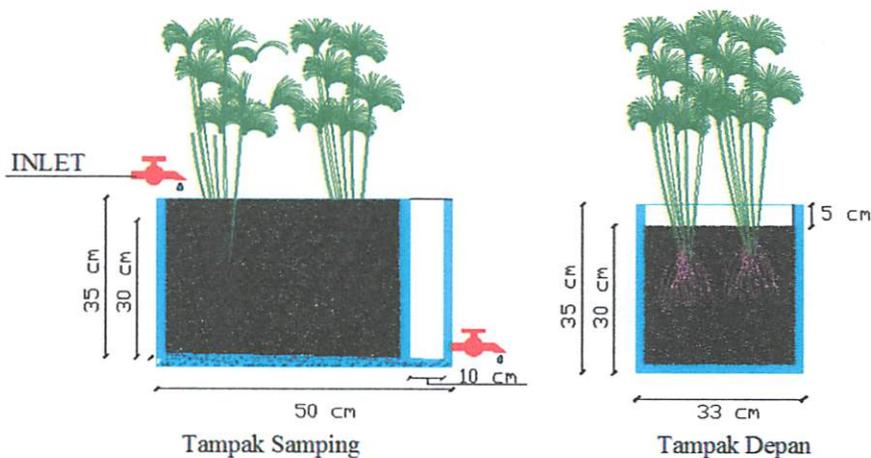
Dibutuhkan 1 buah reactor control berisi air limbah kantin tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 50, lebar 30 cm dan tinggi 35 cm dengan volume air sebesar 52,5 L (pada perhitungan). Gambar reactor control dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini



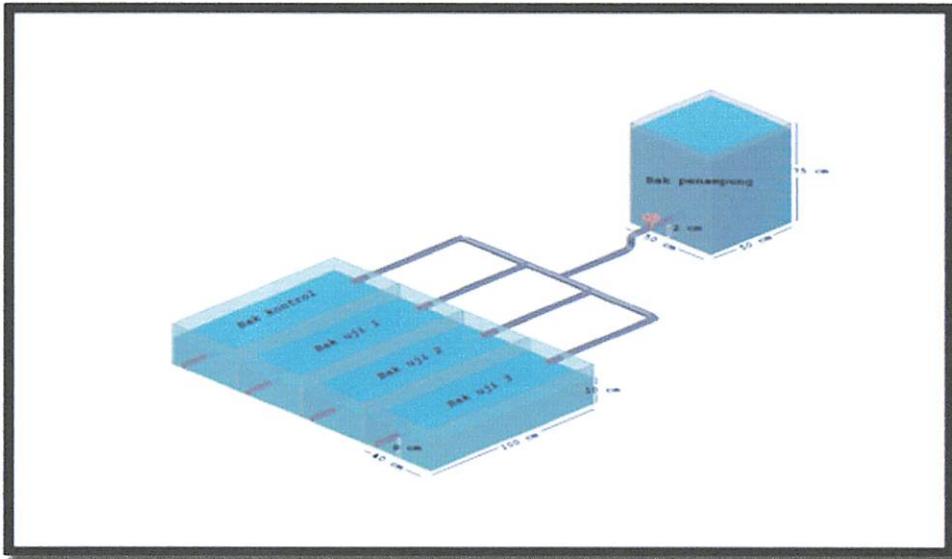
Gambar 3.1 Bak Kontrol

▪ Reaktor Uji

Pada reaktor uji mempunyai ukuran yang sama pula dengan reaktor kontrol. Masing-masing reaktor ditanami Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) sesuai kepadatan yang telah ditentukan untuk menurunkan kandungan BOD dan Minyak Lemak. Gambar reaktor uji yang memanfaatkan tanaman Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) dapat dilihat pada Gambar 3.2,



Gambar 3.2 Reaktor uji



Gambar 3.3 Skema reaktor kontinyu

3.3 Variabel Penelitian.

Variabel penelitian yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari 3 (tiga) variabel, yaitu :

3.3.1 Variabel respon

Variabel respon adalah Variabel yang dipengaruhi suatu variable prediktor (NurIriawan).

Variabel respon dalam penelitian ini terdiri dari :

- Konsentrasi BOD (mg/l)
- Konsentrasi Minyak Lemak (mg/l)

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

3.3.2 Variabel tetap

Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah debit aliran (Q) yaitu sebesar $1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$ (berdasarkan perhitungan).

3.3.3 Variabel prediktor

Variabel predictor adalah Variabel yang digunakan untuk memprediksi nilai variable respon (NurIriawan).

Variabel predictor dalam penelitian ini terdiri dari :

- Variasi kepadatan tanaman 4, 6, dan 8 unit tanaman/ reaktor.
- Variasi waktu pengambilan sampel.
 - a. Pengambilan pertama
Pengambilan sampel saat effluen keluar pertama dengan debit aliran (Q) yaitu sebesar $1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$ (berdasarkan perhitungan).
 - b. Pengambilan kedua
Pengambilan sampel setelah jam ke-24 dari pengambilan pertama
 - c. Pengambilan ketiga
Pengambilan sampel setelah jam ke-48 dari pengambilan pertama
 - d. Pengambilan keempat
Pengambilan sampel setelah jam ke-72 dari pengambilan pertama
 - e. Pengambilan kelima
Pengambilan sampel setelah jam ke-96 dari pengambilan pertama
 - f. Pengambilan keenam
Pengambilan sampel setelah jam ke-120 dari pengambilan pertama

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari dapur (*grey water*) yaitu berasal dari proses pencucian dan sisa makanan kantin Kampus 1 ITN Malang. Pengambilan sampel dilakukan pada 07.30- 14.00, karena pada waktu tersebut banyak aktivitas kantin berlangsung, sehingga air limbah yang dibuang banyak.



Berikut adalah penjelasan proses persiapan dan pengambilan sampel:

1. **Persiapan pengambilan sampel**

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel adalah tempat/jurigen untuk mengambil sampel. Tempat/jurigen yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur harus dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Tempat /jurigen pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquades.

2. **Pengambilan sampel**

Sampel air buangan diambil dari saluran akhir pembuangan yaitu pada outlet pembuangan limbah cair kantin.

3. **Analisa sampel**

Parameter yang akan diturunkan dan dianalisa adalah BOD dan minyak lemak.

3.4.2 Analisis Pendahuluan.

Analisis pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan kondisi awal mengenai sampel sebelum dilaksanakan penelitian. Parameter yang dianalisis adalah BOD dan Minyak lemak.

3.4.3 Aklimatisasi

Sebelum diperlakukan, tumbuhan diaklimatisasi, tujuan aklimatisasi adalah agar tanaman dapat beradaptasi dengan media tumbuhnya yang baru. Aklimatisasi tanaman dilakukan langsung menggunakan media tanaman yang akan digunakan untuk penelitian, dengan tujuan agar media tanam pada reactor dalam kondisi siap saat digunakan. Proses aklimatisasi tanaman sebagai berikut (Yohanna, 2007):

1. Menyiapkan tanaman papyrus (*Cyperus papyrus*) yang akan digunakan dalam penelitian dan kemudian menanam tanaman Papyrus pada media pasir yang ada dalam wadah.

2. Aklimatisasi diawali dengan penyiraman tanaman dengan menggunakan aquades selama 1 minggu pada masing-masing reaktor sebanyak 1 liter/hari.
3. Pada minggu berikutnya air aquades yang digunakan untuk menyiram tanaman berangsur-angsur diganti dengan air limbah. Penggantian air aquades dengan air limbah yaitu dengan cara menambah volume air limbah dan mengurangi volume air aquades sampai air limbah mencapai 100% dengan keterangan sebagai berikut :
 - Pada hari ke 1 dan 2, air aquades yang digunakan sebanyak 75% (0,75 liter) dan air limbah sebanyak 25% (0,25 liter).
 - Pada hari ke 3 dan 4, air aquades yang digunakan sebanyak 50% (0,5 liter) dan air limbah sebanyak 50% (0,5 liter).
 - Pada hari ke 5 dan 6, air aquades yang digunakan sebanyak 25% (0,25 liter) dan air limbah sebanyak 75% (0,75 liter).
 - Pada hari ke 7, air aquades yang digunakan sebanyak 0% (0 liter) dan air limbah sebanyak 100% (1 liter). Waktu tinggal sebelum dilanjutkan ke proses penelitian adalah 3 hari (berdasarkan pertitungan).

3.5 Tahapan Penelitian

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

- a. Proses fitoremediasi didahului dengan penampungan air limbah sesuai dengan debit yang diinginkan.
- b. Pada bak penampung dimasukan air limbah, volume disesuaikan kebutuhan masing- masing reaktor, debit dan waktu yang ditentukan (pada perhitungan).
- c. Air limbah di alirkan dari bak penampung kedalam 3 bak dalam reaktor. Proses penampungan limbahnya adalah dengan memasukan air limbah sesuai debit yang telah diperhitungkan yakni masing- masing bak terisi air limbah sebanyak

- 52,5 liter. Penampungan limbah awal dengan menggunakan aliran *batch* sampai masing- masing bak reaktor terisi limbah sesuai dengan debit yang diinginkan lalu dilanjutkan dengan menggunakan aliran kontinyu.
- d. Tiap bak dalam reaktor selain bak kontrol ditambahkan tanaman uji sesuai dengan kepadatan yang sudah ditentukan. Peletakan tanaman ini disesuaikan dengan ukuran reactor dan kepadatan tanaman uji.
- Bak 1 : air limbah kantin 52,5 liter (sebagai kontrol)
- Bak 2 : air limbah kantin 52,5 liter + tanaman Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) dengan kepadatan tanaman 4 unit.
- Bak 3 : air limbah kantin 52,5 liter + Ciperus Papyrus(*Cyperus papyrus*) dengan kepadatan tanaman 6 unit.
- Bak 4 : air limbah kantin 52,5 liter + Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) dengan kepadatan tanaman 8 unit. (pada perhitungan)
- e. Air limbah kantin dari bak penampung dialirkan kedalam kolom bak secara gravitasi dengan kecepatan konstan.
- f. Air limbah kantin dibiarkan mengalir terus- menerus dengan arah aliran dari atas kebawah.
- g. Dilakukan sampling dan pengujian parameter BOD₅ dan Minyak Lemak, diambil pada 2 titik sampel yaitu pada bak penampung dengan pengambilan sample pada hari ke-1 dan pada effluent bak control dan bak uji diambil setelah proses pengaliran.
- h. Analisa sampel dilakukan setelah outlet keluar. Parameter yang dianalisa adalah BOD₅, Minyak Lemak, Suhu dan pH yang dianalisis di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
- i. Dilakukan pengamatan fisik tanaman setiap 2 hari sekali sampai 5 hari pengambilan sampel.

3.6 Metode Analisis

3.6.1 Analisis BOD

Dalam penganalisa BOD₅ digunakan metode titrimetri di dahului dengan penentuan oksigen yang terlarut yang prinsipnya adalah oksigen terlarut akan

bereaksi dengan mangan (II) dalam suasana basa menjadi hidroksida mangan dengan valensi yang lebih tinggi (mangan (IV)). Adanya iodide (I-) dalam suasana asam menyebabkan mangan (IV) berubah kembalimenjadimangan (II) dengan menghasilkan iodine (I₂) yang setara dengan jumlah oksigen terlarut. (SNI-06-2503-1991).

3.6.2 Analisis Minyak Lemak

Metode yang digunakan dalam menganalisis minyak dan lemak adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetric adalah bila minyak lemak dan sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$. Maka berat residu sesudah pengeringana dalah minyak lemak (Alberts dan Santika, 1987).

3.7 Analisa Data dan Pembahasan

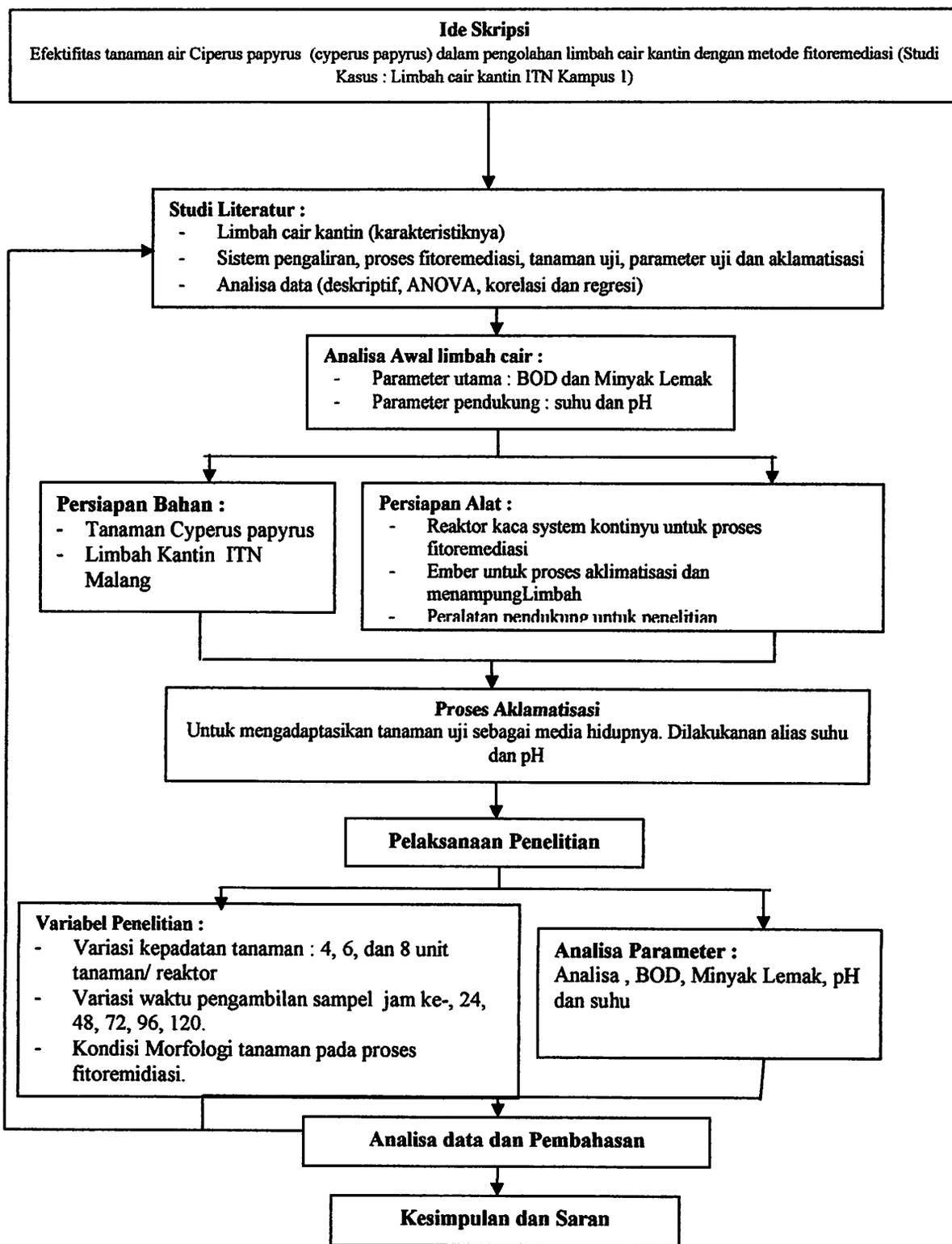
Hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

1. Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik table dan grafik.
2. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variable kepadatan tanaman, waktu pengambilan sampel terhadap variable penurunan konsentrasi BOD₅ dan Minyak Lemak pada aliran kontinyu.
3. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kepadatan Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) dan waktu pengambilan sampel dapat memprediksi penurunan BOD₅ dan Minyak Lemak pada aliran kontinyu.
4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara variable kepadatan tanaman, waktu pengambilan sampel terhadap variabel penurunan konsentrasi BOD₅ dan Minyak Lemak pada aliran kontinyu.

3.8 Kerangka Penelitian

Kerangka acuan penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian. Dari latar belakang yang mendasari pemikiran untuk melakukan penelitian tentang pemakaian tanaman Ciperus Papyrus (*Cyperus papyrus*) sebagai media fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD₅ dan Minyak Lemak pada air limbah. Maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut :





Gambar 3.4 Kerangka Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Kantin

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair kantin yang terletak di Kampus 1 ITN Malang. Kondisi awal penelitian adalah kondisi sebelum limbah cair kantin dimasukkan kedalam reaktor. Adapun hasil analisis karakteristik limbah cair tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1
Karakteristik Limbah Cair Kantin

No	Parameter	Satuan	Hasil	Kepmen LH No. KEP- 112/MENLH/10/2003
1.	pH	-	7	6-9
2.	BOD	mg/l	456	100
3.	Minyak Lemak	mg/l	26,71	10
4.	Suhu	^o C	21	20-30

(Sumber : Hasil Penelitian)

Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kualitas limbah tersebut tidak memenuhi standar kualitas limbah terutama konsentrasi BOD dan Minyak Lemak yang nilainya tinggi dan menjadi parameter terpenting pada limbah cair domestik. Konsentrasi BOD pada limbah mencapai nilai 456 mg/l telah melebihi standar baku mutu limbah cair rumah makan berdasarkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 dan Permenkes No 416/Menkes/PER/IX/1990 sebesar 100 mg/l. Sementara untuk konsentrasi Minyak Lemak pada limbah mencapai nilai 26,71 mg/l juga melebihi standar baku mutu limbah cair rumah makan berdasarkan Keputusan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 dan Permenkes No 416/Menkes/PER/IX/1990 sebesar 10 mg/l.

4.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Kantin Setelah Proses Fitoremediasi

Penelitian dilakukan secara *kontinyu* dengan menggunakan reaktor yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan variasi kepadatan tanaman *Cyperus Papyrus* yaitu : 4 tanaman, 6 tanaman, dan 8 tanaman serta variasi waktu pengambilan sampel variasi waktu pengambilan sampel ke-24, variasi waktu pengambilan sampel ke-48, variasi waktu pengambilan sampel ke-72, variasi waktu pengambilan sampel ke-96 dan variasi waktu pengambilan sampel ke-120. Adapun nilai konsentrasi akhir pada reaktor kontrol dan reaktor uji dapat dilihat pada table 4.2 dilakukan 3 kali pengulangan pengambilan sampel.

Tabel 4.2

Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol dan Reaktor Uji

Reaktor /Variasi Kepadatan Tanaman	Konsentrasi Awal BOD (mg/l)	Konsentrasi Awal Minyak Lemak (mg/l)	Waktu Pengambilan Sampel (Varaiasi waktu pengambilan sampel ke-)	Rata-rata Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)	Rata- rata Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l)
Kontrol	456	26,71	Tanpa Tanaman		
			24	456	26,71
			48	451	26,70
			72	450	26,68
			96	449	26,60
			120	446	26,58
4 Unit/ Tanaman	456	26,71	<i>Cyperus Papyrus</i>		
			24	336	18,8
			48	328	17,7
			72	323	14,9
			96	272	12,8
			120	261	10,9
6 Unit/ Tanaman	456	26,71	24	256	18,5
			48	231	17,2
			72	220	13,8
			96	201	12,6
			120	174	9,8
8 Unit/ Tanaman	456	26,71	24	159	18,1
			48	139	16,6
			72	120	13,2
			96	112	11,8
			120	98	8,8

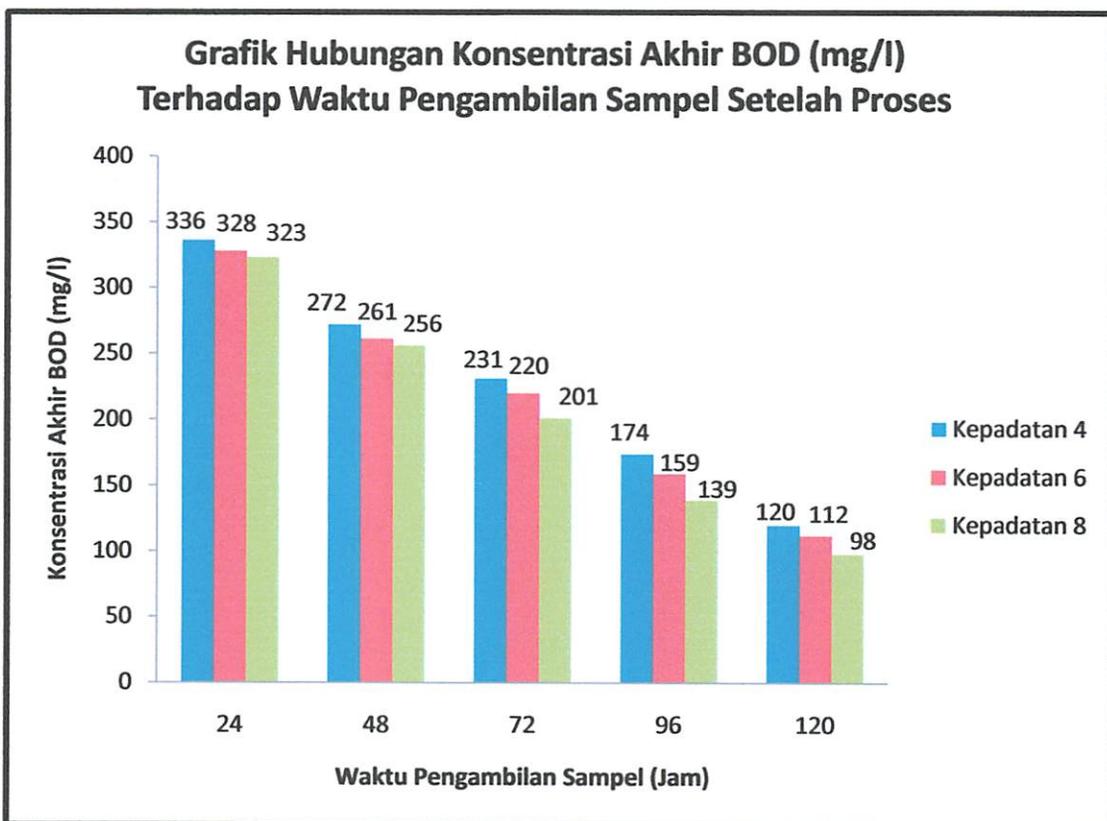
(sumber : Hasil Penelitian, 2013)



4.3 Analisis Deskriptif

4.3.1 BOD

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD pada reaktor *kontinyu* dengan kepadatan 4 tanaman, 6 tanaman dan 8 tanaman mengalami penurunan dari variasi waktu pengambilan sampel ke-24 hingga variasi waktu pengambilan sampel ke-120. Nilai akhir BOD pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD dengan masing-masing variasi kepadatan mengalami penurunan dari variasi waktu pengambilan sampel pengukuran ke-24 hingga variasi waktu pengambilan sampel-120. Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD terendah pada kepadatan tanaman 8 dengan waktu pengambilan sampel variasi waktu pengambilan sampel ke-120 sebesar 98 mg/l.

Mengetahui besarnya penurunan BOD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

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

$$\% \text{ Removal} = \frac{(456-336)}{456} \times 100\%$$

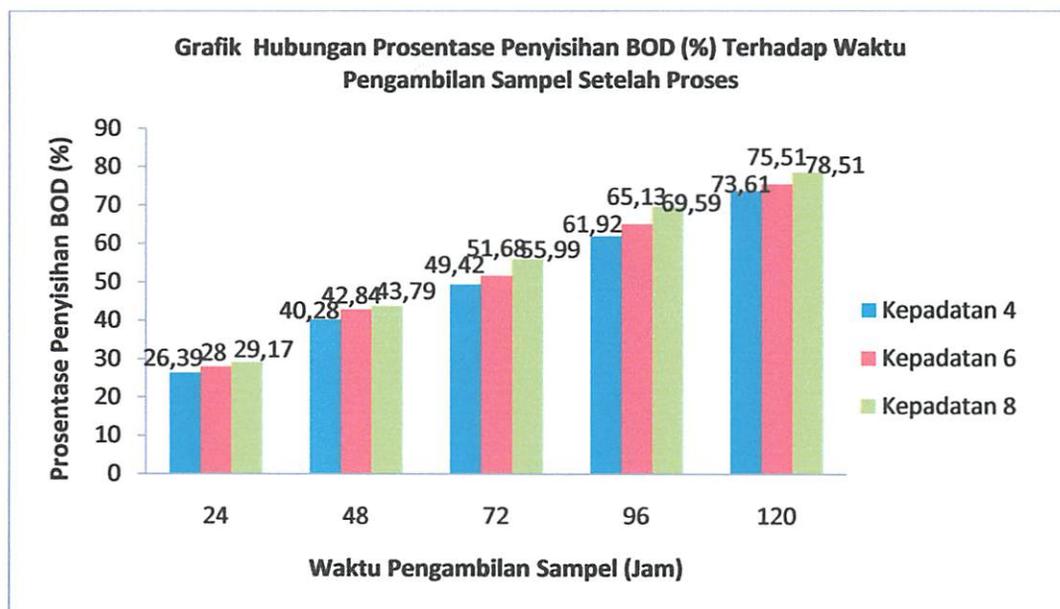
$$\% \text{ Removal} = 26,39 \%$$

Hasil dari perhitungan rumus di atas, maka nilai prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3 Prosentase Penyisihan BOD (%)

Variasi Kepadatan	Waktu Pengambilan Sampel (variasi waktu pengambilan sampel ke-)	Nilai Akhir Rata-rata (mg/l)	% R
4 Unit/ Tanaman	24	336	26.39
	48	328	28.00
	72	323	29.17
	96	272	40.28
	120	261	42.84
6 Unit/ Tanaman	24	256	43.79
	48	231	49.42
	72	220	51.68
	96	201	55.99
	120	174	61.92
8 Unit/ Tanaman	24	159	65.13
	48	139	69.59
	72	120	73.61
	96	112	75.51
	120	98	78.51

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi BOD pada Tabel 4.3, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan BOD pada Gambar 4.2 berikut ini:

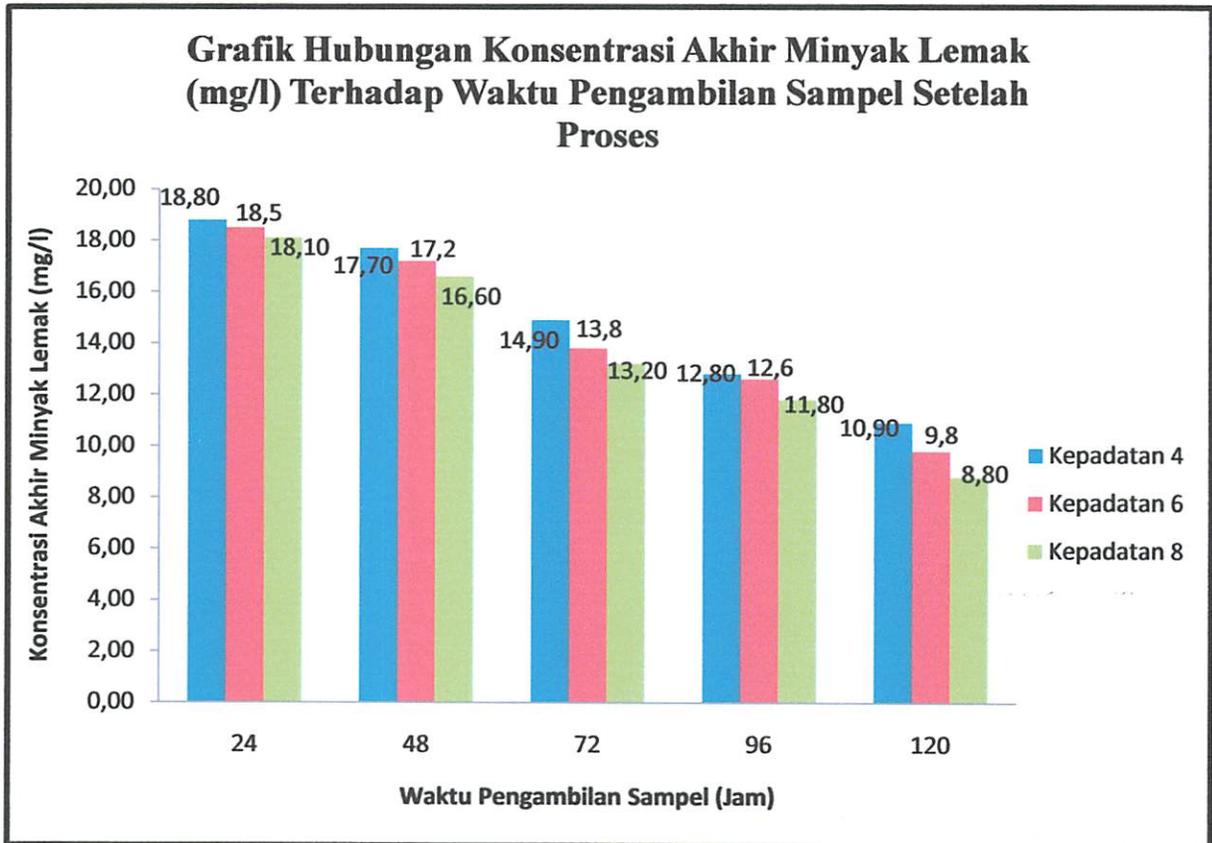


Gambar 4.2. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 persentase penyisihan konsentrasi BOD terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel variasi waktu pengambilan sampel ke-120 dengan kepadatan tanaman 8 tanaman sebesar 78,51%.

4.3.2 Minyak Lemak

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir Minyak Lemak pada reaktor *kontinyu* dengan kepadatan 4 tanaman, 6 tanaman dan 8 tanaman mengalami penurunan dari variasi waktu pengambilan sampel ke-24 hingga variasi waktu pengambilan sampel ke-120. Nilai akhir Minyak Lemak pada Tabel 4.4 tersebut diplotkan pada Gambar 4.3 dibawah ini :



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Minyak Lemak (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir Minyak Lemak dengan masing-masing variasi kepadatan mengalami penurunan dari variasi waktu pengambilan sampel pengukuran ke-24 hingga variasi waktu pengambilan sampel-120. Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir Minyak Lemak terendah pada kepadatan tanaman 8 dengan waktu pengambilan sampel variasi waktu pengambilan sampel ke-120 sebesar 8,80 mg/l.

Untuk mengetahui besarnya penurunan BOD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

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

$$\% \text{ Removal} = \frac{(26,71-18,8)}{26,71} \times 100\%$$

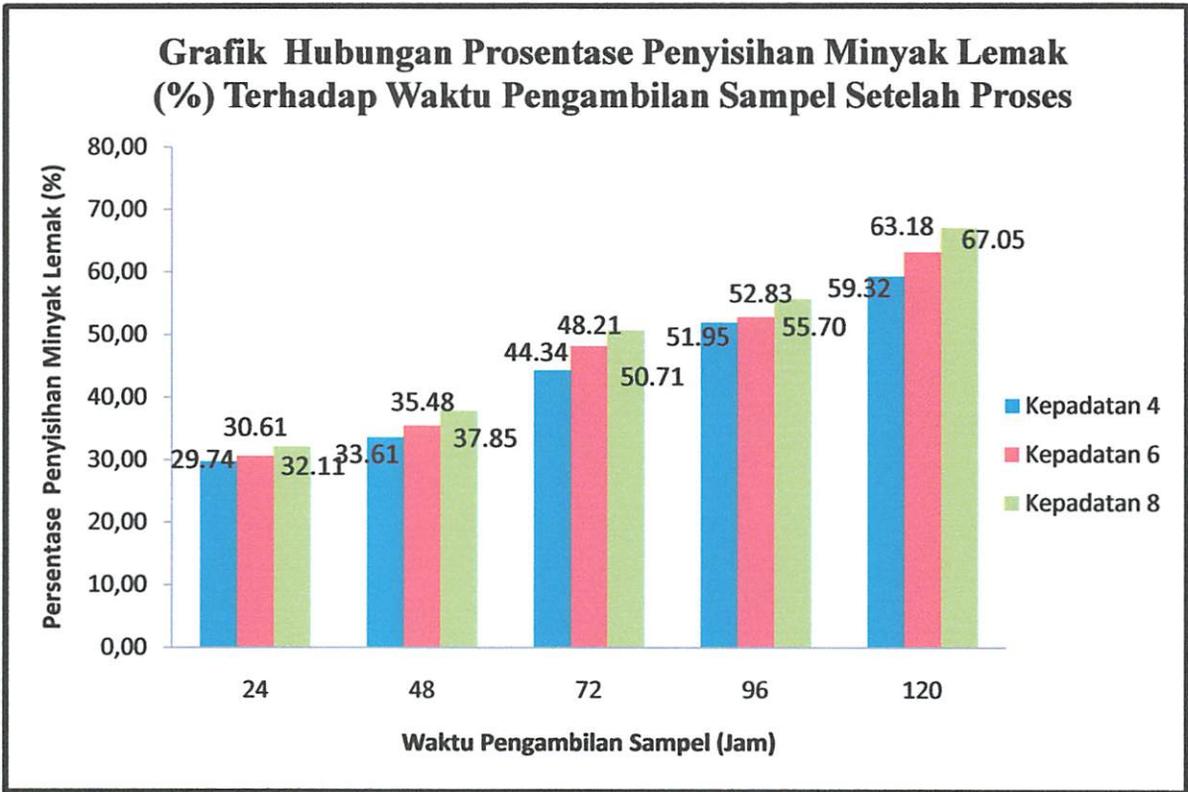
$$\% \text{ Removal} = 29,74 \%$$

Hasil dari perhitungan rumus di atas, maka nilai presentase penyisihan Minyak Lemak dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Prosentase Penyisihan Minyak Lemak (%)

Variasi Kepadatan	Waktu Pengambilan Sampel (variasi waktu pengambilan sampel ke-)	Nilai Akhir Rata-rata (mg/l)	% R
4 Unit/ Tanaman	24	18.8	29.74
	48	18.5	30.61
	72	18.1	32.11
	96	17.7	33.61
	120	17.2	35.48
6 Unit/ Tanaman	24	16.6	37.85
	48	14.9	44.34
	72	13.8	48.21
	96	13.2	50.71
	120	12.8	51.95
8 Unit/ Tanaman	24	12.6	52.83
	48	11.8	55.70
	72	10.9	59.32
	96	9.8	63.18
	120	8.8	67.05

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi Minyak Lemak pada Tabel 4.4, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan Minyak Lemak pada Gambar 4.4 berikut ini:



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan Minyak Lemak (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 prosentase penyisihan konsentrasi Minyak Lemak terbesar juga terjadi pada waktu pengambilan sampel varaiasi waktu pengambilan sampel ke-120 dengan kepadatan tanaman 8 tanaman sebesar 67,05 %.

4.4 Analisa Korelasi Biological Oxygen Demand

Gambar 4.5 Hubungan Korelasi Varaiasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan BOD

Correlations: waktu pengambilan sampel, % penyisihan BOD

Pearson correlation of varaiasi waktu pengambilan sampel and % penyisihan BOD = 0.990
P-Value = 0.000

Correlations: kepadatan tanaman, % penyisihan BOD

Pearson correlation of kepadatan tanaman and % penyisihan BOD = 0.122
P-Value = 0.665

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.5. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan BOD dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,990 dan kepadatan tanaman adalah 0.122. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena nilai korelasinya mendekati 1. Nilai korelasi positif menunjukkan bahwa apabila variasi waktu pengambilan sampel yang semakin lama dan kepadatan tanaman yang semakin banyak maka persentase penurunan BOD akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.000 < 0,05$ maka korelasinya signifikan sedangkan tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi kepadatan tanaman ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,665 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.5 Analisa Korelasi Minyak dan Lemak

Gambar 4.6 Hubungan Korelasi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan Minyak Dan Lemak

Correlations: Variasi waktu pengambilan sampel, % penyisihan minyak dan lemak

Pearson correlation of Variasi waktu pengambilan sampel and % penyisihan minyak dan lemak = 0.976
P-Value = 0.000

Correlations: Kepadatan Tanaman, % penyisihan minyak dan lemak

Pearson correlation of Kepadatan Tanaman and % penyisihan minyak dan lemak = 0.167
P-Value = 0.552

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.6. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penyisihan minyak dan lemak dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,976 dan kepadatan tanaman adalah 0.167. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena nilai korelasinya mendekati 1. Nilai korelasi positif menunjukkan bahwa apabila

variasi waktu pengambilan sampel yang semakin lama dan kepadatan tanaman yang semakin banyak maka persentase penyisihan minyak dan lemak akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penyisihan minyak dan lemak dan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0.000 < 0,05$ maka korelasinya signifikan sedangkan tingkat signifikan persentase penyisihan minyak dan lemak dan variasi kepadatan tanaman ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya $0,552 > 0,05$ maka korelasinya tidak signifikan.

4.6 Analisa Regresi Biological Oxygen Demand

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variable respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan / korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji kelinieran dan uji t, dalam uji t terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan.
- H_1 : Koefisien regresi signifikan.

Pengambilan Keputusan

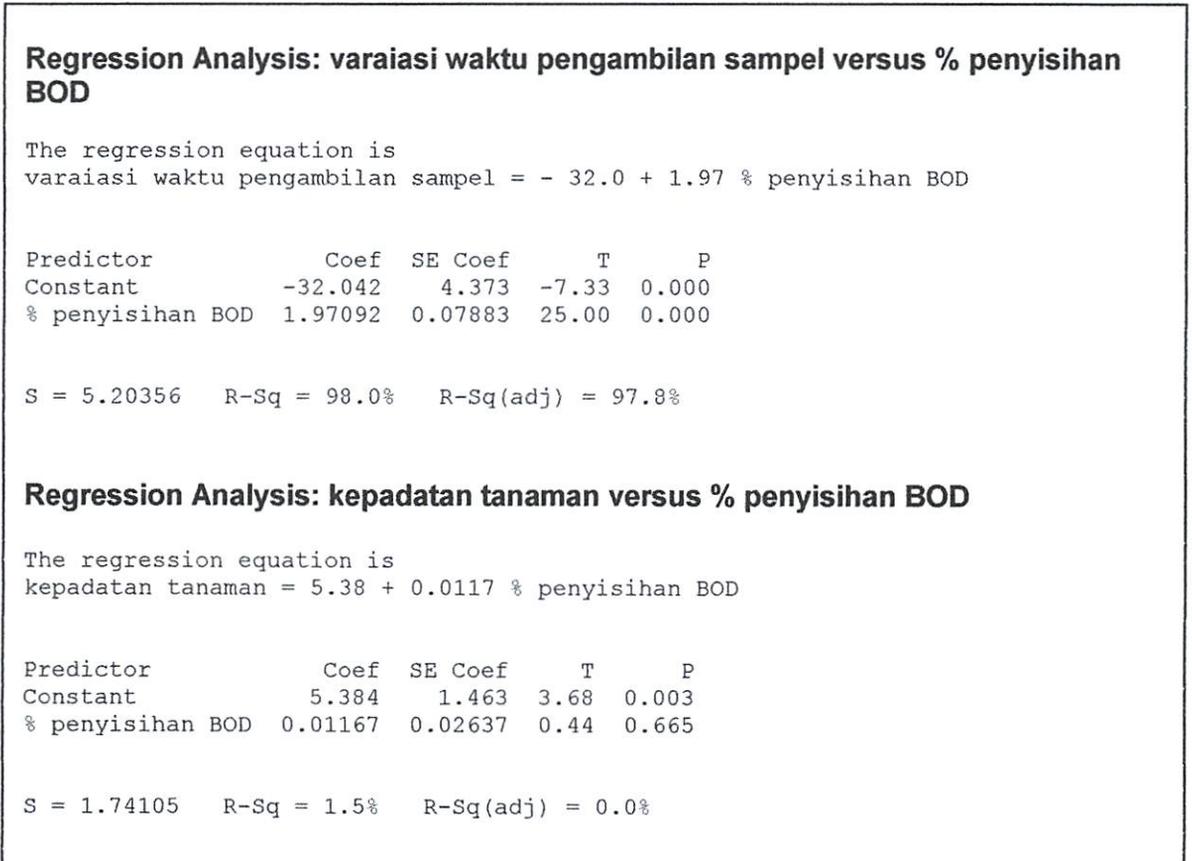
Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan tabel t tabel

- Jika t hitung $>$ t tabel, H_0 ditolak.
- Jika t hitung $<$ t tabel, H_0 diterima.

Untuk Nilai Probabilitas

- Jika probabilitas $>$ 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas $<$ 0,05, H_0 ditolak

**Gambar 4.7 Hubungan Regresi Variasi Waktu Pengambilan Sampel,
Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan BOD**



- Keterangan :
- 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 statistik Uji
 - P = Nilai probabilitas



Pada gambar 4.4 dapat diketahui :

1. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 32.0 + 1.97 X$$

$$Y = 5.38 + 0.0117 X$$

Dimana :

Y = % Penurunan

X_1 = variasi waktu pengambilan sampel

X_2 = kepadatan tanaman

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman bertanda positif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan BOD dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman dengan persentase penurunan BOD bertanda positif.

2. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) untuk variasi waktu pengambilan sampel sebesar 98,0% dan kepadatan tanaman 1,5%. Hal ini berarti 98,0% dan 1,5%, persentase penurunan BOD dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman. Sedangkan sisanya 2% dan 98,5% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.
3. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

Keputusan

❖ Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung $<$ t tabel ($0,25, 1$), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Jika statistik t hitung $>$ t tabel ($0,25, 1$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Berdasarkan gambar 4.6 statistik t hitung untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah 25,00 sedangkan t tabel 12,706, untuk variasi waktu pengambilan sampel t hitung $>$ t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan statistik t hitung untuk kepadatan tanaman adalah 0,44 sedangkan t tabel 12,706, untuk variasi waktu pengambilan sampel t hitung $<$ t tabel maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

❖ Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom P (gambar 4.6) adalah 0,000 untuk variasi waktu pengambilan sampel. Nilai probabilitas untuk variasi waktu

pengambilan sampel berada di bawah 0,05 yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan pada kolom P (gambar 4.6) adalah 0,665 untuk variasi kepadatan tanaman. Nilai probabilitas untuk variasi kepadatan tanaman berada di atas 0,05 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan

4.7 Analisa Regresi Minyak dan Lemak

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variable respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan / korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji kelinieran dan uji t, dalam uji t terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Koefisien regresi tidak signifikan.
- H_1 : Koefisien regresi signifikan.

Pengambilan Keputusan

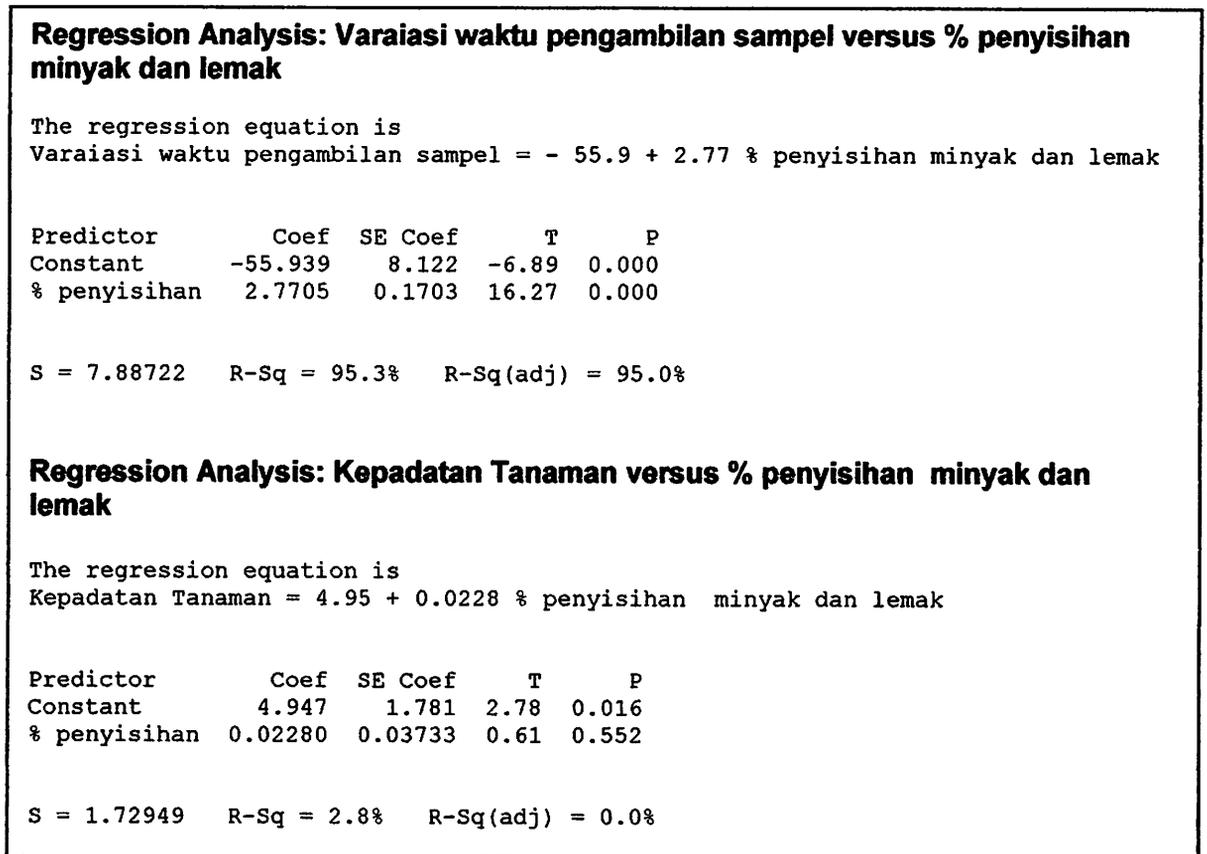
Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan tabel t tabel

- Jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$, H_0 ditolak.
- Jika $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$, H_0 diterima.

Untuk Nilai Probabilitas

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Gambar 4.8 Hubungan Regresi Variasi Waktu Pengambilan Sampel, Kepadatan Tanaman Dengan % Penyisihan Minyak Dan Lemak



- Keterangan :**
- 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 statistik Uji
 - P = Nilai probabilitas

Pada gambar 4.8 dapat diketahui :

4. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 55.9 + 2.77 X$$

$$Y = 4.95 + 0.0228 X$$

Dimana :

Y = % Penurunan

X_1 = Kepadatan tanaman dan waktu pengambilan sampel

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman bertanda positif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman dengan persentase penyisihan minyak dan lemak dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman dengan persentase penyisihan minyak dan lemak bertanda positif.

5. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ($R^2 = r^2$) untuk variasi waktu pengambilan sampel sebesar 95,3% dan kepadatan tanaman 2,8%. Hal ini berarti 95,3% dan 2,8%, persentase penyisihan minyak dan lemak dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman. Sedangkan sisanya 4,7% dan 95,3% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.
6. Uji t untuk menguji signifikansi konstanta dan variabel bebas.

Keputusan

❖ Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel

Jika statistik t hitung $< t$ tabel ($0,25, 1$), maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Jika statistik t hitung $> t$ tabel ($0,25, 1$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Berdasarkan gambar 4.8 statistik t hitung untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah 16,27 sedangkan t tabel 12,706, untuk variasi waktu pengambilan sampel t hitung $> t$ tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan statistik t hitung untuk kepadatan tanaman adalah 0,61 sedangkan t tabel 12,706, untuk variasi waktu pengambilan sampel t hitung $< t$ tabel maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

❖ Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom P (gambar 4.6) adalah 0,000 untuk variasi waktu pengambilan sampel. Nilai probabilitas untuk variasi waktu pengambilan sampel berada di bawah 0,05 yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan pada kolom P (gambar 4.6) adalah 0,552 untuk variasi kepadatan tanaman. Nilai probabilitas untuk variasi kepadatan tanaman berada di atas 0,05 yang berarti koefisien regresi tidak signifikan

4.8 Analisa ANOVA Biological Oxygen Demand

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman terhadap persentase penyisihan BOD.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis 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 $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

b) Nilai F Hitung

- F hitung $> F$ tabel, H_0 ditolak
- F hitung $< F$ tabel, H_0 diterima

Hasil analisis untuk persentase penyisihan BOD terhadap waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 4.9 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan BOD Terhadap Variasi Waktu Pengambilan Sampel Dan Kepadatan Tanaman

One-way ANOVA: variasi waktu pengambilan sampel, % penyisihan BOD					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2768	2768	3.58	0.069
Error	28	21638	773		
Total	29	24406			

S = 27.80 R-Sq = 11.34% R-Sq(adj) = 8.18%

One-way ANOVA: kepadatan tanaman, % penyisihan BOD					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	16419	16419	104.54	0.000
Error	28	4398	157		
Total	29	20817			

S = 12.53 R-Sq = 78.87% R-Sq(adj) = 78.12%

Keterangan:

DF = Derajat Bebas F = Nilai Statistik Uji
 SS = Variasi Residual P = Nilai Probabilitas

Keputusan MS = Mean Square

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan Gambar 4.9, nilai probabilitas (P) untuk variasi waktu pengambilan sampel sebesar 0,069. Karena nilai probabilitas > 0,05, maka H_0 diterima. Artinya persentase penyisihan BOD memang identik. Sedangkan nilai probabilitas (P) untuk variasi kepadatan tanaman sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik

2. Nilai F

Berdasarkan gambar 4.9, nilai F hitung untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah 3,58. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,00. Karena nilai F hitung < dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan BOD memang identik. Sedangkan nilai F hitung untuk variasi kepadatan tanaman adalah 104,54. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,00. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka

keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan BOD memang tidak identik

4.9 Analisa ANOVA Minyak dan Lemak

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman terhadap persentase penyisihan Minyak dan Lemak.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis 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 $> 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- b) Nilai F Hitung
 - F hitung $> F$ tabel, H_0 ditolak
 - F hitung $< F$ tabel, H_0 diterima



Hasil analisis untuk persentase penyisihan BOD terhadap waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 4.10 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Minyak Dan Lemak Terhadap Variasi Waktu Pengambilan Sampel Dan Kepadatan Tanaman

One-way ANOVA: Variasi waktu pengambilan sampel, % penyisihan minyak dan lemak					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	5000	5000	7.21	0.012
Error	28	19426	694		
Total	29	24426			
S = 26.34 R-Sq = 20.47% R-Sq(adj) = 17.63%					
One-way ANOVA: Kepadatan Tanaman, % penyisihan minyak dan lemak					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	12107.8	12107.8	155.09	0.000
Error	28	2185.9	78.1		
Total	29	14293.8			
S = 8.836 R-Sq = 84.71% R-Sq(adj) = 84.16%					

Keterangan:

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

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan Gambar 4.9, nilai probabilitas (P) untuk variasi waktu pengambilan sampel sebesar 0,012. Karena nilai probabilitas > 0,05, maka H_0 diterima. Artinya persentase penyisihan minyak dan lemak memang identik. Sedangkan nilai probabilitas (P) untuk variasi kepadatan tanaman sebesar 0,000. Karena nilai probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak. Artinya persentase penyisihan Minyak dan Lemak memang tidak identik

2. Nilai F

Berdasarkan gambar 4.9, nilai F hitung untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah 7,21. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,00. Karena nilai F hitung < dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan Minyak dan Lemak memang identik. Sedangkan nilai F

hitung untuk variasi kepadatan tanaman adalah 155,09. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 19,00. Karena nilai F hitung > dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya persentase penyisihan Minyak dan Lemak memang tidak identik.

4.10 Pembahasan

4.10.1 Pengaruh Variasi Kepadatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan Minyak dan Lemak

a) BOD (Biological Oxigen Demand)

Biological Oxigen Demand (BOD) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses biologis yang terjadi didalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Dasar uji BOD adalah kemampuan metabolik mikroorganisme yang ditambahkan sebagai agen pendegradasi. Semakin tinggi BOD, maka semakin banyak bahan organik yang terkandung dalam air (Supradata, 2005).

Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting dalam mengurangi atau menyerap kandungan BOD adalah akar, batang dan daun tanaman. Proses penyerapan unsur-unsur hara oleh tanaman dilakukan melalui membran sel secara difusi dan osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul-molekul air lainnya, sehingga jumlah ion yang terdifusi ke dalam akar, batang dan daun tanaman tergantung pada jumlah molekul-molekul air yang diserap oleh tanaman (Bondowoso, 2011).

Kemampuan tanaman menyerap polutan tergantung pada faktor kemampuan removal tanaman dan kepadatan tanaman. Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrient bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar, batang, dan daun tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi

bagi kehidupan mikrobia (Handayanto, E. Dan Hairiah, K. dalam supradata , 2005).

Semakin padat tanaman, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi bahan organik. Variasi kepadatan tanaman pada penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan nilai BOD. Hasil penelitian tersebut ditunjang dengan analisis ANOVA pada reaktor kontinyu yang menunjukkan bahwa prosentase dalam perlakuan memang tidak identik atau ada perbedaan yang signifikan. Hal ini berarti bahwa variasi kerapatan tanaman mempengaruhi terhadap penurunan BOD dan Minyak Lemak pada ketiga reaktor.

Pada Tabel 4.2 konsentrasi akhir BOD antara kepadatan 4 Unit/ Tanaman, 6 Unit/ Tanaman dan 8 Unit/ Tanaman, terlihat bahwa kepadatan 8 merupakan kepadatan yang efektif dalam meremoval konsentrasi BOD. Dalam satu unit tanaman *Cyperus papyrus* terdapat 10-15 batang dan ketinggian tanaman mencapai 1 meter, tanaman air memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) yang berfungsi sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran (*rhizosphere*). Tanpa hadirnya tanaman, proses tersebut tidak berjalan sempurna, karena pernafasan sel-sel akar diperkirakan menyediakan tenaga untuk adsorpsi unsur hara yang terlarut. Oksigen yang dibawa perakaran pada daerah perakaran merupakan hasil proses fotosintesis dimana ada penambahan jumlah serta makanan yang cukup maka akan diikuti dengan meningkatnya kemampuan mikroba dalam menguraikan zat organik yang terdapat dalam limbah.

Pada analisis ANOVA, korelasi maupun regresi didapatkan nilai probabilitas \leq dari taraf signifikansi (5 %) dimana hipotesis awal (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Nilai koefisien pada analisis korelasi menunjukkan hubungan yang lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati 1. Hubungan antara kepadatan tanaman dan prosentase penyisihan BOD juga searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Kesimpulan yang diambil adalah jika kepadatan tanaman semakin banyak, maka prosentase penyisihan BOD meningkat.

Hasil analisis tersebut semakin diperkuat oleh Penelitiannya (Sitompul dan Guritno, 1995) 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 kepadatan tanaman yang sangat besar, namun variasi kepadatan 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.

b) Minyak dan Lemak

Senyawa organik yang terdapat dalam limbah seperti protein, karbohidrat dan lemak dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk menghasilkan energi (Supradata, 2005).

Suatu perairan yang terdapat minyak lemak didalamnya maka minyak lemak tersebut akan selalu berada di atas permukaan air hal ini dikarenakan minyak lemak tidak larut dalam air dan berat jenis minyak lemak lebih kecil dari pada berat jenis air (Sugiharto, 1987). Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986). Emulsi air dalam minyak terbentuk jika droplet-droplet air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme.

Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting dalam mengurangi atau menyerap kandungan Minyak Lemak adalah akar, batang dan daun tanaman. Proses penyerapan unsur-unsur hara oleh tanaman dilakukan melalui membran sel secara difusi dan osmosis. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul-molekul air lainnya, sehingga jumlah ion yang terdifusi ke dalam akar, batang dan daun tanaman tergantung pada jumlah molekul-molekul air yang diserap oleh tanaman (Bondowoso, 2011).

Kemampuan tanaman menyerap polutan tergantung pada faktor kemampuan removal tanaman dan kepadatan tanaman. Proses penurunan polutan

dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrient bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar, batang, dan daun tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobia (Handayanto, E. Dan Hairiah, K. dalam supradata , 2005).

Pada analisis ANOVA, korelasi maupun regresi didapatkan nilai probabilitas \leq dari taraf signifikansi (5 %) dimana hipotesis awal (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Nilai koefisien pada analisis korelasi menunjukkan hubungan yang lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati 1. Hubungan antara kepadatan tanaman dan prosentase penyisihan Minyak Lemak juga searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi. Kesimpulan yang diambil adalah jika kepadatan tanaman semakin banyak, maka prosentase penyisihan Minyak Lemak meningkat.

Hasil analisis tersebut semakin diperkuat oleh Penelitiannya (Sitompul dan Guritno, 1995) menyatakan bahwa makin rapat tanaman yang ada di suatu area maka kompetisi yang terjadi untuk mendapatkan nutrien semakin besar sehingga akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman itu sendiri. Oleh karenanya pengolahan air limbah tidak memerlukan variasi kepadatan tanaman yang sangat besar, namun variasi kepadatan 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.

4.10.2 Pengaruh Variasi Waktu Pengambilan Sampel Terhadap Prosentase Penyisihan BOD dan Prosentase Penyisihan Minyak dan Lemak

a) BOD (Biological Oxygen Demand)

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan selama 120 jam dengan pertimbangan agar tanaman uji mempunyai waktu yang cukup dalam menyerap bahan pencemar. Selama waktu operasional 120 jam dilakukan pengambilan sampel setiap 24 jam sekali. Penurunan penyisihan BOD pada jam ke 24 sampai

jam ke 120 terus terjadi penurunan cukup pesat yang diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah, sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat.

Semakin lama waktu pengambilan sampel, 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 berlaku pada penelitian ini, karena pada waktu penelitian dari jam ke-24 hingga ke-120 terjadi penurunan konsentrasi BOD pada masing-masing reaktor. Waktu pengambilan sampel yang efektif adalah pada jam ke-120 dengan kepadatan tanaman 8 unit dimana konsentrasi BOD mengalami penurunan meskipun hasil akhir yang didapat telah memenuhi standart baku mutu yang telah ditetapkan. Pada jam ke-120 ini diperkirakan mikroba sudah benar-benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai BOD 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.

Hubungan antara persentase penurunan BOD dan lama waktu pengambilan sampel yang terjadi pada reaktor yang menggunakan media pasir adalah sedang. Bahwasannya proses penurunan bahan organik pada fitoremediasi ini terjadi melalui proses secara fisik dan biologis (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Proses mekanisme penurunan BOD pada fitoremediasi melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi, sedangkan proses biologisnya meliputi proses aktifitas metabolisme mikroorganisme dan interaksi kimia fisik di dalam zona perakaran, (Findlater, 1990). Proses sedimentasi terjadi karena air limbah melewati media dan jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap. Pada kondisi waktu tinggal yang lebih panjang, padatan berkesempatan lebih besar untuk mengendap. Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media.

Akar tanaman yang menyediakan O₂ bagi bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik, selanjutnya bahan organik yang diuraikan menjadi bentuk sederhana dipakai oleh tanaman untuk membentuk biomassa.

Semakin lama waktu pengambilan sampel maka nilai BOD yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari waktu pengambilan sampel searah ditandai dengan adanya tanda positif (+). Kesimpulan yang diambil adalah jika semakin lama waktu pengambilan sampel, maka prosentase penyisihan BOD akan meningkat.

b) Minyak Lemak

Minyak dan lemak terdiri dari trigliserida campuran, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Minyak dan lemak tidak larut dalam air. Minyak dan lemak hanya sedikit larut dalam alkohol, tetapi akan melarut sempurna dalam etil eter, karbon disulfida dan pelarut-pelarut halogen. Ketiga jenis pelarut ini memiliki sifat non polar sebagaimana halnya minyak dan lemak netral. Kelarutan dari minyak dan lemak ini dipergunakan sebagai dasar untuk mengekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak (Chapter,2007 dan Ketaren, 1986).

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan selama 120 jam dengan pertimbangan agar tanaman uji mempunyai waktu yang cukup dalam menyerap bahan pencemar. Selama waktu operasional 120 jam dilakukan pengambilan sampel setiap 24 jam sekali. Penurunan penyisihan Minyak Lemak pada jam ke 24 samapi jam ke 120 terus terjadi penurunan cukup pesat yang diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrient yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah, sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat (Supradata, 2005).

Semakin lama waktu pengambilan sampel, 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 berlaku pada penelitian ini, karena pada waktu penelitian dari jami ke-24

hingga ke-120 terjadi penurunan konsentrasi Minyak Lemak pada masing-masing reaktor. Waktu pengambilan sampel yang efektif adalah pada jam ke-120 dengan kepadatan tanaman 8 unit dimana konsentrasi Minyak Lemak mengalami penurunan meskipun hasil akhir yang didapat telah memenuhi standart baku mutu yang telah ditetapkan. Pada jam ke-120 ini diperkirakan mikroba sudah benar-benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai Minyak Lemak 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.

4.10.3 Kondisi Morfologi Tanaman

Pengamatan kondisi morfologi tanaman pada penelitian ini dilakukan pengamatan secara fisik, dimana pengamatan meliputi pengamatan keseluruhan tanaman pada proses fitoremediasi. Kondisi morfologi tanaman ini terjadi perubahan kondisi tanaman pada saat proses aklimatisasi dimana ada beberapa tanaman tersebut mengalami layu atau kering pada batang maupun daun hal ini dikarenakan tanaman tersebut belum beradaptasi dengan media atau tempat hidupnya yang baru. Setelah beberapa hari tanaman tersebut berangsur-angsur kembali segar hal ini di karenakan tanaman tersebut sudah beradaptasi dengan media barunya dan ada juga beberapa tanaman yang mulai tumbuh tanaman baru.

4.10.4 Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremedasi Berdasarkan Standart Baku Mutu

Konsentrasi awal BOD pada limbah rumah makan adalah sebesar 456 mg/l sementara konsentrasi awal Minyak Lemak sebesar 26,71 mg/l. Konsentrasi BOD dan Minyak Lemak pada limbah cair kantin tersebut telah melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Kepmen LH No. KEP-112/MENLH/10/2003, untuk konsentrasi BOD yaitu sebesar 100 mg/l dan untuk konsentrasi Minyak Lemak yaitu sebesar 10 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan fitoremediasi

konsentrasi BOD dan Minyak Lemak yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir BOD limbah cair kantin telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji *Cyperus Papyrus* (*Cyperus Papyrus*) dengan kepadatan yang paling efektif yakni pada kepadatan tanaman 8 unit menghasilkan konsentrasi akhir di jam ke-120 sebesar 98 mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir BOD tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan telah memenuhi standar baku mutu berdasarkan Kepmen LH No. KEP-112/MENLH/10/2003, maka limbah hasil olahan bisa dibuang ke badan air.

Konsentrasi akhir Minyak Lemak limbah cair kantin yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji *Cyperus Papyrus* (*Cyperus Papyrus*) dengan kepadatan yang paling efektif yakni pada kepadatan tanaman 8 unit menghasilkan konsentrasi akhir di jam ke-120 sebesar 8,8 mg/l. Berdasarkan hasil konsentrasi akhir Minyak Lemak tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan Kepmen LH No. KEP-112/MENLH/10/2003, maka limbah hasil olahan bisa dibuang ke badan air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kepadatan optimum dari tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) adalah 8 tanaman/ reaktor yang mampu menurunkan BOD sebesar 78,51 mg/l dan Minyak Lemak sebesar 67,05 mg/l.
2. Waktu pengambilan sampel yang efektif dari tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) selama proses fitoremediasi adalah pada jam ke- 120, dengan kemampuan menurunkan BOD sebesar 78,51 mg/l dan Minyak Lemak sebesar 67,05 mg/l.
3. Fitoremediasi mampu menurunkan konsentrasi BOD dan Minyak Lemak pada limbah cair kantin ITN Malang dengan fitoremediator yang efektif adalah tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*).

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan, variasi waktu operasional, kepadatan tanaman.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan tanaman Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*) dalam menurunkan parameter lain pada limbah cair Kantin ITN Malang Kampus 1.



REVISI 1/2017

- 2.1. Kesimpulan
1. 1. Tujuan operasi adalah untuk memperoleh keuntungan maksimum dengan biaya minimum. Untuk itu, maka harus dicari cara yang paling menguntungkan.
 2. 2. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam.
 3. 3. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam.
- 2.2. Kesimpulan
1. 1. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam.
 2. 2. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam.
 3. 3. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam. Perencanaan sumber daya manusia yang akan digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan adalah 100 jam.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., Dr. Ir. Sri Sumestri Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya.
- Anonim. 2001. **Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**
- Anonim. *Pengaruh BOD dan Minyak Lemak terhadap fitoremediasi*
<http://www.google.co.id/#sclient=psyab&hl=id&site=&source=hp&q>.
Diakses pada tanggal 16 Juni 2012 pukul 19.00
- Anonim *Perencanaan Suburface Flowconstructed Weatland Pada Pengolahan Air Limbah Industri Air Kemasan (Studi Kasus : Industri Air Kemasan XYZ)*. <http://digilib.its.ac.id> [Diakses tanggal 05 Juli 2012 pada jam 18.30]
- Anonim *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. <http://eprints.undip.ac.id> [Diakses tanggal 05 Juli 2012 pada jam 18.30].
- Anonim *Biodegradasi Urea Dalam Reaktor Sharon® : Pengaruh Waktu Tinggal Cairan Dan pH*. <http://ppprodtk.fti.itb.ac.id> [Diakses tanggal 09 Juli 2012 pada jam 16.00].
- Anonim *Constructed Weatlandsds To Treat Wastewater*
<http://www.wastewatergardens.com>. [Diakses pada tanggal 11 Juli 2012 pada jam 18.00].
- Agnes. 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)**
- Bondowoso, H. 2011. *Penggunaan Teknologi WetLand Dalam Proses Air Buangan Domestik*

Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Yogyakarta

Dian Zustainingtyas, *Pengolahan Limbah Domestik Rumah Susun Dengan Sistem Rawa Buatan (Constructed Weatland) dalam Menurunkan COD dan TSS*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITN Malang, 2009.

Iriawan, N dan Astuti, S.p. 2006. *Mengelola Data Statistik dengan Mudah dengan MINITAB 14*. Yogyakarta

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.

Mariato, Lukito. 2003. *Tanaman Air*. Jakarta

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.

Metcalf and Eddy, 1981. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi

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.

Wikipedia, 2008. Water&Sanitation Constructed Wetland.

<http://www.wikipedia.com>, Diakses tanggal 27 Juli 2008 pada jam 06.30.

Yohanna, C., 2007. Pemanfaatan Tanaman Canna sp pada Sistem Sub-surfaceFlow Constructed Wetland dalam Menurunkan Kadar Minyak, COD dan TSS Pada Limbah Cair Domestik Dengan Pre-treatmen Perangkap Lemak. Malang: Institut Teknologi Nasional

LAMPDIRAN



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA**
Jln. Veteran telp. (0341) 575838 Malang 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP. 515/RT.5/T.1/R.O/TT.220811/2013

Data Konsumen

Nama Konsumen : FRANSISKUS. X. B. BHADO
Instansi : -
Alamat : Jln. Terusan sigura- gura no. 182. Poharin
Telepon : 085257986126
Status : Mahasiswi FTSP Teknik Lingkungan ITN Malang
Keperluan Analisis : Uji Kualitas Biochemical Oxygen Demand (BOD)
Tanggal Terima Sampel : 18 Januari 2013

Data Hasil Analisa

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa
BOD	mg/l	456	Winkler

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Ketua

Malang, 18 Januari 2013
Kalab. Lingkungan



Dr. H. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 19630404 198701 1 001



Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 19600504 198603 1 003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
Jln. Veteran telp. (0341) 575838 Malang 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP. 515/RT.5/T.1/R.O/TT.220811/2013

Data Konsumen

Nama Konsumen : FRANSISKUS. X. B. BHADO
Instansi : -
Alamat : Jln. Terusan sigura- gura no. 182. Poharin
Telepon : 085257986126
Status : Mahasiswi FTSP Teknik Lingkungan ITN Malang
Keperluan Analisis : Uji Kualitas Biochemical Oxygen Demand (BOD)
Tanggal Terima Sampel : 18 Januari 2013

DATA HASIL ANALISA BOD

Jam	Keptatan Tanaman	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi akhir (mg/l)			Rata- Rata (mg/l)	%
			1	2	3		
24	4	26.71	18.8	18.7	18.8	18.8	29.74
	6	26.71	18.5	18.5	18.6	18.5	30.61
	8	26.71	18.1	18.1	18.2	18.1	32.11
48	4	26.71	17.6	17.8	17.8	17.7	33.61
	6	26.71	17.3	17.3	17.1	17.2	35.48
	8	26.71	16.7	16.5	16.6	16.6	37.85
72	4	26.71	14.8	14.9	14.9	14.9	44.34
	6	26.71	13.9	13.8	13.8	13.8	48.21
	8	26.71	13.1	13.2	13.2	13.2	50.71
96	4	26.71	12.8	12.8	12.9	12.8	51.95
	6	26.71	12.5	12.6	12.7	12.6	52.83
	8	26.71	11.8	11.8	11.9	11.8	55.70
120	4	26.71	10.9	10.8	10.9	10.9	59.32
	6	26.71	9.8	9.8	9.9	9.8	63.18
	8	26.71	8.7	8.8	8.9	8.8	67.05



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA**
Jln. Veteran telp. (0341) 575838 Malang 65145

* Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Ketua

Malang, 18 Januari 2013
Kalab. Linakunaan



Dr. H. Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 19630404 198701 1 001

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 19600504 198603 1 003



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

1 (PERSERO) MALANG
NK NIAGA MALANG

HASIL ANALISIS SAMPEL

Nama : Fransiskus Xaverius Boro Bhado
 NIM : 0826007
 Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang
 Lokasi : Kantin Institut Teknologi Nasional Malang Kampus 1 Jl.Sigura- Gura, Malang
 Sampling : Oleh Konsumen
 Analisis : Oleh Konsumen

1) Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai
		r
Minyak Lemak	mg/l	26,71

2) Analisis Minyak Lemak

jam	kepdatan tanaman	konsentrasi awal (mg/l)	konsentrasi akhir (mg/l)			rata- rata (mg/l)	%
			1	2	3		
24	4	26.71	18.8	18.7	18.8	18.8	29.74
	6	26.71	18.5	18.5	18.6	18.5	30.61
	8	26.71	18.1	18.1	18.2	18.1	32.11
48	4	26.71	17.6	17.8	17.8	17.7	33.61
	6	26.71	17.3	17.3	17.1	17.2	35.48
	8	26.71	16.7	16.5	16.6	16.6	37.85
72	4	26.71	14.8	14.9	14.9	14.9	44.34
	6	26.71	13.9	13.8	13.8	13.8	48.21
	8	26.71	13.1	13.2	13.2	13.2	50.71
96	4	26.71	12.8	12.8	12.9	12.8	51.95
	6	26.71	12.5	12.6	12.7	12.6	52.83
	8	26.71	11.8	11.8	11.9	11.8	55.70
120	4	26.71	10.9	10.8	10.9	10.9	59.32
	6	26.71	9.8	9.8	9.9	9.8	63.18
	8	26.71	8.7	8.8	8.9	8.8	67.05



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

I (PERSERO) MALANG
NK NIAGA MALANG

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk kondisi sampel saat itu. Pengambilan sampel dan proses analisis di Laboratorium dilakukan oleh konsumen.

Malang, 04 September 2013

Asisten Laboratorium Pendamping

Mahasiswa

Noval Risdian Hambajawa
10 26 028

Fransiskus X. B. Bhado
NIM 08 26 007

Mengetahui
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Anis Ariyani, ST. MT
NIP. P. 1030300384

Prosedur Analisa Minyak Lemak

- **Prinsip**

Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah. Untuk menghilangkan air yang masih tersisa sampel di oven pada suhu 105°C.

- **Bahan analisa Minyak dan Lemak**

- Larutan Petroleum ether
- HCl

- **Cara Kerja**

- Mengambil sample limbah 100 ml
- Dimasukan Hidroklorit 0,1 ml sampai terlarut
- Sampel di campurkan Petroleum Ether (PE) 10 ml,lalu didiamkan minimal selama 5 menit,setelah mengendap lapisan yang berada di atas diambil dan ditampung di dalam cawan yang sudah diketahui beratnya
- Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam
- Sampel dinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang

- **Perhitungan**

$$\text{Minyak Lemak (mg/l)} = \text{CI} - \text{CK} \times \frac{1000}{V}$$

Dimana :

CI = berat cawan + ekstraksi (mg)

CK = berat cawan kosong (mg)

V = volume sampel (ml)



Metode Analisis BOD

- Bahan analisa BOD
 - $MnSO_4$
 - NaOH
 - NaN_3
 - KI
 - Amylum
 - H_2SO_4
 - $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
- Cara kerja DO_0
 - Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
 - Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan alkali iodide azida
 - Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali
 - Biarkan 10 menit, kemudian buang 100 ml larutan jernih.
 - Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
 - Titrasi dengan thiosulfat hingga warna menjadi kuning muda.
 - Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
 - Titrasi dengan thisulfat hingga warna biru hilang pertama kali.
- Cara kerja DO_5
 - Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
 - Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dan larutan alkali iodide azida
 - Botol ditutup dan dikocok dengan membolak balik beberapa kali
 - Botol diinkubasi pada $25^\circ C$ selama 5 hari.
 - Kemudian buang 100 ml larutan jernih.
 - Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat, kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer.
 - Titrasi dengan thiosulfat hingga warna menjadi kuning muda.
 - Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru.
 - Titrasi dengan thisulfat hingga warna biru hilang pertama kali.

A. Perhitungan Bak Penampung

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang reaktor} &= 0,50 \text{ m} \\ \text{Lebar reaktor} &= 0,33 \text{ m} \\ \text{Tinggi reaktor} &= 0,35 \text{ m} \\ \text{Tinggi media} &= 0,30 \text{ m} \\ \text{Porositas pasir} &= 0,39 \text{ m} \\ \text{Suhu operasi} &= \pm 25,85^{\circ}\text{C}; \nu = 0,9186 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik} \\ \text{Luas permukaan (A)} &= \text{tinggi reaktor} \times \text{lebar reaktor} \\ &= 0,35 \text{ m} \times 0,33 \text{ m} \\ &= 0,12 \text{ m}^2 \\ \text{Debit (Q)} &= 0,0144 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} \\ &= 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Waktu Tinggal (td)

Waktu yang dihitung dengan persamaan (Metcalf & Eddy, 2001) :

$$t = \frac{L W n d}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- L : Panjang reaktor (m)
- W : Lebar reactor (m)
- n : fraksi dari area cross- section yang tidak terdapat tumbuhan = 0,75 (Metcalf & Eddy, 2001).
- d : kedalaman reaktor (m)
- Q : debit air limbah (m³/detik)

Dari persamaan (1) maka dapat dihitung waktu tinggal adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{L W n d}{Q}$$

$$t = \frac{0,5 \text{ m} \times 0,33 \text{ m} \times 0,75 \times 0,35 \text{ m}}{1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$t = \frac{0,043 \text{ m}^3}{1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}}$$

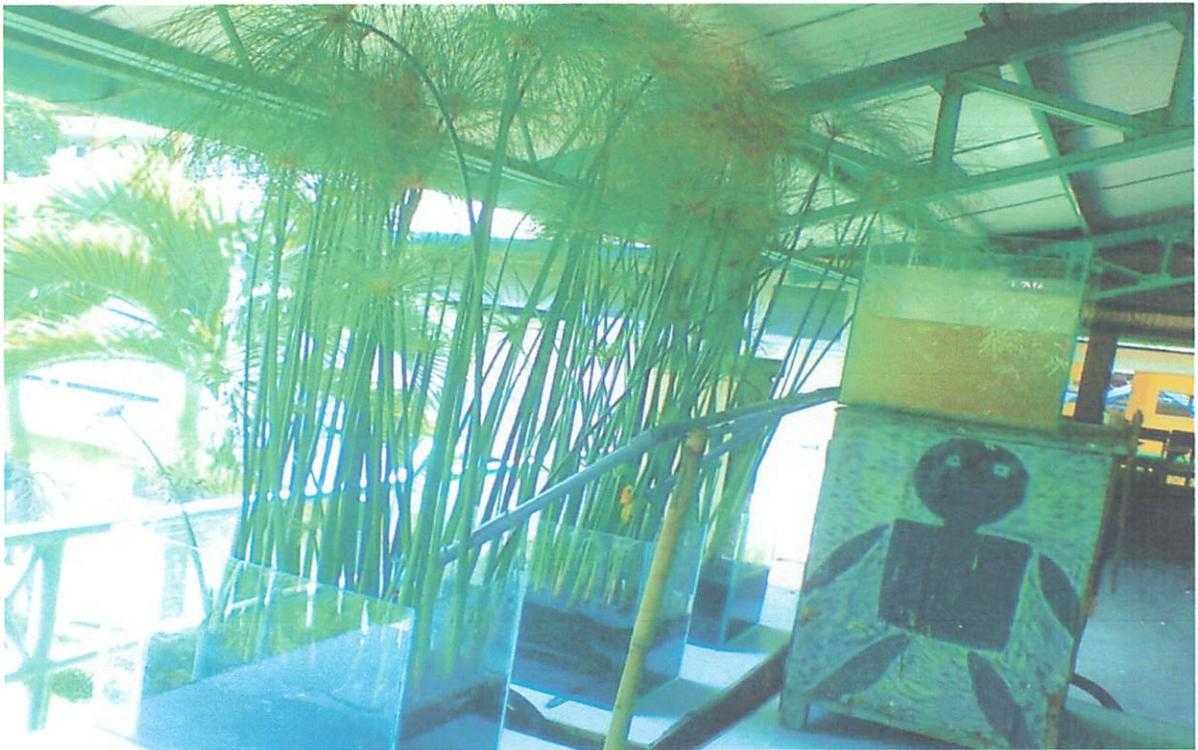
$$= 259.356 \text{ detik}$$

$$= 259.356 \text{ detik} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$$

$$= 72 \text{ jam} = 3 \text{ hari}$$

Jadi waktu tinggal adalah selama 3 hari..

DOKUMENTASI
REAKTOR KONTINYU



Gambar 1.1 Tanaman cyperus papyrus saat di aliri limbah



Gambar 1.2 Proses pelaksanaan penelitian



DOKUMENTASI

PROSES ANALISIS BOD DAN MINYAK LEMAK

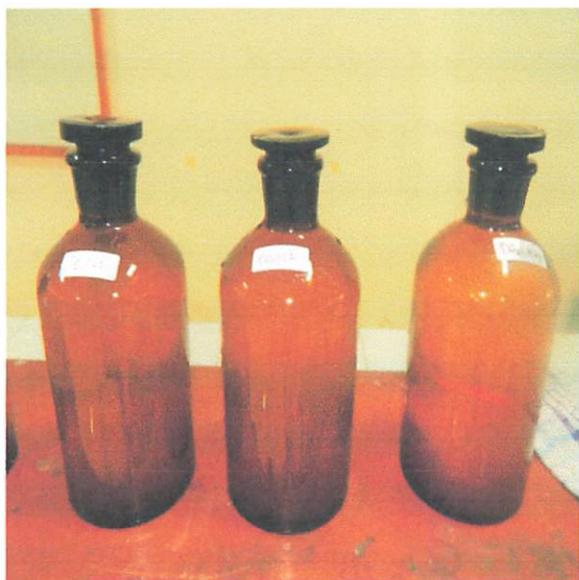
➤ Analisis BOD



Gambar 1.6 Memesukan limbah.



Gambar 1.7 Proses Titrasi.



Gambar 1.8 Botol Winkler.



Gambar 1.9 penambahan larutan HCL.



Gambar 1.10 Perubahan warna

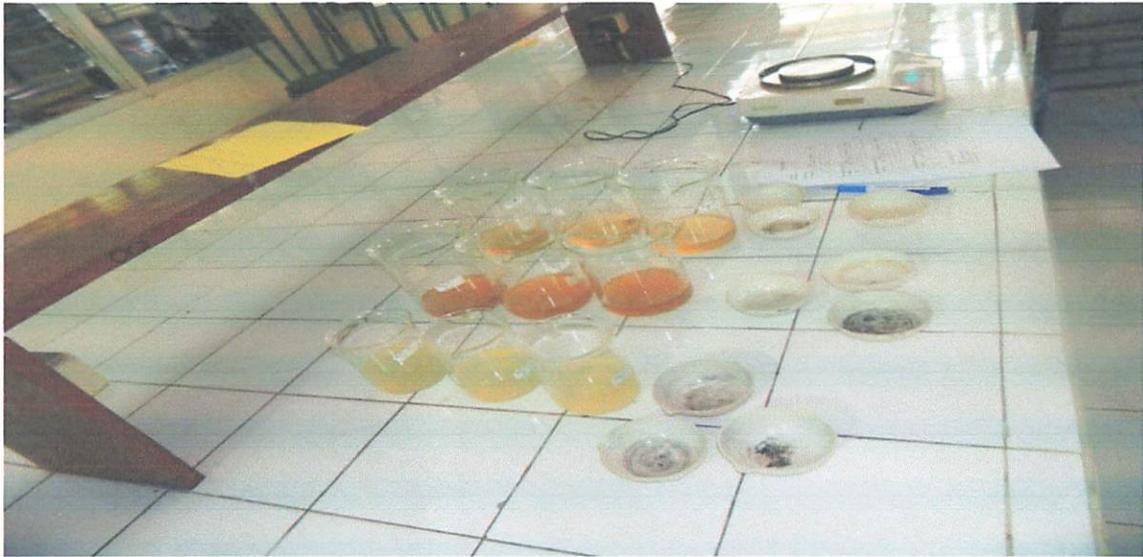


Gambar 1.11 Penambahan amyllum



Gambar 1.12 Proses Penginkubasian

➤ Analisis Minyak Lemak



Gambar 1.13 Sampel dan cawan untuk proses analisis minyak lemak



Gambar 1.14 Proses pengambilan minyak lemak



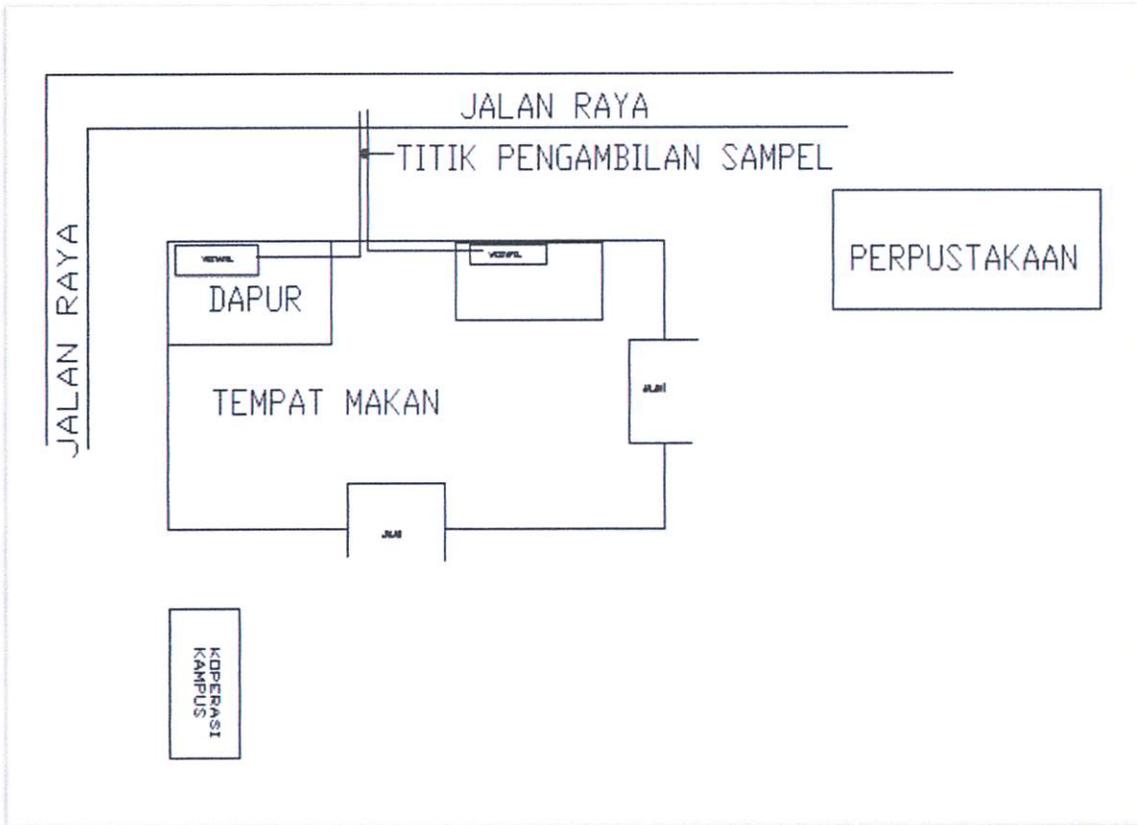
Gambar 1.15 Proses Penimbangan Cawan



Gambar 1.16 Cawan di masukan dalam oven

DOKUMENTASI

PROSES PENGAMBILAN SAMPEL



PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus karena atas penyertaan dan rahmatnya akhirnya saya dapat menyelesaikan kuliah saya. Terima kasih karena dalam bimbingan dan penyertaan selama ini saya bisa mendapatkan hasil yang memuaskan.

Terimah kasih buat Bapak dan Mama yang telah meberikan dukungan moril maupun materil sehingga saya dapat mencapai gelar sarjana, semuanya itu tanpa dukungan mama dan bapak saya tidak mungkin jadi seperti ini....sekali lagi terimah kasih mama...terimah kasih bapak,....

Terimah kasih buat Kakak dan adik saya (ois, gusti, dan algi) kalian merupakan penyemangat saya yang membuat saya bisa seperti ini itu semua berkat kalian juga...

Terimah kasih buat teman- teman seperjuangan saya TL 08 :

- Bornez, Nana, Wati, Sovi, Jupe, Cino,browww.....gk kerasa ya uda setahun kalian pisah ranjang sama kami teman2mu TL 08 yang, tapi meskipun kita suda setahun pisa ranjang tapi kenangan selama 4 tahun kami semua tak akan lupa itu...susah, senang, sedih kita rasakan kita lalui itu semua,,semoga kelak nnt kita akan ketemu lagi,tpi bukan seperti waktu kita d bangku kuliah yang sering becandah tapi mungkin nnt kita ketemu mungkin sudah gk sendiri lagi tapi da ada yang punya ank, maupun istri...hehehehehe
- Buat teman2Q (Mifta, Endra, Pateng, Reza, Ucil, Mbah,) yang sampai sekarang ini masih tetap dalam satu barisan yakni barisan menuju arah dan tujuan dalam menggapai angan dan harapan, mungkin tinggal beberapa bulan lagi kalian semua mungkin telah keluar dari barisan ini...
- Buat teman2Q (Riza, Dedi, Opan, Reti, Ipull, dan Papa) yang saat ini masih berjuang....semangat brother..pastin selesai juga nntxa brother, Cuma masalah waktu saja, nnt akan indah pada waktunya
- Buat two Rakat yang pastinya sudah tidak asing lagi d telinga mahasiswa ITN Mlang...heheheh (Nelly dan Vini) kalian berdua merupak dua saudarikembar saya penjelmaan jeni dan juni..hehehehehe...kalian berdua telah membantu saya apabila tidak ada uang kalian berdua selalu menjawab impian..ehhehehe... semoga nnt 3-4 tahun lagi mungkin kita tidak ketemu..hemmm pasti kalian berdua su ada anak berapa tu ewww..hehehehehehe

Buat my honeyq nggeme,,mksh untuk semuanya, cepat selesai ew sayang....

Buat adik – adik Teknik Lingkungan, semangat ya..cepat selesai jangan malas – malasan rajin ke kampuz, rajin kerja tugas biar cepat selesai...cemungud eaaa.....

Buat anak – anak KMK makasih yah brother and my sister yang telah mendukung saya...Kalian semua merupakan kakak, adik, saudara, dan saudari saya di malang. Buat teman – teman saya KMK 08 (Leo, Ken,) gesitt da brother...biar cepat selesai...cepat cari istri...hehhehhehe.. Buat (Benjiyy, Ricky, Leksi, Than, Gusti, Idus, Eja Frans, Vincent) Thankz yach buat selama ini untuk kebersamaannya. Buat (Ka Jeffri, Abang Geova, Gondes, teman akrab, Krisna, Alvian, Tigor, Pak de Yosa, Erson, Oneng, Tores, Arsis, Siltox, yeri, venan, cici, ika, yasin, lia, gina, yanti, mira, risiko,)