

# SKRIPSI

**PENURUNAN KANDUNGAN BOD (*Biological Oxygen Demand*) DAN  
DETERJEN MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK  
(*Eichornia Crassipes*) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LAUNDRY  
MENGGUNAKAN POLA ALIRAN KONTINYU**



**Disusun Oleh :  
WILDAN  
(01.26.050)**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2012**

UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE  
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION  
WASHINGTON, D. C. 20535

CONFIDENTIAL  
ALL INFORMATION CONTAINED  
HEREIN IS UNCLASSIFIED

EXCEPT WHERE SHOWN OTHERWISE  
ALL INFORMATION CONTAINED  
HEREIN IS UNCLASSIFIED  
DATE 08-14-01 BY 60322 UCBAW

CONFIDENTIAL

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**PENURUNAN KANDUNGAN BOD (*Biological Oxygen Demand*) DAN  
DETERJEN MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK  
(*Eichhornia Crassipes*) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LAUNDRY  
MENGGUNAKAN POLA ALIRAN KONTINYU**

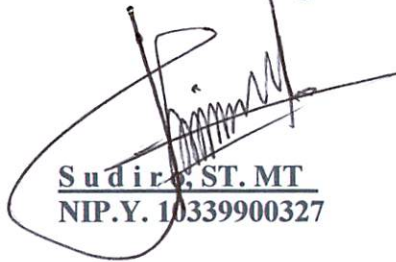
**Disusun Oleh :**

**WILDAN**

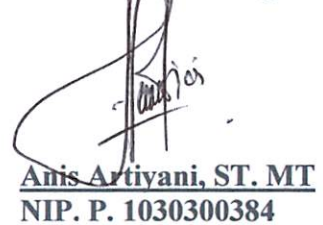
**01.26.050**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**

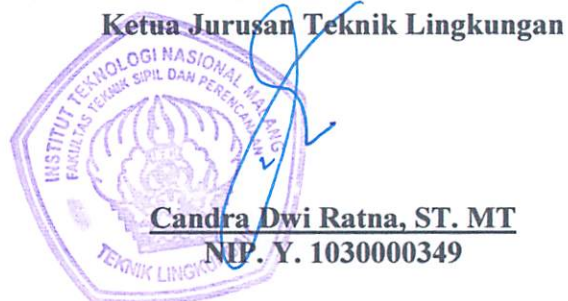
  
**Sudir, ST. MT**  
**NIP.Y. 10339900327**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Anis Artiyani, ST. MT**  
**NIP. P. 1030300384**

**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 : WILDAN  
NIM : 01.26.050  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
JUDUL : **PENURUNAN KANDUNGAN BOD (*Biological Oxygen Demand*) DAN DETERJEN MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) SEBAGAI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR LAUNDRY MENGGUNAKAN POLA ALIRAN KONTINYU**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1)

Pada Hari : Senin

Tanggal : 14 Agustus 2012

Dengan Nilai : B<sup>+</sup> (71,45)

**Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**

**Ketua**

Candra Dwiratna, ST. MT

NIP. Y. 1030000349

**Sekretaris**

Evy Hendriarianti, ST. MMT

NIP. P. 1030300382

**Dewan Penguji**

**Dosen Penguji I**

Candra Dwiratna, ST. MT

NIP. Y. 1030000349

**Dosen Penguji II**

Evy Hendriarianti, ST. MMT

NIP. P. 1030300382

---

---

Wildan. 2012. **Penurunan Kandungan BOD dan Deterjen Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Untuk Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Pola Aliran Kontinyu**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

---

### ABSTRAKSI

Salah satu industri kecil tekstil adalah industri pencucian pakaian atau laundry. Industri laundry banyak menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi BOD dan Deterjen yang cukup besar. Untuk itu diperlukan pengolahan yang memadai agar tidak merusak lingkungan disekitarnya. Air buangan industri laundry banyak mengandung bahan-bahan limbah yang pada umumnya sangat tinggi. Parameter utama yang dapat menunjukkan terjadinya pencemaran antara lain BOD dan Deterjen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keefektifan sistem fitoremediasi dengan pola aliran kontinyu dengan memanfaatkan tanaman air Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dalam menurunkan kadar BOD dan Deterjen pada limbah cair industri laundry.

Proses pengolahan limbah yang digunakan adalah *fitoremediasi* dimana tumbuhan bekerja sama dengan mikroorganisme untuk menghancurkan zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya. Penelitian ini menggunakan reaktor kontinyu, yang meliputi variasi kerapatan 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup> dan 80 mg/cm<sup>2</sup> pada tanaman uji dengan waktu pengambilan sampel selama 6 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan menggunakan reaktor kontinyu mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 18,21 % dengan konsentrasi awal sebesar 61,90 mg/l menjadi 50,63 mg/l dan konsentrasi Deterjen sebesar 12,84 % dengan konsentrasi awal sebesar 1,48 mg/l menjadi 1,29 mg/l.

---

---

Kata kunci :Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Limbah Cair laundry, BOD, Deterjen, Pola Aliran Kontinyu.

---

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penurunan Kandungan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan Deterjen Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crasipes*) Untuk Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Pola Aliran Kontinyu”**.

Saya berharap penelitian ini dapat menjadi masukan dalam pengelolaan limbah laundry. *Fitoremediasi* dapat dijadikan sebagai pengolahan limbah alternatif yang ekonomis.

Ucapan terima kasih saya persembahkan kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro, ST, MT selaku dosen pembimbing saya.
2. Ibu Anis Artiyani, ST, MT. selaku dosen pembimbing saya.
3. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Serta pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu saya dalam pelaksanaan dan penyusunan 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 dan bermanfaat bagi banyak orang.

Malang, 12 Agustus 2012

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PERSETUJUAN

### BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

ABSTRAKSI i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR viii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Ruang Lingkup 3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Industri Laundry 4

2.1.1 Pengertian Limbah Industri Laundry 4

2.1.2 Karakteristik Limbah Industri Laundry 5

2.1.3 Dampak Limbah Industri Laundry 5

2.1.4 Baku Mutu Limbah Laundry 6

2.2 Kandungan Dalam Limbah Cair Laundry 8

2.2.1 Total Suspended Solid (TSS) 8

2.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD) 8

2.2.3 Biological Oxygen Demand (BOD) 8

2.2.4 pH 9

2.2.5 Phenol 9

2.2.6 Minyak 9



2.2.7	Warna	10
2.2.8	Deterjen	10
2.3	Fitoremediasi	11
2.4	Jenis-jenis Tumbuhan Air	17
2.4.1	Tumbuhan Uji	19
2.4.1.1	Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crasipes</i> )	19
2.4.1.2	Sistematika Dalam Taksonomi	20
2.4.1.3	faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crasipes</i> )	21
2.5	Metode Pengolahan Data	22
2.5.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	22
2.5.2	Analisis Korelasi	22
2.5.3	Analisis Regresi	23
2.5.4	Pengantar Desain Eksperimen	24
2.5.4.1	Langkah-langkah Dalam Desain Eksperimen	24
2.5.4.2	Analysis of Variance	24

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Lokasi Penelitian	26
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian	26
3.2.1	Peralatan Penelitian	26
3.2.2	Bahan Penelitian	26
3.3	Variabel Penelitian	28
3.3.1	Variabel respon	28
3.3.2	Variabel tetap	28
3.3.3	Variabel prediktor	28
3.4	Tahapan Penelitian	29
3.4.1	Penelitian Pendahuluan	29
3.4.2	Aklimatisasi	29



3.4.3	Pelaksanaan Penelitian	30
3.5	Analisa dan Data Pembahasan	31
3.6	Kerangka Penelitian	32

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Penelitian Pendahuluan	34
4.2	Karakteristik Akhir Limbah Laundry Setelah Proses Fitoremediasi	34
4.3	Analisis Penurunan BOD	36
4.3.1	Analisis Deskriptif	36
4.3.2	Analisis Korelasi	38
4.3.3	Analisis Regresi	40
4.3.4	Analisis Varian (ANOVA) Two Way	43
4.4	Analisis Penurunan Deterjen	45
4.4.1	Analisis Deskriptif	45
4.4.2	Analisis Korelasi	48
4.4.3	Analisis Regresi	50
4.4.4	Analisi Varian (ANOVA) Two Way	53
4.5	Pembahasan	55
4.5.1	Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penyisihan BOD	55
4.5.2	Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penyisihan Deterjen.	56
4.5.3	Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremediasi Berdasarkan Standart Baku Mutu	58



## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Laundry Secara Umum	5
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat/ kawasan industri)	7
Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Laundry	34
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol dan Reaktor Uji	35
Tabel 4.3 Persentase Penyisihan BOD (%)	37
Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	39
Tabel 4.5 Hasil Uji Regresi Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	41
Tabel 4.6 Hasil Uji Anova Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	44
Tabel 4.7 Persentase Penyisihan Deterjen (%)	47
Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Antara Persentase Penurunan Deterjen, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	49
Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi Antara Persentase Penurunan Deterjen, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	51
Tabel 4.10 Hasil Uji Anova Antara Persentase Penurunan Deterjen, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Laundry	4
Gambar 2.2 Proses <i>Fitoekstraksi</i>	12
Gambar 2.3 Proses <i>Rhizofiltration</i>	12
Gambar 2.4 Proses <i>Phytostabilization</i>	13
Gambar 2.5 Proses <i>Rhizodegradation</i>	14
Gambar 2.6 Proses <i>Phytodegradation</i>	15
Gambar 2.7 Proses <i>Phytovolatilization</i>	15
Gambar 2.8 Tanaman Eceng Gondok	20
Gambar 3.1 Reaktor kontrol	27
Gambar 3.2 Reaktor Kontinyu	27
Gambar 3.3 Karangka Penelitian	33
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses	36
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Persentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses	38
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Deterjen Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses	46
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Persentase Penyisihan Deterjen (%) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses	48

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perkembangan industri, jumlah air buangan industri dengan berbagai macam polutan toksik yang mencemarkan perairan dan membahayakan kesehatan manusia serta organisme lain semakin meningkat karena sulit terdegradasi oleh alam.

Tekstil dan produk tekstil merupakan industri yang tumbuh bersamaan dengan kehidupan manusia. Sejak pakaian diperlukan manusia untuk melindungi tubuhnya dari iklim atau cuaca yang diluar batas normal tubuh manusia, sampai penggunaannya untuk penampilan diri maupun untuk kepentingan mendukung proses industri lainnya, tekstil menjadi salah satu kebutuhan manusia. Salah satu bagian dari industri kecil tekstil adalah industri pencucian pakaian atau laundry, yaitu industri yang melakukan kegiatan pencucian pakaian.

Limbah cair industri laundry mengandung zat tersuspensi dan bahan organik, bahan organik yang terkandung berpengaruh terhadap konsentrasi parameter BOD pada limbah laundry. Selain itu pada limbah laundry juga terkandung deterjen. Deterjen merupakan bahan pembersih yang terbuat dari bahan kimia sintetis dengan komponen utama berupa surfaktan, dalam konsentrasi tertentu deterjen dalam air dapat berpengaruh terhadap organism perairan. Karakteristik limbah laundry secara umum menunjukkan konsentrasi BOD dan Deterjen masing-masing yakni 391mg/ - 2600 mg/l dan 2,10 mg/l (Cogley dan Wechsler, 2005). Konsentrasi tersebut melebihi baku mutu standar yang ditetapkan menurut keputusan Gubernur Jawa Timur yaitu untuk parameter BOD dan Deterjen masing-masing adalah 50 mg/l dan 1 mg/l.

Sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair telah banyak dikembangkan pengolahan limbah cair dengan menggunakan tumbuhan (*Fitoremediasi*). *Fitoremediasi* merupakan teknologi pengolahan yang menggunakan tumbuhan,

dimana tumbuhan Eceng Gondok bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air). Untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi atau kurang tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Keuntungan paling besar dalam penggunaan fitoremediasi adalah biaya operasi lebih murah bila dibandingkan dengan pengolahan konvensional lainnya seperti insenerasi, pencucian tanah berdasarkan sistem kimia dan energi yang dibutuhkan. Sebagai perbandingan, sistem pencucian logam membutuhkan biaya sekitar US\$ 250/kubik yard sedangkan fitoremediasi hanya membutuhkan US\$ 80/kubik yard.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan manfaat Eceng Gondok yang antara lain : Ghopal dan Sharma, 2002, dalam Suwariyanti, 2002, membuktikan bahwa tanaman Eceng Gondok dapat menyerap dan mengumpulkan logam berat Cd, Hg, dan Ni dalam jumlah besar. Menurut Xia H & Ma X (1996), tanaman Eceng Gondok mampu mereduksi pestisida dan phosphor, sedangkan menurut V K Verma dkk., 2005, tanaman Eceng Gondok mampu menyerap Pb dan Zn sebesar 17,6 % - 80,3% dan 16,6%-73,4% dari effluent industri kertas. Selain itu menurut Sheffield (1997), tanaman Eceng Gondok mampu menurunkan konsentrasi ammonia sebesar 81% dalam waktu 10 hari.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk menurunkan BOD dan Deterjen pada air limbah laundry dengan menggunakan tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) untuk proses fitoremediasi menggunakan pola aliran kontinyu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

Seberapa besar kemampuan tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) untuk menurunkan konsentrasi BOD dan Deterjen dalam air limbah laundry dengan metode fitoremediasi menggunakan pola aliran kontinyu.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

Mengetahui kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dalam menurunkan konsentrasi BOD dan Deterjen pada air limbah laundry dengan metode fitoremediasi menggunakan pola aliran kontinyu.

### 1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Sampel yang digunakan adalah sampel yang berasal dari limbah laundry.
3. Pengolahan biologis dengan memanfaatkan tumbuhan air yaitu Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*).
4. Pada penelitian ini sistem proses yang digunakan adalah sistem aliran kontinyu, dan pada reaktor menggunakan sumber cahaya alami (matahari).
5. Parameter utama yang diukur adalah BOD dan Deterjen.
6. Parameter penunjang yang diukur adalah pH dan temperatur.
7. Variasi yang dilakukan adalah variasi kerapatan tumbuhan Eceng Gondok ( $40 \text{ mg/cm}^2$ ,  $60 \text{ mg/cm}^2$  dan  $80 \text{ mg/cm}^2$ ) dan waktu operasi (2, 4 dan 6 hari).
8. Waktu penelitian dilakukan selama 14 hari.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

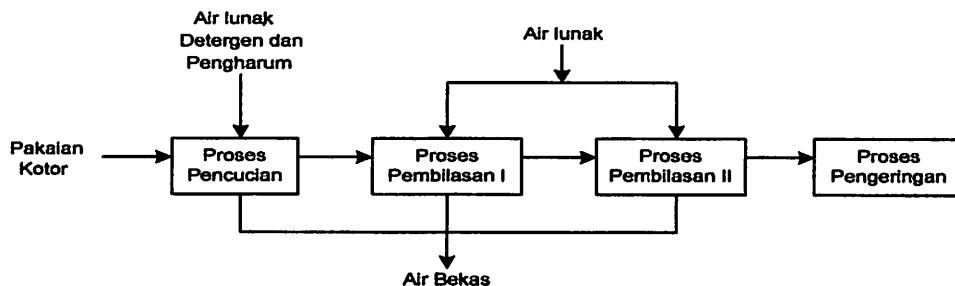
### 2.1 Limbah Industri Laundry

#### 2.1.1 Pengertian Limbah Industri Laundry

Secara umum proses laundry dapat dibagi menjadi tiga tahapan proses yaitu proses pencucian, proses pembilasan, dan proses pengeringan. Proses pencucian merupakan proses penghilangan berbagai macam pengotor seperti tanah, minyak, lemak, warna, dan lain sebagainya dari bahan yang dicuci. Proses pencucian melibatkan minimal tiga komponen utama yaitu bahan cucian, air dan detergen. Pada proses pembilasan, kualitas proses pembilasan sangat dipengaruhi oleh proses pencucian. Proses pembilasan menggunakan air lunak agar kotoran yang telah ditangkap oleh surfaktan tidak menempel lagi pada bahan. Untuk meningkatkan hasil kualitas pencucian, pembilasan umumnya dilakukan beberapa kali sampai cucian benar-benar bersih. Proses pengeringan dilakukan setelah tahap pembilasan akhir.

Proses pembilasan yang berulang kali menyebabkan banyak air yang terbuang percuma dan hal ini yang menyebabkan industri laundry banyak mengkonsumsi air bersih. Menurut Astuti dkk., 2003 dalam Taufikurrahman (2006) sebuah industri laundry dengan kapasitas 1000 potong - 5000 potong pakaian per harinya, pemakaian air rata-rata mencapai 90 m<sup>3</sup>.

Gambaran mengenai proses laundry dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Laundry

(Sumber: Wenten, 2003 dalam Taufikurrahman, 2006)

### 2.1.2 Karakteristik Limbah Industri Laundry

Secara umum limbah laundry memiliki kandungan air yang besar jika dibandingkan dengan konsentrasi pengotornya. Hal ini disebabkan oleh proses laundry menggunakan air bersih yang sangat besar. Menurut Wenten (2003) dalam Taufikurrahman (2006) limbah laundry mengandung 50% - 70% air dan sisanya berupa deterjen dan zat pengotor. Penelitian yang dilakukan oleh Astuti dkk., 2003 dalam Taufikurrahman (2006) pada sebuah industri laundry memberikan gambaran mengenai karakteristik limbah laundry secara umum yang tertuang dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Laundry Secara Umum**

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	TSS	mg/l	459,00
2	COD (bikromat)	mg/l	1278,40
3	BOD <sub>5</sub>	mg/l	356,00
4	pH	-	6,30
5	Phenol	mg/l	0,03
6	Khrom total	mg/l	-
7	Minyak	mg/l	1,67
8	Detergen	mg/l	2,10
9	Warna	mg/l PtCo	> 500,00

(Sumber: Astutidkk., 2003 dalam Taufikurrahman, 2006)

Pada umumnya limbah laundry mengandung sejumlah surfaktan, *carboxyl methyl cellulose* (CMC), minyak tumbuhan, kalsium (Ca), fospat (P), silikat ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ), pemutih pakaian dan tanah. Jumlah konsentrasi surfaktan, bahan pendukung deterjen dan substansi minyak yang besar pada limbah laundry dapat meningkatkan konsentrasi COD pada limbah tersebut (Seo dkk., 2001).

### 2.1.3 Dampak Limbah Industri Laundry

Secara umum limbah dari industri laundry dapat berdampak negatif bagi lingkungan terutama jika sungai sebagai badan air penerima limbah tersebut. Pengaruh terhadap lingkungan lebih dominan disebabkan oleh jenis zat-zat kimia yang terdapat dalam deterjen, terutama dari bentuk rantai kimia dan gugus fungsi surfaktan.

Beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah industri laundry di lingkungan:

1. Surfaktan dalam deterjen dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme sehingga dapat menyebabkan penyakit tumor dan kanker.
2. Fosfor sebagai *detergen builder* merupakan faktor pembatas pada perairan tawar. Meningkatnya konsentrasi fosfor akan merangsang pertumbuhan alga yang tidak terkontrol sehingga terjadi eutrofikasi perairan. Secara tidak langsung, eutrofikasi merupakan penyebab terjadinya pendangkalan perairan karena keberadaan alga di perairan tersebut akan menghambat aliran air dan secara otomatis akan mempercepat proses pengendapan lumpur.
3. Fosfat dan alga-alga yang telah mati akan mengalami proses dekomposisi oleh bakteri. Dalam proses tersebut, bakteri memerlukan oksigen. Hal ini menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam perairan. Proses dekomposisi selanjutnya akan dilanjutkan oleh bakteri anaerobik yang menghasilkan gas-gas beracun.

### 2.1.4 Baku Mutu Limbah Laundry

Karena baku mutu limbah cair laundry tidak diatur secara khusus maka digunakan baku mutu limbah cair lampiran II Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair bagi industri atau kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur sebagaimana diatur dalam pasal 3 ayat (2). Limbah cair Laundry yang akan diolah direncanakan masuk kedalam kategori baku mutu limbah cair golongan II yaitu limbah cair yang akan dibuang kedalam air kelas II, golongan air kelas II adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana

rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat/ Kawasan Industri)**

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

(Sumber : Lampiran II Keputusan Gubernur Jatim No: 45 tahun 2002)



## **2.2 Kandungan Dalam Limbah Cair Laundry**

Limbah cair laundry memiliki beberapa kandungan zat yang antara lain :

### **2.2.1 Total Suspended Solid (TSS)**

*Total Suspended Solid* (TSS) atau zat padat tersuspensi dapat diklarifikasikan menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya (Alaerts dan Santika, 1987).

### **2.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen ( $\text{mg O}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organis yang ada dalam 1 l sampel air, dimana pengoksidasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organis yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

### **2.2.3 Biological Oxigen Demand (BOD)**

*Biological Oxigen Demand* (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organis yang terlarut dan sebagian zat-zat organis yang tersuspensi dalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendisain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organis adalah peristiwa alamiah; kalau suatu badan air dicemari oleh zat organis, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut (Alaerts dan Santika, 1987).

#### 2.2.4 pH

*pH* adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivasi hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional (<http://id.wikipedia.org/wiki/pH>).

#### 2.2.5 Phenol

*Phenol* atau asam karbolat atau benzenol adalah zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas. Rumus kimianya adalah  $C_6H_5OH$  dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil. Phenol memiliki kelarutan terbatas dalam air, yakni 8,3 gram/100 ml. Phenol memiliki sifat yang cenderung asam, artinya ia dapat melepaskan ion  $H^+$  dari gugus hidroksilnya. Pengeluaran ion tersebut menjadikan anion fenoksida  $C_6H_5O^-$  yang dapat dilarutkan dalam air (<http://id.wikipedia.org/wiki/Fenol>).

#### 2.2.6 Minyak

Minyak adalah istilah umum untuk semua cairan organik yang tidak larut/bercampur dalam air (hidrofobik) tetapi larut dalam pelarut organik. Ada sifat tambahan lain yang dikenal awam: terasa licin apabila dipegang. Dalam arti sempit, kata 'minyak' biasanya mengacu ke minyak bumi (*Petroleum*) atau produk olahannya: minyak tanah (*Kerosena*). Namun demikian, kata ini sebenarnya berlaku luas, baik untuk minyak sebagai bagian dari menu makanan (misalnya minyak goreng), sebagai bahan bakar (misalnya minyak tanah), sebagai pelumas (misalnya minyak rem), sebagai medium pemindahan energi, maupun sebagai wangi-wangian (misalnya minyak nilam).

Minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, misalnya dietil eter ( $C_2H_5OC_2H_5$ ), Kloroform ( $CHCl_3$ ),

benzene dan hidrokarbon lainnya yang polaritasnya sama (<http://id.wikipedia.org/wiki/Minyak>).

### 2.2.7 Warna

Warna di dalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam (besi dan mangan), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna air biasanya dihilangkan terutama sekali untuk penggunaan air industri dan air minum.

Yang dimaksud dengan warna sebenarnya adalah warna nyata yaitu warna setelah kekeruhan sampel dihilangkan. Sedang yang dimaksud warna nampak adalah warna yang tidak hanya disebabkan oleh zat-zat yang terlarut di dalam air akan tetapi juga zat tersuspensi (Alaerts dan Santika, 1987).

### 2.2.8 Deterjen

Deterjen adalah golongan dari molekul organik yang dipergunakan sebagai pengganti sabun untuk pembersih supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Di dalam air zat ini dapat menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut dapat berada di atas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap . Sebelum tahun 1965 deterjen ini disebut ABS ( *Alkyl Benzene Sulfonate*) yang merupakan penyebab masalah busa karena tahan terhadap penguraian proses biologis. Setelah dikeluarkan larangan penggunaan ABS, maka diganti dengan jenis lain dan dikenal LAS (*Linear Alkyl Sulfonate*) dimana busa yang dihasilkan oleh LAS ini bisa diuraikan sehingga masalah busa dapat diatasi. Bahan dasar dari deterjen adalah minyak nabati atau minyak bumi. Fraksi minyak bumi yang dipakai adalah senyawa hidrokarbon parafin dan olefin. Penghasil utama dari bahan dasar ini adalah air limbah yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman ( Sugiharto, 1987).





## 2.3 Fitoremediasi

Selama beberapa dasawarsa ini telah dikembangkan alternatif pengolahan limbah yang lebih sederhana yaitu pengolahan limbah dengan memanfaatkan tumbuhan air. Metode ini digunakan karena tumbuhan air memiliki kemampuan untuk memisahkan bahan pencemar dalam air limbah.

Proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air dikenal dengan istilah fitoremediasi. Istilah fitoremediasi berasal dari bahasa Inggris *phytoremediation*, kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *Phyto* asal kata Yunani atau *Greek phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*), *remediation* asal kata Latin *remediare* (to remedy) yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan sistem yang menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan atau menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman untuk digunakan dan dengan dampak negatif relatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat.

Keuntungan paling besar dalam penggunaan fitoremediasi adalah biaya operasi lebih murah bila dibandingkan dengan pengolahan konvensional lainnya seperti insenerasi, pencucian tanah berdasarkan sistem kimia dan energi yang dibutuhkan. Sebagai perbandingan, sistem pencucian logam membutuhkan biaya sekitar US\$ 250/kubik yard sedangkan fitoremediasi hanya membutuhkan US\$ 80/kubik yard. (<http://ltd.bppt.tripod.com/sublab/lflora 1.htm>).

Proses dalam teknologi fitoremediasi ini berjalan secara alami dengan enam tahapan proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan / pencemar disekitarnya :

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



Gambar 2.2. Proses Fitoakumulasi/Fitoekstraksi

2. **Rhizofiltration (Rhizo=akar)**, adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zone akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah rumput air seperti Cattail dan eceng gondok .



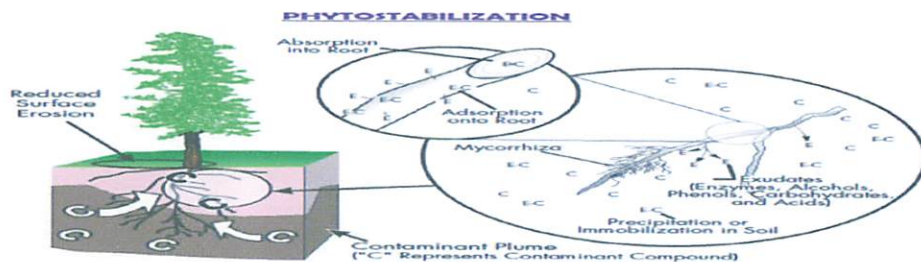
Gambar 2.3. Proses Rizofiltrasi

3. **Phytostabilization**, yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Proses ini akan mengurangi mobilisasi kontaminan dan

mencegah berpindahnya ke air tanah atau udara. Teknik ini dapat digunakan untuk meningkatkan penutupan tajuk oleh tumbuhan yang toleran terhadap jenis kontaminan di lokasi tersebut. Menurut Cunningham et al.,(1995), ada tiga kemungkinan mekanisme yang umum terjadi pada proses fitostabilisasi;

- (1) Reaksi redoks.
- (2) Presipitasi kontaminan menjadi bentuk endapan.
- (3) Pengikatan bahan-bahan organik ke dalam bagian lignin tanaman.

Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah berbagai jenis rumput, bunga matahari, dan kedelai.

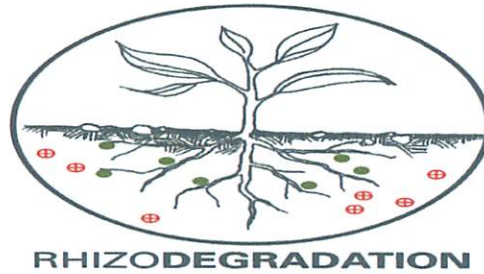


Gambar 2.4 Proses Fitostabilisasi

4. **Rhizodegradetion**, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi atau bakteri. Mikroorganisme (ragi, fungi dan atau bakteria) mengkonsumsi dan menguraikan atau mengubah bahan organik untuk dipergunakan sebagai bahan nutrient. Beberapa jenis mikroorganisme dapat menguraikan bahan organik seperti minyak atau larutan yang berbahaya bagi manusia dan mengubah bahan-bahan berbahaya tersebut menjadi bahan kurang berbahaya melalui proses degradasi. Senyawa-senyawa alami yang dilepaskan oleh akar tumbuhan seperti zat gula, alkohol dan asam yang mengandung karbon organik berfungsi sebagai sumber nutrient bagi mikroba tanah dan penambahan nutrient akan memacu aktivitas mikrobia tersebut. Mekanisme rhizodegradasi yaitu dengan cara tumbuhan mengeluarkan dan mentransportasikan oksigen dan air ke dalam tanah. Tumbuhan juga

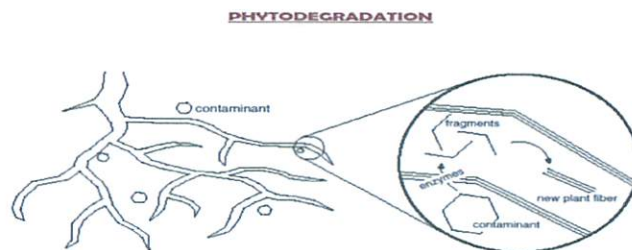


menstimulasi biodegradasi melalui mekanisme lain seperti penyetopan metabolisme lain dan mentransportasikan oksigen atmosfer ke dalam daerah akar. Polutan diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini lebih tepat untuk dekontaminasi zat organik. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.



Gambar 2.5 Proses Rizodegradasi

5. **Phytodegradation**, yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang memiliki molekul menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana, yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada batang, daun, akar atau diluar sekitar tanaman dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air.



P/S: Rhizodegradation is similar to phytodegradation except fungi and bacteria living in the soil around the roots of the plants degrade the contaminants

Gambar 2.6 Proses Fitodegradasi

6. **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 diupakan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air dengan jumlah 200 sampai dengan 1000 liter air perhari tiap batangnya. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Kontaminan dapat keluar melalui daun dan hasil volatilisasi masuk ke dalam atmosfer pada konsentrasi yang rendah. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah tumbuhan kapas, pakis dan berbagai jenis tumbuhan air.



Gambar 2.7 Proses Fitovolatilisasi

Ada 4 faktor yang mempengaruhi fitoremediasi yaitu :

1. Kemampuan daya akumulasi berbagai jenis tanaman untuk berbagai jenis polutan dan konsentrasi, sifat kimia dan fisika, dan sifat fisiologi tanaman.
2. Jumlah zat kimia berbahaya.
3. Mekanisme akumulasi dan hiperakumulasi ditinjau secara fisiologi, biokimia, dan molecular.
4. Kesesuaian sistem biologi dan evolusi pada akumulasi polutan.

Fitoremediasi juga memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode konvensional lain untuk menanggulangi masalah pencemaran, yaitu :

- a) Biaya operasional relatif murah.
- b) Tanaman bisa dengan mudah dikontrol pertumbuhannya.
- c) Kemungkinan penggunaan kembali polutan yang bernilai seperti emas (Phytomining).
- d) Merupakan cara remediasi yang paling aman bagi lingkungan karena memanfaatkan tumbuhan.
- e) Memelihara keadaan alami lingkungan.

Walaupun memiliki beberapa kelebihan, ternyata fitoremediasi juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahannya adalah kemungkinan akibat yang timbul bila tanaman yang telah menyerap polutan tersebut dikonsumsi oleh hewan dan serangga. Dampak negatif yang dikhawatirkan adalah terjadinya keracunan bahkan kematian pada hewan dan serangga atau terjadinya akumulasi logam pada predator-predator jika mengkonsumsi tanaman yang telah digunakan dalam proses fitoremediasi. Selain itu, membutuhkan waktu yang relatif lama untuk membersihkan limbah B3, terutama dalam skala besar dan dikhawatirkan membawa senyawa-senyawa beracun ke dalam rantai makanan di ekosistem

#### **2.4 Jenis-Jenis Tumbuhan Air**

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

Tumbuhan air yang hidup dalam perairan memberikan keuntungan antara lain: menyumbang produktivitas dan menyediakan media substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu siklus nutrisi akumulasi di dalam sedimen. Kaitannya dengan fungsi fitoremediasi sebagai sistem pengolahan limbah cair, tumbuhan air berperan penting dalam menyediakan tempat untuk menempelnya mikroba pengurai. Berdasarkan habitat dan karakteristiknya, tanaman air dapat dibagi dalam empat golongan yaitu :

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

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

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

Ada dua jenis floating type, yaitu :

a. Floating attached

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

b. Floating unattached

Akar dari jenis ini menggantung di air dan tidak menempel pada dasar perairan dan juga tidak membutuhkan media di dalam penanamannya sehingga cara penanaman tumbuhan ini lebih mudah hanya meletakkan di atas permukaan air saja. Yang termasuk dalam golongan ini adalah golongan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Kayu apu (*Pistia stratiotes*), kangkung air (*Ipomea aquatica*), Duckweed (*Lemna minor*).



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

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

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

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

Tumbuhan air sendiri berdasarkan cara pertumbuhannya dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

- Tumbuhan Sub Merged

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

- **Tumbuhan Floating**

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

- **Tumbuhan Emergent**

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

#### **2.4.1 Tumbuhan Uji**

Pada penelitian ini menggunakan tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) sebagai tanaman uji untuk mereduksi limbah laundry.

##### **2.4.1.1 Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)**

Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang beriklim tropis maupun subtropis. Eceng Gondok termasuk dalam tumbuhan air berjenis floating yaitu floating unattached.

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

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

#### 2.4.1.2 Sistematika Dalam Taksonomi

Dalam taksonomi, Eceng Gondok menempati sistematika sebagai berikut (Lawrence, 1967 dalam Dian, 2005) :

Divisio	: Embryophytasiphonagama
Sub Divisio	: Angiospermae
Klas	: Monocotyledone
Ordo	: Farinosae
Famili	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhorniae
Spesies	: Eichhornia Crassipes



Gambar 2.8 Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

#### 2.4.1.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Eceng Gondok

Dalam pertumbuhannya Eceng Gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

a) Temperatur.

Eceng Gondok merupakan tumbuhan air yang dapat tumbuh dengan optimum pada kisaran suhu lingkungan antara 25° C – 30° C, sehingga tumbuhan ini akan tumbuh dengan subur di daerah tropis dan subtropis. Pertumbuhan Eceng Gondok akan terhambat apabila lingkungan tempat tumbuhnya memiliki

temperatur dibawah  $10^{\circ}\text{C}$  maupun di atas  $40^{\circ}\text{C}$ . Eceng Gondok sangat toleran terhadap musim dingin (suhu  $1^{\circ}\text{C}$ ) di daerah lintang utara apabila durasi waktunya singkat, tetapi dengan durasi yang panjang akan membunuh Eceng Gondok. Eceng Gondok juga dapat bertahan sampai dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  pada daerah tropis (Aneja dan Singh, 1992).

b) Intensitas cahaya

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

c) Kadar garam

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

d) pH

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

## **2.5 Metode Pengolahan Data**

Beberapa metode pengolahan data yang digunakan untuk analisa antara lain:

### **2.5.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi**

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode sttistika 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 (Iriawan dan Astuti, 2006).

### 2.5.2 Analisa Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara 2 variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis :

- Hipotesis untuk uji korelasi adalah :
  - $H_0$  = Tidak ada korelasi antara variabel ( $\rho = 0$ )
  - $H_1$  = Ada korelasi antara dua variabel ( $\rho \neq 0$ )

Dimana  $\rho$  adalah korelasi antara 2 variabel

- Dasar pengambilan keputusan :
  - Jika probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak

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

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

### 2.5.3 Analisa Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

1. Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor.
2. Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.
3. Model regresi berguna untuk memprediksikan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel dependent karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k$$

Dimana :

Y = Variabel respon

$\beta_0$  = Intersep (nilai Y ketika variabel bebas bernilai nol)

$\beta_1 \dots \beta_k$  = Parameter model regresi untuk variabel X1, X2, ..., Xk

$X_{1,2,\dots,k}$  = Variabel bebas

#### 2.5.4 Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon).

##### 2.5.4.1 Langkah-Langkah Dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006) :

1. Mengenali permasalahan.
2. Memilih faktor dan level.
3. Menentukan faktor dan level.
4. Memilih metode desain eksperimen.
5. Melaksanakan eksperimen.
6. Analisis data.
7. Membuat suatu keputusan.

##### 2.5.4.2 Analysis of Variance

*Analysis of Variance* atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (*dependent*) 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 (Iriawan dan Astuti, 2006).

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

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



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

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



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian.**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

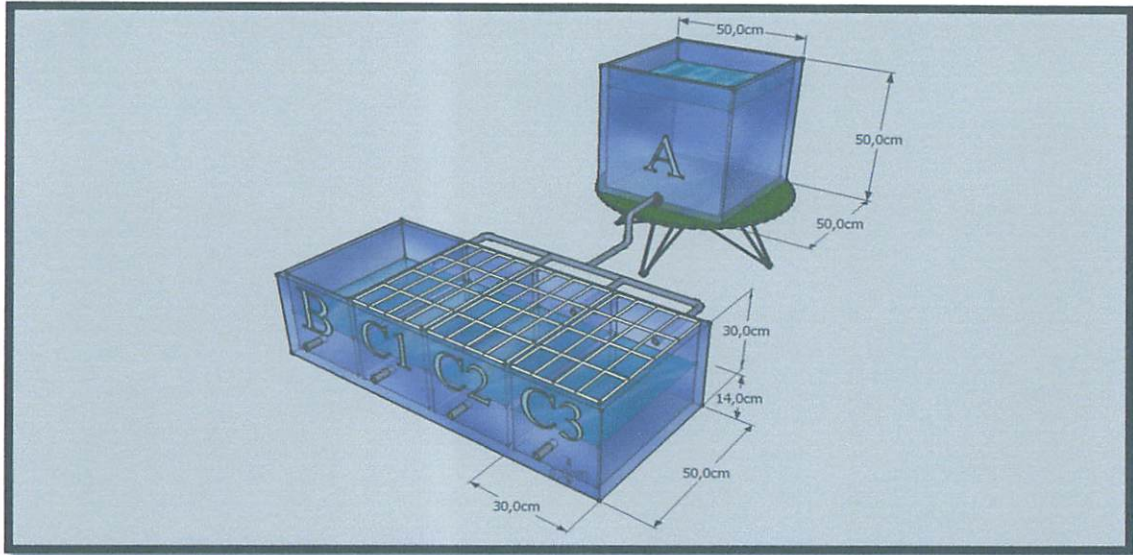
#### **3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.**

##### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

- Bak penampung  
Bak penampung berfungsi untuk menampung dan berfungsi menyetarakan debit sesuai yang direncanakan.
- Bak kontrol.  
Dibutuhkan 1 buah bak kontrol berisi air limbah Laundry tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm.
- Bak uji  
Dibutuhkan 3 buah bak uji dengan panjang 50 cm, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm. Volume air dalam setiap bak reaktor uji sebesar 4 liter atau 14 cm dari dasar reaktor. Masing-masing reaktor ditanami Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) sesuai kerapatan yang telah ditentukan.

##### **3.2.2 Bahan Penelitian**

- Air Limbah industri laundry Jln. Sengkaling Kota Malang.
- Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)



**Gambar 3.2 Reaktor Kontinyu**

**Keterangan :**

1. Bak Penampung (A)
2. Bak Kontrol (B)
3. Bak Uji (C1, C2, C3)



### **3.3 Variabel Penelitian.**

#### **3.3.1 Variabel respon**

- BOD

Konsentrasi BOD yang tinggi pada air limbah laundry dipilih agar dapat diketahui perubahan konsentrasi selama proses fitoremediasi.

- Deterjen

Konsentrasi Deterjen yang tinggi pada air limbah laundry dipilih agar dapat diketahui perubahan konsentrasi selama proses fitoremediasi.

#### **3.3.2 Variabel tetap**

- Jenis tanaman : Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

#### **3.3.3 Variabel prediktor**

- Variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, dan 80 mg/cm<sup>2</sup>.

Variasi kerapatan tanaman disesuaikan dengan ukuran reaktor dan juga ukuran tanaman uji setelah melakukan uji pendahuluan.

- Variasi waktu pengambilan sampel.

- a. Pengambilan pertama

Pengambilan sampel saat effluen keluar pertama

- b. Pengambilan kedua

Pengambilan sampel setelah 2 hari dari pengambilan pertama

- c. Pengambilan ketiga

Pengambilan sampel setelah 4 hari dari pengambilan pertama

- d. Pengambilan keempat

Pengambilan sampel setelah 6 hari dari pengambilan pertama

Pemilihan variabel bebas berdasarkan :

- Variasi kerapatan tanaman :

Perkembang biakan Eceng Gondok terjadi secara vegetatif dan generatif, perkembangbiakan secara generatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru. Akan

tetapi kepadatan Eceng Gondok optimum adalah 20-80 % dari luasan tempat hidupnya (Budiardjo dan Huboyo, 2007 dalam Lail, 2008).

Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini mengambil variasi kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 80 mg/cm<sup>2</sup> untuk mengetahui kerapatan tanaman manakah yang paling optimum dalam menyisihkan BOD dan Deterjen.

- Waktu pengambilan sampel :

Tumbuhan ini menyerap polutan sangat pesat pada waktu kontak 2-4 hari. Pola penyerapan terjadi sejak tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dikontakkan dengan air sampel dan waktu kontak maksimum tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) adalah selama 15 hari (Wariant, 2003 dan Setiawati, 2004).

Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini mengambil variasi waktu pengambilan sampel selama 6 hari.

### **3.4 Tahapan Penelitian.**

#### **3.4.1 Penelitian Pendahuluan.**

Penelitian awal dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal air sampel yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah BOD dan Deterjen.

#### **3.4.2 Aklimatisasi**

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

secara bertahap dengan tahap pengenceran. Setelah proses aklimatisasi dengan pengenceran bertahap selesai dan diperoleh tanaman uji yang sehat dan segar, maka tanaman uji siap untuk diaplikasikan. (Mantell, S.H. dan Smith, H., 2004 dalam Tyagita, 2011)

- a) Persiapan media tanam Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yaitu air sungai, sesuai dengan lingkungan hidupnya.
- b) Pemilihan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yang sehat dan segar.
- c) Penanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) pada media tanam, yaitu air sungai selama 3 hari (Hardyanti dan Rahayu, 2007).
- d) Sampai hari ketiga, dilakukan pemilihan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yang sehat dan segar yang siap untuk diaplikasikan.
- e) Penelitian dapat dimulai.

### 3.4.3 Pelaksanaan Penelitian

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

- a) Pada bak penampung dimasukkan air limbah laundry, volume disesuaikan kebutuhan masing-masing reaktor, debit dan waktu yang ditentukan.
- b) Air limbah Laundry di alirkan dari bak penampung kedalam 4 bak dalam reaktor kontinyu, sampai masing-masing bak terisi air sebanyak 4 liter.
- c) Tiap bak dalam reaktor selain bak kontrol ditambahkan tanaman uji sesuai dengan kerapatan yang sudah ditentukan. Peletakan tanaman ini disesuaikan dengan ukuran reaktor dan kerapatan tanaman uji, dengan catatan bahwa luas permukaan dari media tanam masih mencukupi untuk pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) supaya tidak saling tumpang tindih.

Bak1 : air limbah laundry 4 liter (sebagai kontrol)

Bak2 : air limbah laundry 4 liter + tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) 40mg/cm<sup>2</sup>

Bak3 : air limbah laundry 4 liter + tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) 60mg/cm<sup>2</sup>

Bak4 : air limbah laundry 4 liter + tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) 80mg/cm<sup>2</sup>

Air limbah Laundry dari bak penampung dialirkan kedalam kolam bak secara gravitasi dengan kecepatan konstan.

- d) Air limbah Laundry dibiarkan mengalir terus-menerus dengan arah aliran dari atas kebawah.
- e) Dilakukan sampling dan pengujian parameter BOD dan Deterjen diambil pada 2 titik sampel yaitu pada bak penampung dengan pengambilan sampel pada hari ke-1 dan pada effluent bak kontrol dan bak uji diambil setelah proses pengaliran pada hari ke-2, 4, dan 6.
- f) Analisa sampel dilakukan selama 6 hari. Parameter yang dianalisa adalah BOD dan Deterjen yang dianalisis di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya Malang.

### 3.5 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 variabel kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi BOD dan Deterjen pada aliran kontinyu.
3. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kerapatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan waktu detensi dapat memprediksi penurunan BOD dan Deterjen pada aliran kontinyu.

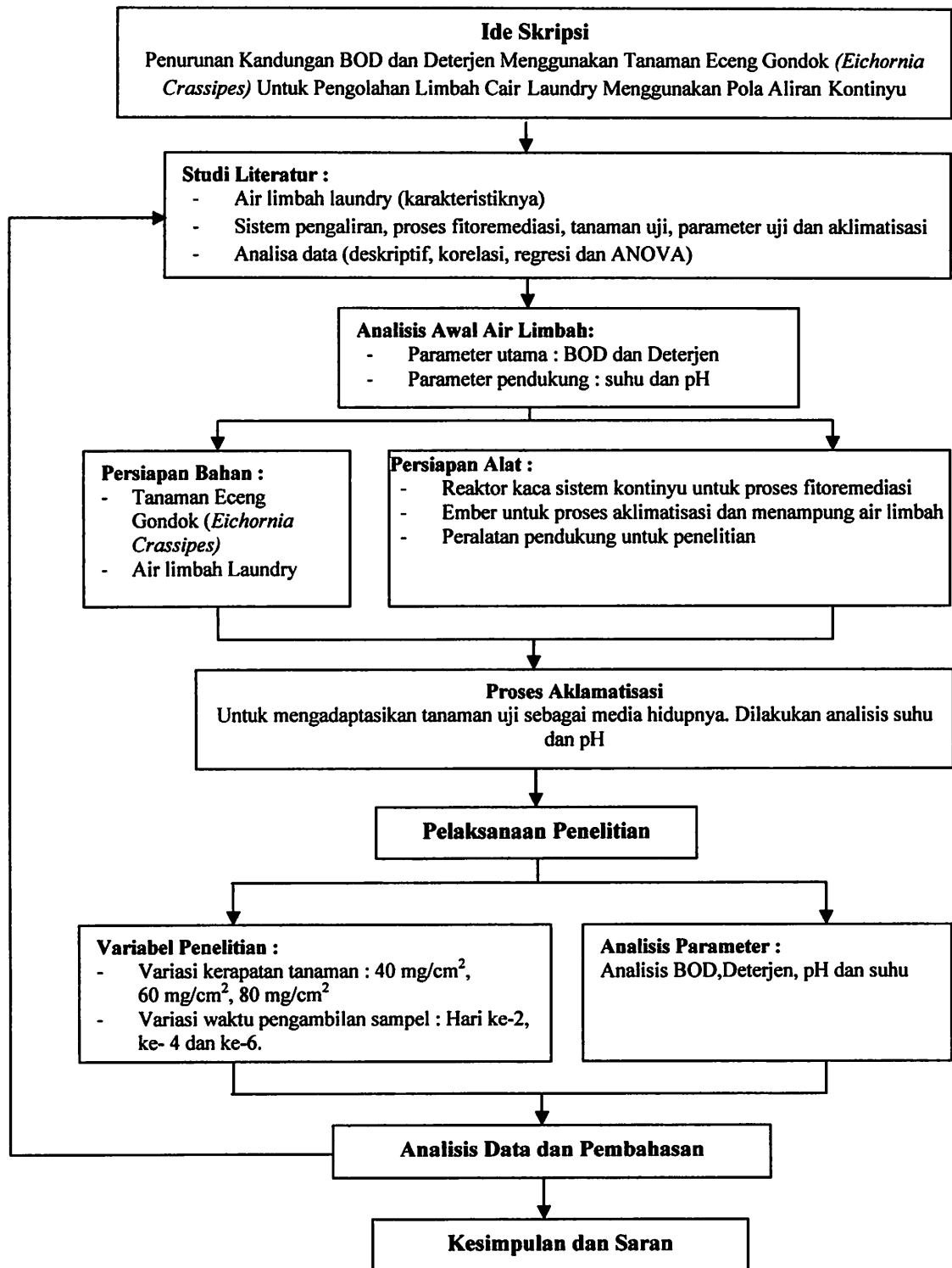


4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara variabel kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi BOD dan Deterjen pada aliran kontinyu.

### 3.6 Kerangka Penelitian

Kerangka acuan penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian. Dari latar belakang yang mendasari pemikiran untuk melakukan penelitian tentang pemakaian tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) sebagai media fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD dan Deterjen pada limbah Laundry. Maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut :





**Gambar 3.3 Kerangka Penelitian**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Limbah yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah laundry yang berasal dari proses pencucian sebuah usaha laundry di daerah Sengkaling, Kota Malang. Sebelum melakukan penelitian, dilakukan analisa awal konsentrasi limbah yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Laundry  
(Usaha laundry daerah Sengkaling, Kota Malang)**

Parameter	Konsentrasi	Keputusan Gubernur Jatim no 45 thn 2002
pH	8,7	6 - 9
Temperatur	26 °C	38 °C
BOD	61,90 mg/l	50 mg/l
Deterjen	1,48 mg/l	1 mg/l

(Sumber: Hasil Penelitian)

Hasil analisa menunjukkan bahwa kualitas limbah tersebut tidak memenuhi standar kualitas limbah. Konsentrasi BOD dan Deterjen yang nilainya tinggi dan menjadi parameter yang penting pada limbah cair laundry. Konsentrasi BOD pada limbah mencapai nilai 61,90 mg/l sedangkan konsentrasi Deterjen sebesar 1,48 mg/l telah melebihi baku mutu limbah cair untuk golongan II berdasarkan Keputusan Gubernur Jatim no 45 tahun 2002 yang tertuang dalam lampiran II, untuk BOD sebesar 50 mg/l dan untuk Deterjen sebesar 1 mg/l.

### 4.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair Laundry Setelah Proses Fitoremediasi

Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor kontinyu yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yaitu : 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 80 mg/cm<sup>2</sup>, variasi waktu detensi 2 hari dengan pengulangan pada hari ke 2, hari ke 4 dan hari ke 6.

Karakteristik akhir limbah cair laundry pada reaktor kontinyu dari hasil penelitian penurunan BOD dan Deterjen pada reaktor dapat di lihat pada tabel 4.2 di bawah ini :

**Tabel 4.2**  
**Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol dan Reaktor Uji**

Reaktor/ Variasi Kerapatan Tanaman	Konsentrasi Awal BOD) (mg/l)	Konsentrasi awal Deterjen (mg/l)	Waktu Operasional (Hari ke -)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)	Konsentrasi Akhir Deterjen (mg/l)
Kontrol	61,90	1,48	<b>Tanpa Tanaman</b>		
			2	61,86	1,42
			4	61,67	1,35
			6	61,49	1,28
40 (mg/l)	61,90	1,48	<b>Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)</b>		
			2	54,10	1,46
			4	53,05	1,41
			6	51,43	1,37
60 (mg/l)	61,90	1,48	2	53,95	1,45
			4	51,95	1,44
			6	51,36	1,40
80 (mg/l)	61,90	1,48	2	53,68	1,45
			4	52,06	1,38
			6	50,63	1,29

(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD dan deterjen pada reaktor mengalami penurunan dari hari ke-2, hari ke-4 hingga hari ke-6. Konsentrasi awal BOD yang bernilai 61,90 mg/l mampu diturunkan hingga didapatkan hasil akhir 50,63 mg/l pada hari ke-6. Konsentrasi awal Deterjen sebesar 1,48 mg/l mampu diturunkan hingga menjadi 1,29 mg/l pada hari ke-6.



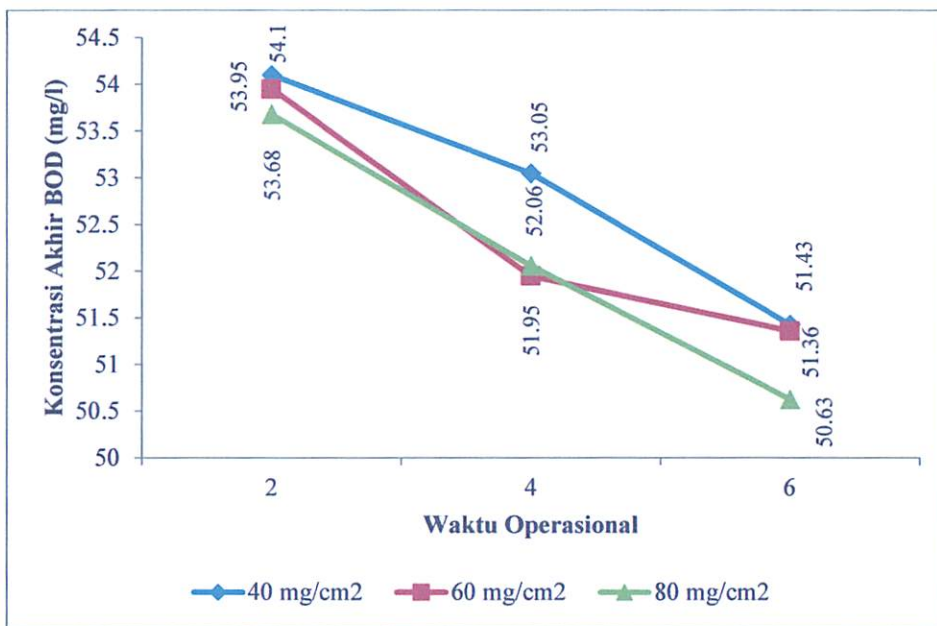
### 4.3 Analisis Penurunan BOD

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

#### 4.3.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini analisis deskriptif menggunakan rata-rata data atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

Pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa nilai konsentrasi BOD setelah mengalami proses pengolahan reaktor kontinyu dengan kerapatan 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 80 mg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Nilai akhir BOD pada tabel 4.2 tersebut akan diplotkan pada gambar 4.1 dibawah ini :



**Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses.**

❖ **Perhitungan presentase penyisihan BOD**

Berdasarkan data pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, maka dapat di cari persentase penyisihan BOD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAakhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

**Contoh Perhitungan :**

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAakhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{61,90 - 54,10}{61,90} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 12,60\%$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

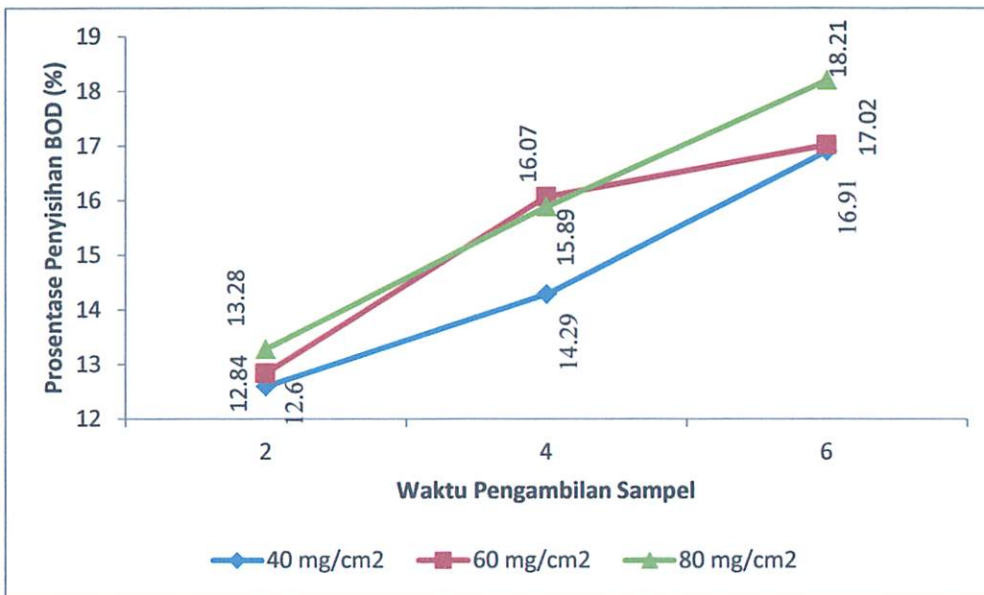
**Tabel 4.3 Persentase Penyisihan BOD**

Variasi Kerapatan (mg/cm <sup>2</sup> )	Waktu Pengambilan Sampel (Hari ke-)	Nilai Konsentrasi Akhir Rata-Rata (mg/l)	% Removal
40	2	54,10	12,60
	4	53,05	14,29
	6	51,43	16,91
60	2	53,95	12,84
	4	51,95	16,07
	6	51,36	17,02
80	2	53,68	13,28
	4	52,06	15,89
	6	50,63	18,21

(Sumber : Hasil Penelitian)



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



**Gambar 4.2 Grafik Hubungan Persentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Operasional Pengambilan Sampel Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Grafik 4.1 didapatkan persentase penurunan kandungan BOD berkisar antara 12,60% - 18,21%. Persentase penurunan kandungan BOD terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu pengambilan sampel hari ke-2 sebesar 54,10 mg/l (12,60%). Persentase penurunan kandungan BOD tertinggi terjadi pada reaktor dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 50,63 mg/l (18,21%).

#### 4.3.2 Analisis Korelasi

Ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

### Hipotesis

- $H_0$  : Korelasi tidak signifikan
- $H_1$  : Korelasi signifikan

### Pengambilan keputusan

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

### Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol). (Iriawan dan Astuti, 2006).

Hasil uji korelasi persentase penyisihan BOD pada reaktor dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini :

**Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional.**

Correlations: %BOD, kerapatan tanaman (mg/cm <sup>2</sup> ), waktu operasional		
	%BOD	kerapatan ta
kerapatan ta	0.251	
	0.515	
waktu operas	0.648	0.000
	0.059	1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Tabel 4.4 diketahui bahwa nilai korelasi antara kerapatan tanaman terhadap penyisihan BOD sebesar 0,251, artinya hubungan antara kerapatan tanaman terhadap persentase penyisihan BOD lemah, dimana koefisien korelasinya mendekati 0 (nol). Untuk nilai probabilitas antara kerapatan tanaman terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,515 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima.



Artinya persentase penyisihan terhadap kerapatan tanaman tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar kerapatan tanaman maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan BOD.

Nilai korelasi antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,648. Artinya hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan kuat, dimana koefisien korelasinya mendekati 1 (satu). Untuk nilai probabilitas variasi waktu operasional terhadap penyisihan BOD sebesar 0,059 ( $> 0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan BOD terhadap waktu operasional signifikan. Hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan BOD searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar waktu operasional maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat.

#### 4.3.3 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

- Dalam uji t untuk signifikansi koefisien dengan variabel bebas/prediktor terdapat :

##### Hipotesis

$H_0$  : koefisien regresi tidak signifikan

$H_1$  : koefisien regresi signifikan

##### Pengambilan keputusan

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

- Jika statistik hitung (angka t *output*)  $>$  statistik tabel (t tabel),  $H_0$  ditolak.
- Jika statistik hitung (angka t *output*)  $<$  statistik tabel (t tabel),  $H_0$  diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H<sub>0</sub> diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H<sub>0</sub> ditolak

Hasil uji regresi persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.5, sebagai berikut:

**Tabel 4.5 Hasil Uji Regresi Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional.**

**Regression Analysis: %BOD versus kerapatan tanama, waktu operasiona**

The regression equation is  
%BOD = 9.90 + 0.0298 kerapatan tanaman (mg/cm2) + 0.771 waktu operasional

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	9.898	2.580	3.84	0.009	
kerapatan tanaman (mg/cm2)	0.02983	0.03489	0.86	0.425	1.0
waktu operasional	0.7708	0.3489	2.21	0.069	1.0

S = 1.70938    R-Sq = 48.3%    R-Sq(adj) = 31.1%

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

Pada Tabel 4.5 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 9,90 + 0,0298 X_1 + 0,771 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan BOD

X<sub>1</sub> = Kerapatan Tanaman

X<sub>2</sub> = Waktu Operasional

Tabel 4.5 dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,0. Apabila VIF < 5 maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat. Berdasarkan hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan BOD (%), X<sub>1</sub> adalah variasi ukuran kerapatan tanaman sebesar 0,0298 dan X<sub>2</sub> adalah variasi waktu operasional 0,771. Artinya bahwa setiap penambahan kerapatan tanaman akan meningkatkan persentase penyisihan BOD sebesar 0,0298 dan setiap penambahan waktu operasional akan meningkatkan persentase penyisihan BOD sebesar 0,771. Angka 9,90 % menunjukkan bahwa jika variasi kerapatan tanaman dan waktu operasional bernilai konstan (0), maka persentase penyisihan BOD adalah 9,90 %.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( R Square = r<sup>2</sup> ) sebesar 48,3 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi kerapatan tanaman dan waktu operasional sedangkan sisanya 51,7 % penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lainnya.

C. Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas

o Berdasarkan nilai t

Pada Tabel 4.5 statistik t hitung output untuk variasi kerapatan tanaman sebesar 0,86, untuk waktu operasional 2,21 dan konstanta sebesar 3,84. Dari tabel diketahui nilai t<sub>(0,05,5)</sub> adalah 2,015. Untuk variasi kerapatan tanaman t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan. Untuk waktu operasional t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk konstanta t

hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada Tabel 4.5 Nilai probabilitas (P) untuk variasi kerapatan tanaman sebesar 0,425. Sedangkan untuk variasi waktu operasional sebesar 0,069 dan untuk konstanta sebesar 0,009. Untuk variasi kerapatan tanaman probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk variasi waktu operasional probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk konstanta probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan.

#### 4.3.4 Analisis Varian (ANOVA) Two-way

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

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

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

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

1. Nilai probabilitas,

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

2. Nilai F hitung,

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

Hasil analisis untuk persentase penyisihan BOD terhadap kerapatan tanaman dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Hasil Uji Anova Antara Persentase Penurunan BOD, Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional.**

<b>Two-way ANOVA: %BOD versus kerapatan tanaman (mg/cm<sup>2</sup>), waktu operasional</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
kerapatan tanama	2	5.3958	2.69791	0.87	0.485
waktu operasional	2	16.1358	8.06788	2.60	0.189
Error	4	12.3967	3.09918		
Total	8	33.9283			

S = 1.760    R-Sq = 63.46%    R-Sq(adj) = 26.92%

Hasil Tabel 4.6 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar Deviasi

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F kerapatan tanaman dan waktu operasional didapat  $F_{(0,05,2,4)} = 6,94$ . Nilai F hitung output kerapatan tanaman dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 0,87 dan 2,60. Nilai probabilitas kerapatan tanaman dan waktu operasional adalah 0,485 dan 0,189.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $< F$  tabel dan nilai  $P > 0,05$  artinya bahwa persentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut memang identik atau terdapat perbedaan yang tidak signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $< F$  tabel dan nilai  $P > 0,05$ . Artinya bahwa persentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut identik atau terdapat perbedaan yang tidak signifikan.

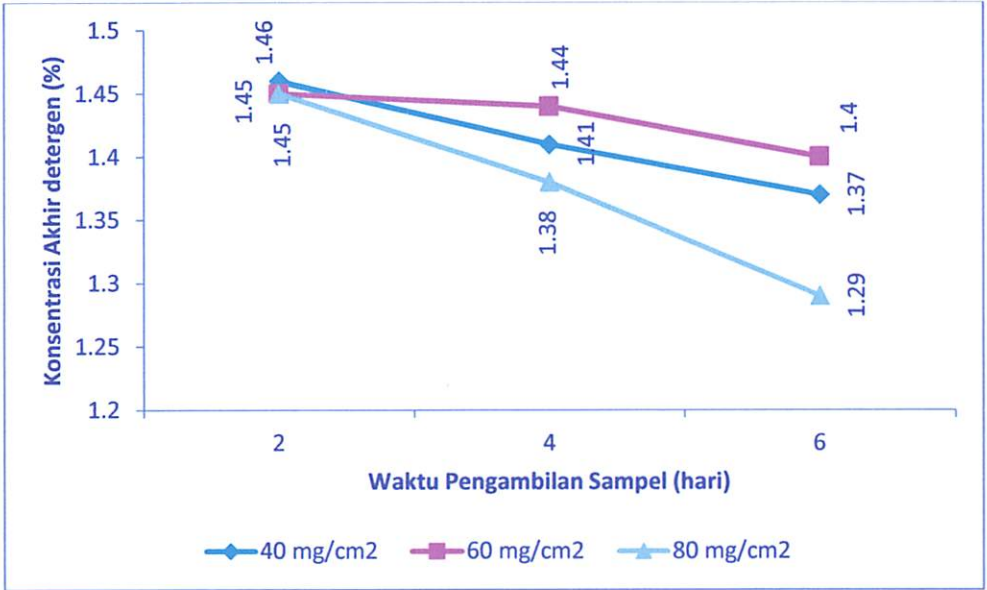
#### **4.4 Analisis Penurunan Deterjen**

Penurunan deterjen di analisis menggunakan analisis deskriptif, analisis Anova, analisis Korelasi dan regresi pada sub berikut ini.

##### **4.4.1 Analisis Deskriptif**

Analisis Deskriptif dilakukan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini analisis Deskriptif menggunakan rata-rata atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

Pada Tabel 4.2, menunjukkan bahwa nilai konsentrasi deterjen setelah melalui pengolahan pada reactor kontinyu dengan kerapatan 40 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 80 mg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan dari hari ke-2 hingga hari ke-6. Nilai akhir deterjen pada Tabel 4.2 tersebut akan diplotkan pada Gambar 4.3 dibawah ini :



**Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Deterjen Terhadap Waktu Operasional Pengambilan Sampel Setelah Proses.**

❖ **Perhitungan Persentase Penyisihan Deterjen**

Berdasarkan data pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, maka dapat di cari persentase penyisihan deterjen pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

**Contoh Perhitungan :**

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$



$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{1,48 - 1,46}{1,48} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 1,35\%$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Persentase Penyisihan Deterjen (%)**

Variasi Kerapatan (mg/cm <sup>2</sup> )	Waktu pengambilan sampel (Hari ke-)	Nilai Konsentrasi Akhir rata-rata (mg/l)	% R
40	2	1,46	1.35
	4	1,41	4.73
	6	1,37	7.43
60	2	1,45	2,03
	4	1,44	2.70
	6	1,40	5.41
80	2	1,45	2.03
	4	1,38	6.76
	6	1,29	12.84

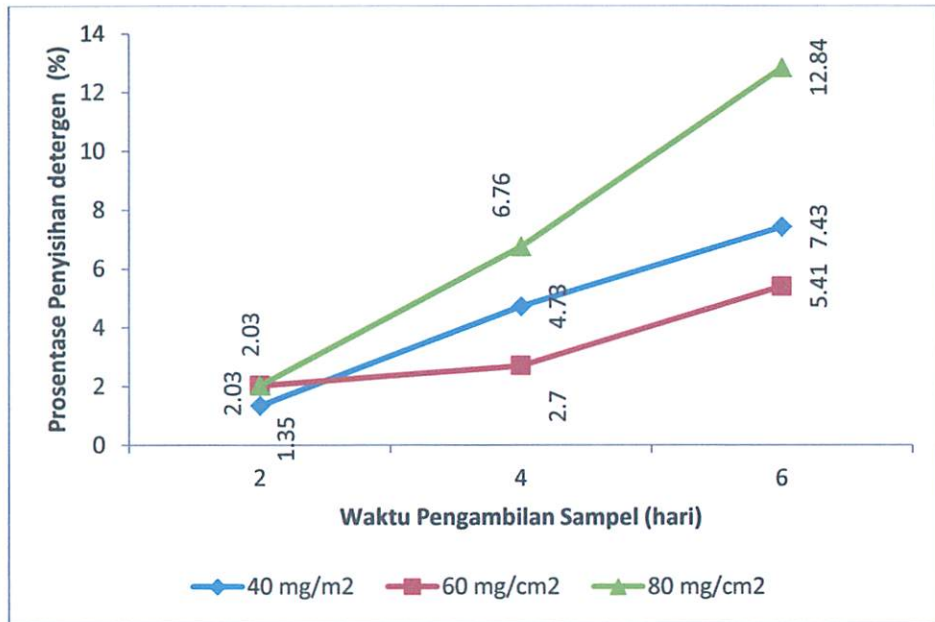
(sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan data presentase penyisihan konsentrasi Deterjen pada Tabel 4.7,

maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan Deterjen pada Grafik 4.4 berikut ini :







**Gambar 4.4 Grafik Hubungan Persentase Penyisihan Deterjen (%) Terhadap Waktu Operasional Pengambilan Sampel Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Grafik 4.3 didapatkan persentase penurunan kandungan Deterjen berkisar antara 1,35% - 12,84%. Presentasi penurunan kandungan Deterjen terendah terjadi pada reaktor dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu pengambilan sampel hari ke-2 sebesar 1,46 mg/l (1,35%). Persentase penurunan deterjen tertinggi terjadi pada reaktor dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu pengambilan sampel hari ke-6 sebesar 1,29 mg/l (12,84%).

#### 4.4.2 Analisis korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

##### Hipotesis

- H<sub>0</sub> : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- H<sub>1</sub> : Ada korelasi antara dua variabel

**Pengambilan keputusan**

- Jika probabilitas > 0,05, H<sub>0</sub> diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H<sub>0</sub> ditolak

**Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :**

Apabila nilai korelasi semakin mendekati 1 atau (-1), berarti hubungan antara 2 variabel semakin erat.

Analisis Korelasi antara persentase penyisihan Deterjen pada reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Antara Persentase Penurunan Deterjen, Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional.**

<b>Correlations: %Deterjen, kerapatan tanaman (mg/cm2), waktu operasional</b>		
	%Deterjen	kerapatan ta
kerapatan ta	0.321	
	0.400	
waktu operas	0.800	0.000
	0.010	1.000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Tabel 4.8 diketahui bahwa nilai korelasi antara kerapatan tanaman terhadap penyisihan Deterjen sebesar 0,321, artinya hubungan antara kerapatan tanaman terhadap persentase penyisihan Deterjen lemah, dimana koefisiennya mendekati 0 (nol). Untuk nilai probabilitas antara kerapatan tanaman terhadap persentase penyisihan Deterjen sebesar 0,400 (> 0,05) maka hipotesis (H<sub>0</sub>) diterima. Artinya persentase penyisihan terhadap kerapatan tanaman tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar kerapatan tanaman maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan Deterjen.

Nilai korelasi antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan Deterjen sebesar 0,800. Artinya hubungan antara variasi waktu

operasional terhadap persentase penyisihan kuat, dimana koefisiennya mendekati 1 (satu). Untuk nilai probabilitas variasi waktu operasional terhadap penyisihan deterjen sebesar 0,010 ( $< 0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) ditolak. Artinya nilai persentase penyisihan Deterjen terhadap waktu operasional signifikan. Hubungan antara variasi waktu operasional terhadap persentase penyisihan Deterjen searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar waktu operasional maka persentase penyisihan Deterjen semakin meningkat.

#### 4.4.3 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

- Dalam uji t untuk signifikansi koefisien dengan variabel bebas/prediktor terdapat :

##### Hipotesis

$H_0$  : koefisien regresi tidak signifikan

$H_1$  : koefisien regresi signifikan

##### Pengambilan keputusan

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

- Jika statistik hitung (angka *toutput*)  $>$  statistik tabel (t tabel),  $H_0$  ditolak.
- Jika statistik hitung (angka *toutput*)  $<$  statistik tabel (t tabel),  $H_0$  diterima

##### Untuk nilai Probabilitas

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

Hasil uji regresi persentase penyisihan kekeruhan dapat dilihat pada Tabel 4.9, sebagai berikut:

**Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi Antara Persentase Penurunan Deterjen,  
Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional.**

**Regression Analysis: %Deterjen versus kerapatan tanama, waktu operasional**

The regression equation is  
 %Deterjen = - 5.79 + 0.0677 kerapatan tanaman (mg/cm2) + 1.69 waktu operasional

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-5.786	3.230	-1.79	0.123	
kerapatan tanaman (mg/cm2)	0.06767	0.04369	1.55	0.172	1.0
waktu operasional	1.6892	0.4369	3.87	0.008	1.0

S = 2.14036    R-Sq = 74.3%    R-Sq(adj) = 65.7%

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

Pada Tabel 4.6 dapat kita ketahui :

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

$$Y = -5,95 + 0,0677 X_1 + 1,69X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan Deterjen

X<sub>1</sub> = Kerapatan Tanaman

X<sub>2</sub> = Waktu Operasional

Tabel 4.9 dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,0. Apabila  $VIF < 5$  maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat. Berdasarkan hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan Deterjen(%),  $X_1$  adalah variasi ukuran kerapatan tanaman sebesar 0,0677 dan  $X_2$  adalah variasi waktu operasional 1,69. Artinya bahwa setiap penambahan kerapatan tanaman akan menurunkan persentase penyisihan deterjen sebesar 0,0677 dan setiap penambahan waktu operasional akan meningkatkan persentase penyisihan Deterjen sebesar 1,69. Angka -5,95 % menunjukkan bahwa jika variasi kerapatan tanaman dan waktu operasional bernilai konstan (0), maka persentase penyisihan Deterjen adalah -5,95 %.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (  $R^2$  ) sebesar 74,3 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi Deterjen dipengaruhi oleh variasi kerapatan tanaman dan waktu operasional sedangkan sisanya 25,7% penurunan penyisihan Deterjen dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas

- o Berdasarkan nilai t

Pada Tabel 4.6 statistik t hitung output untuk variasi kerapatan tanaman sebesar 1,55, untuk waktu operasional 3,87 dan konstanta sebesar -1,79. Dari tabel diketahui nilai  $t_{(0.05,5)}$  adalah 2,015. Untuk variasi kerapatan tanaman  $t$  hitung output  $<$  statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan. Untuk waktu operasional  $t$  hitung output  $>$  statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk konstanta  $t$  hitung output  $<$  statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada Tabel 4.6 Nilai probabilitas (P) untuk variasi kerapatan tanaman sebesar 0,172. Sedangkan untuk variasi waktu operasional sebesar 0,008 dan untuk konstanta sebesar 0,123. Untuk variasi

kerapatan tanaman probabilitasnya  $> 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk variasi waktu operasional probabilitasnya  $< 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan. Untuk konstanta probabilitasnya  $> 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.4.4 Analisis Varian (ANOVA) Two-way

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

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

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

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

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

Hasil analisis untuk persentase penyisihan Deterjen terhadap kerapatan tanaman dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Hasil Uji Anova Antara Persentase Penurunan Deterjen, Kerapatan Tanaman, Waktu Operasional.**

**Two-way ANOVA: %Deterjen versus kerapatan tanaman (mg/cm<sup>2</sup>), waktu operasional**

Source	DF	SS	MS	F	P
kerapatan tanama	2	23.257	11.6284	3.14	0.151
waktu operasional	2	68.887	34.4434	9.30	0.031
Error	4	14.811	3.7028		
Total	8	106.955			

S = 1.924    R-Sq = 86.15%    R-Sq(adj) = 72.30%

• Hasil Tabel 4.10 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar Deviasi

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F kerapatan tanaman dan waktu operasional didapat  $F_{(0,05,2,4)} = 6,94$ . Nilai F hitung output kerapatan tanaman dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 3,14 dan 9,30. Nilai probabilitas kerapatan tanaman dan waktu operasional adalah 0,151 dan 0,031.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung < F tabel dan nilai P > 0,05 artinya bahwa persentase penyisihan Deterjen dalam perlakuan tersebut memang identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu operasional adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai



F hitung  $>$  F tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Artinya bahwa persentase penyisihan Deterjen dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang menyebabkan terjadi peningkatan persentase penyisihan Deterjen pada waktu operasional yang cukup besar.

#### **4.5 Pembahasan**

Konsentrasi BOD dan Deterjen mengalami penurunan selama proses pengolahan, penurunan konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh variasi kerapatan tanaman dan waktu operasional.

##### **4.5.1 Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penyisihan BOD.**

Nilai konsentrasi awal BOD sebesar 61,90 mg/l dan mengalami penurunan konsentrasi setelah melalui reaktor pengolah selama waktu operasional pengambilan sampel hari ke 2, hari ke 4 dan hari ke 6. Penurunan konsentrasi akhir BOD yang terendah setelah melalui reaktor pengolah terjadi pada reaktor I dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup> pada waktu operasional pengambilan sampel hari ke 2 sebesar 54,10 mg/l (12,60 %) dan nilai tertinggi terjadi pada reaktor III dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup> sebesar 50,63 mg/l (18,21 %) pada waktu operasional hari ke 6.

Kerapatan 80 mg/cm<sup>2</sup> merupakan kerapatan yang efektif dalam meremoval konsentrasi BOD. Artinya semakin besar kerapatan tanaman maka penurunan BOD akan semakin meningkat. Demikian sebaliknya semakin kecil kerapatan tanaman maka penurunan kandungan BOD akan semakin menurun. Pada analisa ANOVA, korelasi maupun regresi didapatkan nilai probabilitas  $\geq$  dari taraf signifikan (5%) dimana hipotesis awal ( $H_0$ ) diterima dan hipotesis ( $H_1$ ) ditolak. Nilai koefisien pada analisis korelasi menunjukkan hubungan yang lemah dimana nilai koefisiennya mendekati 0 (nol) yakni untuk presentase penyisihan BOD



mempunyai nilai 0,251. Hubungan antara kerapatan tanaman dan presentase penyisihan BOD searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi.

Waktu detensi yang efektif adalah hari ke-6 dimana konsentrasi BOD mengalami penurunan. Pada hari ke-6 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. Semakin lama waktu detensi maka nilai BOD yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari waktu detensi searah ditandai dengan adanya tanda positif (+).

#### **4.5.2 Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Dan Waktu Operasional Terhadap Persentase Penyisihan Deterjen.**

Nilai konsentrasi awal Deterjen sebesar 1,48 mg/l dan mengalami penurunan konsentrasi setelah melalui reaktor pengolah selama waktu operasional pengambilan sampel hari ke 2, hari ke 4 dan hari ke 6. Penurunan nilai konsentrasi Deterjen yang terendah setelah melalui reaktor pengolah terjadi pada reaktor I dengan kerapatan tanaman 40 mg/cm<sup>2</sup> pada waktu operasional pengambilan sampel hari ke 2 sebesar 1,46 mg/l (1,35 %) dan nilai tertinggi terjadi pada reaktor III dengan kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup> sebesar 1,29 mg/l (12,84 %) pada waktu operasional hari ke 6.

Kerapatan 80 mg/cm<sup>2</sup> merupakan kerapatan yang efektif dalam meremoval konsentrasi Deterjen. Artinya semakin besar kerapatan tanaman maka penurunan Deterjen akan semakin meningkat. Demikian sebaliknya semakin kecil kerapatan tanaman maka penurunan kandungan Deterjen akan semakin menurun. Pada analisa ANOVA, korelasi maupun regresi didapatkan nilai probabilitas  $\geq$  dari taraf signifikan (5%) dimana hipotesis awal ( $H_0$ ) diterima dan hipotesis ( $H_1$ ) ditolak. Nilai koefisien pada analisis korelasi menunjukkan hubungan yang lemah dimana

nilai koefisiennya mendekati 0 (nol) yakni untuk presentase penyisihan Deterjen mempunyai nilai 0,321. Hubungan antara kerapatan tanaman dan presentase penyisihan Deterjen searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi.

Waktu detensi yang efektif adalah hari ke-6 dimana konsentrasi Deterjen mengalami penurunan. Pada hari ke-6 ini diperkirakan mikroba sudah benar-benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai Deterjen 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. Semakin lama waktu detensi maka nilai Deterjen yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari waktu detensi searah ditandai dengan adanya tanda positif (+).

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

Kemampuan tanaman menyerap polutan tergantung pada faktor kemampuan removal tanaman dan kerapatan tanaman. Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrisi bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan energi bagi kehidupan mikroba. (Handayanto, E. dan Hairah, K, dalam Tyagita 2011).

Semakin padat kerapatan tanaman maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi bahan organik. Tapi pada penelitian

ini, variasi kerapatan tanaman tidak terlalu berpengaruh dalam menurunkan kandungan BOD dan Deterjen hal ini dikarenakan tanaman uji sudah mengalami kejenuhan. Kejenuhan tersebut bisa terjadi karena sebelum digunakan untuk penelitian ini, tanaman Eceng Gondok tersebut sudah digunakan untuk pengolahan limbah tinja. Hasil penelitian tersebut di tunjang dengan analisis ANOVA dalam reaktor kontinu menunjukkan bahwa persentase BOD dan Deterjen dalam perlakuan identik atau tidak ada perbedaan yang signifikan.

Penyerapan unsur-unsur hara oleh Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dilakukan oleh bulu-bulu akar sehingga bulu-bulu akar inilah yang berperan dalam proses penurunan konsentrasi BOD dan Deterjen. Penurunan BOD dan Deterjen pada tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah lamanya waktu perlakuan (Amalia,2005 dalam tyagita, 2011)

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan selama 6 hari, dengan pertimbangan agar tanaman uji mempunyai waktu yang cukup dalam menyerap bahan pencemar. Semakin lama waktu detensi maka semakin banyak pula kesempatan tanaman uji untuk menyerap unsur-unsur kimia dalam air limbah, sehingga tingkat pencemaran di lingkungan juga semakin kecil ( Upadhyay, 2004).

#### **4.5.3 Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremediasi Berdasarkan Standart Baku Mutu**

Konsentrasi awal BOD pada limbah Laundry adalah 61,90 mg/l sementara konsentrasi awal Deterjen sebesar 1,48 mg/l. konsentrasi BOD dan deterjen pada limbah Laundry telah melebihi standart baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan Gubernur Jatim no 45 thn 2002. Untuk konsentrasi BOD yaitu sebesar 50 mg/l dan untuk konsentrasi Deterjen yaitu sebesar 1 mg/l. setelah dilakukan pengolahan dengan fitoremediasi konsentrasi BOD dan Deterjen yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir BOD pada limbah laundry telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan kerapatan yang paling efektif yakni pada kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup>

menghasilkan konsentrasi akhir pada hari ke-6 sebesar 50,63 mg/l. Dari hasil akhir konsentrasi BOD tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan belum memenuhi standart baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan Gubernur Jatim no 45 thn 2002.

Konsentrasi akhir Deterjen limbah laundry yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan kerapatan yang paling efektif yakni pada kerapatan tanaman 80 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-6 sebesar 1,29 mg/l. Dari hasil akhir konsentrasi Deterjen tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan belum memenuhi standart baku mutu kualitas air berdasarkan Keputusan Gubernur Jatim no 45 thn 2002.

Kerapatan tanaman Eceng Gondok sangat berpengaruh dalam penurunan kadar limbah BOD dan Deterjen, dilihat dari kemampuan tanaman tersebut dengan kerapatan 80 mg/cm<sup>2</sup> dapat menurunkan kadar limbah BOD dan Deterjen walaupun belum memenuhi standart baku mutu kualitas air, hal ini disebabkan karena kurang tepatnya penggunaan kerapatan 80 mg/cm<sup>2</sup> pada tanaman Eceng Gondok untuk menurunkan kadar BOD dan Deterjen limbah Laundry, dengan demikian perlu dilakukan pengkajian ulang mengenai kerapatan tanaman yang tepat untuk menurunkan limbah BOD dan deterjen dengan penggunaan tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*).

Pengolahan limbah laundry dengan memanfaatkan tanaman air terutama tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan menggunakan pola aliran secara kontinyu dapat menurunkan kadar BOD dan Deterjen, maka proses Fitoremediasi dengan jenis tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah.



## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Semakin besar kerapatan tanaman dan semakin lama waktu operasional, maka persentase penyisihan BOD dan Deterjen akan semakin meningkat.
2. Pada fitoremediasi dengan menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dapat menurunkan kadar BOD sebesar 18,21 % dengan konsentrasi awal sebesar 61,90 mg/l menjadi 50,63 mg/l dan kadar Deterjen sebesar 12,84 % dengan konsentrasi awal sebesar 1,48 mg/l menjadi 1,29 mg/l.
3. Kerapatan optimum dari tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan menggunakan Reaktor Kontinyu untuk menurunkan kadar BOD dan Deterjen adalah 80 mg/cm<sup>2</sup>.

### 5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

- a. Perlu penelitian yang lebih lanjut dengan memperbesar waktu operasional dan kerapatan tanaman pada proses fitoremediasi untuk memperoleh tingkat penyisihan BOD dan Deterjen yang lebih besar.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter lain pada air limbah *laundry* seperti surfactan dan minyak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul majid,MS. 2004. "***Kandungan Unsur Hara, Kimia Tanah***".
- Alaerts, G., Dr. Ir. Sri Sumestri Santika. 1984. "***Metode Penelitian Air***". Surabaya.
- Amalia, D. 2005. "***Studi Keefektifan Penurunan Kromium ( $Cr^{6+}$ ) Pada Air Limbah dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)***". Surabaya: Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITS
- Aneja dan Singh. 1992. "***Eichornia Crassipes***"
- Anonim . "***Deterjen***". (<http://id.wikipedia.org/wiki/Deterjen>)
- Anonim. "***Industri pencucian pakaian***". (<http://www.tempointeraktif.com/ipitek>).  
Diakses tanggal 25 November 2011 pukul 20.30
- Anonim. "***Fitoremediasi***". ([http://ltd.bppt.tripod.com/sublab/lflora\\_1.htm](http://ltd.bppt.tripod.com/sublab/lflora_1.htm)).  
Diakses pada tanggal 02 januari 2012 pukul 19.30
- Anonim. "***Eichhornia Crassipes***". (<http://majalahforum.com/ipitek>).  
Diakses tanggal 5 Desember 2011 pukul 20.30
- Astuti, Widyatmoko, dan mauren,2003. "***Penggunaan air bersih pada industri Laundry***".
- Bondowoso, H. 2011. "***Penggunaan Teknologi WetLand Dalam Proses Air Buangan Domestik***".

- Budihardjo, M dan Hubono, H. 2007. ***“Pola Persebaran Tanaman Eceng Gondok Pada Permukaan Danau”***. Semarang
- Hardyanti, N dan Rahayu, S. ***“Fitoremediasi Phospat dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)”***
- Iriawan, N dan Astuti, S.p. 2006. ***“Mengelola Data Statistik dengan Mudah dengan MINITAB 14”***. Yogyakarta
- Lail, N. 2008. ***“Dengan Menggunakan Tanaman Air Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dapat Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan Pada Air Selokan Mataram Jogjakarta”***. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, UII Jogjakarta.
- Mangkoedihardjo, S. dan Samudro, G. 2010. ***“Fitoteknologi Terapan”***. Yogyakarta
- Mantell, S.H. dan Smith, H. 2004. ***“Plant Biotechnology (3th Edition)”***. University Press. Cambridge
- Pandey, B.P. 1991. ***“Plant Anatomi”***. New Delhi.
- Prihandrijanti, dkk. 2009. ***“Fitoremediasi Dengan Eceng Gondok dan Kiambang Untuk Menurunkan Konsentrasi Detergen, Minyak Lemak dan Krom Total”***. Universitas Surabaya
- Ronald, L. 1997. ***“Theory and Practice Of Water and Wastewater Treatment”***. Johan Wiley & Sons, Inc, USA

Setiawati, E. 2004. *“Kajian Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Sebagai Fitoremediasi Cs”*. Jurusan Fisika FMIPA UNDIP.

Taufikurrahman. 2006. *”Penurunan TSS, Warna dan COD Pada Limbah Laundry Menggunakan Membran Mikrofiltrasi (MF) Dengan Pretreatment Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi”*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITN Malang.

Widiyanto. 1986. *“The Effect Of Heavy Metal On The Growth Of Water Hyacinth”*. Bogor-Indonesia





# LAMPIRAN

## KRITERIA DESAIN REAKTOR KONTINYU

Bak yang digunakan berbentuk persegi panjang sehingga rumus volume dan debit air limbah di dalam reaktor adalah:

- **Volume Reaktor Uji**

Diketahui :

Panjang reaktor = 50 cm

Lebar reaktor = 30 cm

Tinggi muka air = 30 cm

Sehingga

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \\ &= 45000 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

- **Volume Air Limbah**

Diketahui :

Panjang reaktor = 50 cm

Lebar reaktor = 30 cm

Tinggi muka air = 10 cm

Sehingga

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 15000 \text{ cm}^3 = 15 \text{ liter}\end{aligned}$$

- Debit Reaktor

Diketahui :

Volume = 15 liter

Td = 2 hari

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{V}{td} \\ &= \frac{15 \text{ liter}}{2 \text{ hr}} \\ &= 7,5 \text{ l/hr} \\ &= \frac{7500 \text{ ml}}{86400 \text{ dtk}} \\ &= 0,0868 \text{ ml/dtk} \end{aligned}$$

Jadi volume keseluruhan yang dibutuhkan selama 6 hari adalah :

$$6 \times 7,5 \text{ liter} = 45 \text{ liter}$$

$$518400 \text{ dtk} \times 0,0868 \text{ ml/dtk} = 44997,12 \text{ ml}$$





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG  
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA  
JLN. VETERAN TELP. (0341) 575838  
MALANG 65145**

---

---

## **LAPORAN HASIL ANALISA**

**NO : LP. 806/RT.5/T.1/R.O/TT.150803/2011**

### **Data Konsumen**

**Nama Konsumen : Wildan**  
**Instansi : -**  
**Alamat : Jln. Sengkaling no.21**  
**Telepon : 085755199283**  
**Status : Mahasiswa FTSP Teknik Lingkungan ITN Malang**  
**Keperluan Analisis : Uji Kualitas Air limbah Laundry**  
**Tanggal Terima Sampel : 05 November 2011**

### **Data Hasil Analisa**

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Metode Analisa</b>
<b>Deterjen</b>	<b>mg/l</b>	<b>1,48</b>	<b>Spektrofotometri</b>
<b>BOD</b>	<b>mg/l</b>	<b>61,90</b>	<b>Iodometri</b>

INSTITUT TEKNIK PERTANJARAN NASIONAL  
 LABORATORIUM TEKNIK BAHAN  
 LABORATORIUM MIPA LINGKUNGAN  
 JALAN VETERAN TELUK ANSON, 20138  
 MALANG 60138



**LAPORAN HASIL ANALISA**

NO : LP.001/2011/PT.01/2011

Nama Konsumen : Wildan  
 Instansi :  
 Alamat : Jln. Sengaling no. 21  
 Telepon : 08258419233  
 Status : Mahasiswa FTSR Teknik Lingkungan ITN Malang  
 Keperluan Analisa : Uji Kualitas Air Limbah Laundry  
 Tanggal Terima Sampel : 08 November 2011

Data Hasil Analisa

Parameter	Setoran	Hasil	Metode Analisa
Defejen	mg/l	1,48	Spektrofotometri
BOD	mg/l	61,30	Idometri