

# SKRIPSI

**PENURUNAN PHOSPAT DAN BOD (*Biological Oxygen Demand*)  
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia Crassipes*)  
SEBAGAI PENGOLAHAN AIR SUNGAI BRANTAS DENGAN METODE  
FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN POLA ALIRAN KONTINYU  
(Studi Kasus : DAS Brantas Jalan Cibuni Kota Malang)**



MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

Oleh :

**ZHARA AJENG SAPUTRI**

**07.26.002**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2011**

SECRET

(When the original is destroyed) this copy shall be destroyed  
(When the original is destroyed) this copy shall be destroyed  
When the original is destroyed this copy shall be destroyed  
When the original is destroyed this copy shall be destroyed  
When the original is destroyed this copy shall be destroyed  
(When the original is destroyed) this copy shall be destroyed

SECRET

SECRET  
SECRET

SECRET  
SECRET  
SECRET  
SECRET  
SECRET

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PENURUNAN PHOSPAT DAN BOD (*Biological Oxygen Demand*)  
MENGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia Crassipes*)  
SEBAGAI PENGOLAHAN AIR SUNGAI BRANTAS DENGAN METODE  
FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN POLA ALIRAN KONTINYU  
(Studi Kasus : DAS Brantas Jalan Cibuni Kota Malang)**

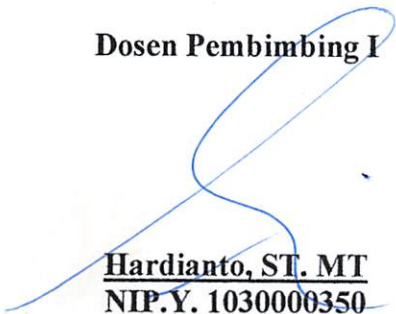
Oleh :

**ZHARA AJENG SAPUTRI**

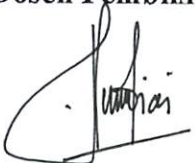
**07.26.002**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

  
**Hardianto, ST. MT**  
**NIP.Y. 1030006350**


Dosen Pembimbing II

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

Mengetahui

Malang, Agustus 2011

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

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





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

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

(PERSERO) MALANG  
K NIAGA MALANG

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

---

**BERITA ACARA UJIAN SKIRPSI**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : ZHARA AJENG SAPUTRI  
NIM : 07.26.002  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
JUDUL : **PENURUNAN PHOSPAT DAN BOD MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (EICHORNIA CRASSIPES) SEBAGAI PENGOLAHAN AIR SUNGAI BRANTAS DENGAN METODE FITOREMEDIASI POLA ALIRAN KONTINYU (Studi Kasus : DAS Brantas Jalan Cibuni Kota Malang)**

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi jenjang Program Strata Satu (S1)

Pada Hari : Sabtu

Tanggal : 20 AGUSTUS 2011


Dengan Nilai : B<sup>+</sup> (72,40)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**KETUA**

  
**Candra Dwi Ratna, ST. MT**  
NIP. Y. 1030000349

**SEKRETARIS**

  
**Evi Hendriarianti, ST. MMT**  
NIP. Y. 1030300382

**PENGUJI I**

  
**Sudiro, ST. MT**  
NIP. Y. 1039900327

**PENGUJI II**

  
**Evi Hendriarianti, ST. MMT**  
NIP. Y. 1030300382

---

Saputri, Z. A., Hardianto, Artiyani, A. 2011. **Penurunan Phospat dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Pengolahan Air Sungai Brantas dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Pola Aliran Kontinyu (Studi kasus : DAS Brantas Jalan Cibuni Kota Malang)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

### ABSTRAKSI

Sungai Brantas dari hari ke hari semakin keruh disebabkan oleh buangan limbah domestik maupun limbah non domestik yang masuk ke badan air. Oleh karenanya diperlukan pengolahan agar air Sungai Brantas dapat dimanfaatkan sebagai air baku air minum. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya penurunan phospat dan BOD pada air Sungai Brantas dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dan untuk mengetahui hubungan antara kerapatan tanaman dan waktu operasional dalam menurunkan phospat dan BOD pada air Sungai Brantas dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).

Penelitian ini menggunakan reaktor kontinyu dengan tanaman mengapung yaitu eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), dengan variasi kerapatan tanaman yaitu 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, dan 90 mg/cm<sup>2</sup> dan variasi waktu operasional yaitu hari ke-1, hari ke-2, ke-3, ke-4 dan ke-5 dengan 2 parameter uji yaitu Phospat dan BOD.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan menggunakan reaktor kontinyu mampu menurunkan konsentrasi Phospat dan BOD, akan tetapi hasil akhirnya tidak memenuhi standart baku mutu yang ada. Keefektifitasan ini terjadi pada waktu pengambilan sampel hari ke 5. Konsentrasi Phospat dapat diturunkan hingga 90,96 % dari konsentrasi 7,20 mg/l menjadi 0,67 mg/l. Sedangkan konsentrasi BOD dapat diturunkan hingga 71,12 % dari konsentrasi 457 mg/l menjadi 132 mg/l.

**Kata kunci:** Air Sungai Brantas, BOD, *Eichornia Crassipes*, Kontinyu, Phospat

---

Saputri, Z. A., Hardianto, Artiyani, A. 2011. **Degradation of Phosphate dan BOD (Biological Oxygen Demand) By Water Hyacinth Plant (*Eichornia crassipes*) On The Brantas River Using Phytoremediation Method With Continuous Flow Pattern (Case study: Watershed Brantas River Jalan Cibuni Malang City).** Thesis Department of Environmental Engineering National Institute of Technology Malang

---

### ABSTRACT

Brantas River is from day to day more turbid due to the disposal of domestic waste and non-domestic waste entering the river. Therefore necessary that adequate treatment for the water of Brantas River can be used as the raw water of drinking water. The purpose of this research was to determine the amount of phosphate and BOD reduction using water hyacinth plants (*Eichornia crassipes*) using phytoremediation method in the water of Brantas River and correlation plant density between variations of detention time.

This study uses a continuous reactor with a floating plant is water hyacinth plant (*Eichornia crassipes*), with variations in plant density are 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup> and 90 mg/cm<sup>2</sup> and variations of detention time are 1st day, 2nd day, 3rd day, 4th day and 5th day, with 2 parameters are phosphate and BOD.

The results of this study indicate that the water hyacinth plant (*Eichornia crassipes*) using a continuous reactor capable of lowering the concentration of phosphate and BOD, but the end result does not meet existing quality standards. Effectiveness occurs at sampling 5th day. Phosphate concentration can be reduced up to 90,96% of the concentration of 7,20 mg/l to 0,67 mg/l. And the concentration of BOD can be reduced up to 71,12% of the concentration of 457 mg/l to 132 mg/l.

**Key words: Water Brantas River, BOD, *Eichornia Crassipes*, Continuous Flow Pattern, phosphate**

## KATA PENGANTAR

### *Bismillahirrahmanirrahim*

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penurunan fosfat dan BOD menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) sebagai pengolahan air Sungai Brantas dengan metode fitoremediasi menggunakan pola aliran kontinyu”** ini.

Saya berharap penelitian ini dapat menjadi masukan bagi para masyarakat yang berada menggunakan air sungai sebagai air baku air minum, untuk mengolahnya terlebih dahulu sebelum digunakan. *Fitoremediasi* dapat dijadikan sebagai pengolahan alternatif yang ekonomis.

Ucapan terima kasih saya persembahkan kepada yang terhormat :

1. Orang tua dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan moril, materil, dan kucuran do'a yang tak pernah usai sejak awal kehidupan saya hingga saat ini.
2. Bapak Hardianto, ST, MT. selaku dosen pembimbing I saya.
3. Ibu Anis Artiyani, ST, MT. selaku dosen pembimbing II saya.
4. Ibu Candra Dwi Ratna, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Ibu Evy Endriariyanti, ST, MMT. selaku dosen wali saya.
6. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Rekan Teknik Lingkungan ITN Malang, khususnya angkatan 2007 atas dukungan dan semangat yang selalu di berikan.
8. Serta pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Dengan keterbatasan sebagai seorang mahasiswa, laporan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap kritik dari semua pihak agar menjadi

tambahan pengalaman pada waktu yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat dibaca oleh banyak orang

Malang, 28 Juli 2011

Zhara Ajeng Saputri



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>ABSTRAKSI</b>	i
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	viii
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Umum Air	5
2.1.1 Air Sungai	6
2.2 Pengambilan Sampel	7
2.2.1 Umum	7
2.2.2 Persiapan Pengambilan Sampel	7
2.2.3 Pemilihan Titik Pengambilan Sampel	8
2.2.4 Frekuensi Pengambilan Sampel	11
2.3 Sungai Brantas	11
2.4 Fitoremediasi	12
2.5 Jenis-Jenis Tumbuhan Air	17

2.6	Tanaman Eceng Gondok ( <i>Eichornia Crassipes</i> )	20
2.6.1	Manfaat Eceng Gondok	23
2.6.2	Kerugian Eceng Gondok	24
2.7	Aklimatisasi	24
2.8	Parameter Yang Diuji	25
2.8.1	Phospat	25
2.8.2	BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> )	25
2.9	Metode Pengolahan Data	26
2.9.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi	26
2.9.2	Analisis Korelasi	26
2.9.3	Analisis Regresi	27
2.9.4	Pengantar Desain Eksperimen	28
2.9.5	Analysis Of Variance	28

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Lokasi Penelitian	29
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian	29
3.2.1	Peralatan Penelitian	29
3.2.2	Bahan Penelitian	29
3.3	Variabel Penelitian	31
3.3.1	Variabel repon	31
3.3.2	Variabel tetap	31
3.3.3	Variabel prediktor	31
3.4	Tahapan Penelitian	32
3.4.1	Penelitian Pendahuluan	32
3.4.2	Aklimatisasi	32
3.4.3	Pelaksanaan Penelitian	33
3.5	Analisa dan Data Pembahasan	34
3.6	Kerangka Penelitian	35

## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1	Lokasi Penelitian	37
4.2	Karakteristik Akhir Air Sungai Brantas Setelah Proses Fitoremediasi	38
4.3	Analisis Penurunan Phospat	40
4.3.1	Analisis Deskriptif	40
4.3.2	Analisis Korelasi	42
4.3.3	Analisis Regresi	45
4.3.4	Analisis Varian (ANOVA) Two Way	47
4.4	Analisis Penurunan BOD	49
4.4.1	Analisis Deskriptif	49
4.4.2	Analisis Korelasi	52
4.4.3	Analisis Regresi	55
4.4.4	Analisis Varian (ANOVA) Two Way	57
4.5	Pembahasan	59
4.5.1	Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan Phospat dan Prosentase Penyisihan BOD	59
4.5.2	Pengaruh Variasi Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Phospat dan Prosentase Penyisihan BOD	61
4.5.3	Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremediasi Berdasarkan Standart Baku Mutu	62

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara Pengambilan Sampel Yang Mewakili Air Dalam Sungai, Saluran, dsb	8
Gambar 2.2 Cara Pengambilan Sampel Di Sungai Dengan Beberapa Aliran	9
Gambar 2.3 Bila Aliran Anak Sungai Terganggu Perubahan Tingginya	10
Gambar 2.4 Pengambilan Sampel di Daerah Perkotaan	10
Gambar 2.5 Pengambilan Sampel di Daerah Industri	11
Gambar 2.6 Peta Pengambilan Sampel	12
Gambar 2.7 Proses Fitoekstraksi	13
Gambar 2.8 Proses <i>Rhizofiltration</i>	14
Gambar 2.9 Proses Phytostabilization	14
Gambar 2.10 Proses Rhyzodegradation	15
Gambar 2.11 Proses Phytodegradation	15
Gambar 2.12 Proses Phytovolatilization	16
Gambar 2.13 Eceng Gondok	21
Gambar 3.1 Sketsa Reaktor Kontinyu	30
Gambar 3.2 Reaktor Kontinyu	30
Gambar 3.3 Karangka Penelitian	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas	6
Tabel 2.2 Cara Pengawetan Sampel	7
Tabel 4.1 Karakteristik Sungai Brantas	37
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Akhir Pada Reaktor Kontrol dan Reaktor Uji	38
Tabel 4.3 Prosentase Penyisihan Fosfat (%)	41
Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat	43
Tabel 4.5 Hasil Uji Regresi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat	45
Tabel 4.6 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat	48
Tabel 4.7 Prosentase Penyisihan BOD (%)	51
Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan BOD	53
Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat	55
Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat	58

## **DAFTAR GRAFIK**

<b>Grafik 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Phospat (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses</b>	<b>40</b>
<b>Grafik 4.2 Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan Phospat (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses</b>	<b>42</b>
<b>Grafik 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses</b>	<b>50</b>
<b>Grafik 4.4 Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (mg/l) Terhadap Waktu Pengambilan Sampel Setelah Proses</b>	<b>52</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sungai Brantas adalah sungai yang mengalir ke Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang, Mojokerto, dan mempunyai panjang 320 km. Wilayah daerah aliran Sungai Brantas merupakan DAS (Daerah Aliran Sungai) strategis sebagai penyedia air baku untuk berbagai kebutuhan ([www.tempointeraktif.com/2011/03/22](http://www.tempointeraktif.com/2011/03/22) ). Namun keadaan Sungai Brantas dari hari ke hari semakin keruh akibat banyaknya pemukiman yang terbiasa membuang berbagai limbah ke sungai, sehingga menyebabkan pencemaran air permukaan yang disebabkan oleh buangan limbah domestik maupun limbah non domestik yang masuk ke badan air (<http://regional.jawapos.com/2010/01/05>).

Titik pengambilan sampel berada di Jln. Cibuni, Kota Malang, DAS Brantas. Pada wilayah tersebut terdapat rumah pemotongan hewan yang limbah sisa produksinya mencemari Sungai Brantas, sedangkan masyarakat sekitar juga memanfaatkan Sungai Brantas sebagai air bersih. Tingginya kadar fosfat dan BOD pada air Sungai Brantas melatarbelakangi digunakannya air tersebut sebagai sampel air yang perlu pengolahan agar dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi bioremediasi yang menggunakan tanaman untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ menggunakan kolam buatan atau reactor maupun in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah. Tanaman tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) untuk mengubah, menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan (pencemar atau polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Teknologi ini murah dan

mudah dilakukan, di samping itu tanaman yang digunakan dapat dimanfaatkan kembali misalnya sebagai kompos (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010).

Ada banyak jenis tanaman yang dapat digunakan pada proses fitoremediasi, salah satunya adalah Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). Eceng gondok bersifat fitoremediasi atau tumbuhan yang menyerap polutan. Eceng gondok juga mampu menjernihkan atau menurunkan kekeruhan suatu perairan sehingga cahaya matahari dapat menembus perairan dan dapat meningkatkan produktivitas perairan melalui proses fotosintesis bagi tanaman air lainnya. Selain dapat menyerap logam berat, eceng gondok juga mampu menyerap residu pestisida, contohnya residu dan paraquat. Akar dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri. ([www.majalahforum.com](http://www.majalahforum.com))

Hasil penelitian Hardyanti dan Rahayu (2006) dengan judul “Fitoremediasi phospat dengan pemanfaatan eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) (studi kasus pada limbah cair industri kecil laundry)” dapat menurunkan konsentrasi P pada limbah laundry sebesar 24,03 %. Hasil penelitian Lail (2008) dengan judul “Penggunaan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) sebagai pre treatment pengolahan air minum pada air selokan mataram” dapat menurunkan kadar TSS dan kekeruhan pada air selokan Mataram Jogjakarta (air sungai) sebesar 61,95 % dan 73,69 % dan terjadi pada hari ke empat. Hasil penelitian Yasril dan Gusti (2007) dengan judul “Kemampuan tanaman mensiang (*Scripus Grossus*) dalam menurunkan kadar BOD dan COD limbah rumah makan” dapat menurunkan kadar BOD dan COD sebesar 99,54 % dan 92,35 % dengan waktu detensi 1 hari. Hasil penelitian Prihandrijanti dkk (2010) dengan judul “Fitoremediasi dengan eceng gondok dan kiambang untuk menurunkan konsentrasi detergen, minyak lemak dan krom total” dapat menurunkan konsentrasi detergen, minyak lemak dan krom total sebesar untuk tanaman eceng gondok masing-masing sebesar 75-98 %, 98,63-99,99 % dan 38,49 % dan tanaman kiambang adalah sebesar 56-65 %, 98,37-98,72 % dan 71,58 %



Berdasarkan penelitian tersebut maka muncul ide studi untuk memanfaatkan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan kerapatan 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup> dan 90 mg/cm<sup>2</sup> sebagai fitoremediasi dalam proses penurunan fosfat dan BOD air Sungai Brantas agar hasilnya memenuhi standart baku mutu air baku air minum berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 82 Tahun 2001 Kelas I.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berapakah efisiensi penurunan kadar fosfat dan BOD dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) pada air Sungai Brantas?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besarnya penurunan fosfat dan BOD pada air Sungai Brantas dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).
2. Untuk mengetahui hubungan antara kerapatan tanaman dan waktu operasional dalam menurunkan fosfat dan BOD pada air Sungai Brantas dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini:

1. Sebagai alternatif untuk pengolahan air sungai menjadi air baku dengan menggunakan tanaman eceng gondok.
2. Diperolehnya sistem pengolahan air sungai sebagai air baku air minum yang sederhana, mudah, murah serta mempunyai efisiensi yang tinggi.

### **1.5 Ruang Lingkup.**

Dengan melihat permasalahan diatas maka diambil batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Sumber air berasal dari air sungai Sungai Jln. Cibuni, Kota Malang, DAS Brantas.
3. Tanaman yang digunakan adalah tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*)
4. Tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang di gunakan dipengaruhi oleh panjang akar. Hal ini karena fungsi akar adalah sebagai sistem filtrasi biologis. Pemilihan panjang akar 4-6 cm.
5. Pola aliran yang digunakan adalah kontinyu.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Umum Air.**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air :

1. Air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah kecuali air laut dan air fosil.
2. Sumber air adalah wadah air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini mata air, Sungai, rawa, danau, situ, waduk dan muara.
3. Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjaga agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya.
4. Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
5. Kelas air adalah peringkat kualitas air yang nilainya masih layak untuk di manfaatkan bagi peruntukan tertentu.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas :

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut.

- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pebudidaya ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

**Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas**

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
<b>Kimia Anorganik</b>						
BOD	mg/l	2	3	6	12	Angka Batas
Total Fospat sbg P	mg/l	0,2	0,2	1	5	Minimum

(Sumber : Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001)

### 2.1.1 Air Sungai.

Air sungai sangat terpengaruh oleh musim, dimana debit air sungai pada musim hujan relatif lebih banyak dibanding dengan pada musim kemarau. Kuantitas air sungai dipengaruhi oleh (Effendi, 2003 dalam Lail, 2008) :

- Debit sumber air sungai (air hujan, air dari mata air dan sebagainya)
- Sifat dan luas area.
- Keadaan tanah.

Pada umumnya air sungai mengandung zat organik maupun anorganik, yang terkandung dalam air sungai tergantung kadar pencemaran pada air sungai tersebut dan jenis tanah yang dilalui oleh air sungai tersebut. Sungai pada umumnya akan membawa zat-zat padat yang berasal dari erosi, penghancuran zata-zat organik, garam-garam mineral sesuai dengan jenis tanah yang dilalui. Dan pada sungai-sungai yang melalui daerah-daerah pemukiman yang padat akan mengalami pencemaran akibat buangan rumah tangga yang dapat mengakibatkan perubahan warna, peningkatan kekeruhan, rasa, bau dan lain-lain (Effendi, 2003 dalam Lail, 2008).

## 2.2 Pengambilan Sampel

### 2.2.1 Umum

Pengambilan sampel adalah mengumpulkan volume sesuatu badan air yang akan diteliti, dengan jumlah sekecil mungkin tetapi masih mewakili (representatif), yaitu masih mempunyai semua sifat-sifat yang sama dengan badan air tersebut (Alaerts dan Santika, 1984).

### 2.2.2 Persiapan Pengambilan Sampel

Sampel dapat diambil secara terpisah, dengan menggunakan ember, botol plastic atau kaca (terbuka dan diperberat, misalnya dengan cincin timah hitam pada lehernya) yang diikat dengan tali, kemudian dimasukkan kedalam sungai, saluran, sumur, dan sebagainya, sampai teisi penuh dengan sampel. Untuk mengambil sampel pada kedalaman tertentu, disediakan botol tertutup yang dapat membuka bila sampai pada kedalaman yang dikehendaki. Cara lain adalah dengan menggunakan jenis pompa yang menghisap, kemudian menekankan sampel melalui pipa masuk ke botol sampel (Alaerts dan Santika, 1984).

Sampel sebaiknya atau pada umumnya harus mengisi botol pengambilan hingga penuh dan botol tersebut harus di tutup dengan baik untuk menghindarkan kontak dengan udara. Salah satu pengawetan sampel yang umum adalah dengan suasana dingin. Sampel biasanya diangkut dalam kotak isotermis yang mengandung es biasa atau es kering (CO<sub>2</sub>) lalu disimpan di kulkas atau freezer (Alaerts dan Santika, 1984).

**Tabel 2.2 Cara Pengawetan Sampel**

Analisa	Volum Sampel	Cara Pengawetan	Waktu Pengawetan Maksimum Anjuran/Batasan
BOD	1000	Didinginkan	6jam/14hari
Fosfat PO <sub>4</sub>	100	Penyaringan; Segera; lalu dibekukan pada suhu -10 <sup>0</sup> C	2 hari

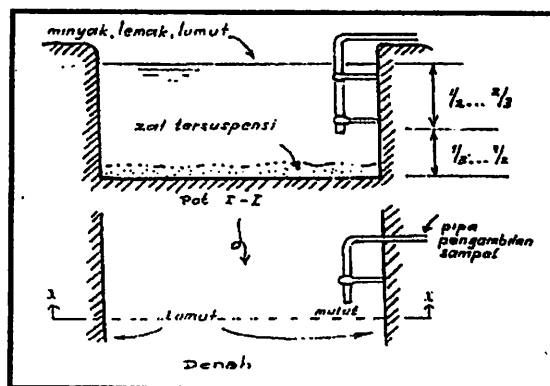
(Sumber : Alaerts dan Santika. 1984)

### 2.2.3 Pemilihan Titik Pengambilan Sampel

Kecepatan aliran dalam sungai, saluran dan sebagainya tidaklah merata, di dalam danau dan kolam, sifat-sifat air pun tidak homogeny, tetapi berada dalam lapisan-lapisan dengan sifat yang berbeda. Maka titik pengambilan sampel harus dipilih agar supaya sampel dapat dianggap mewakili seluruh badan air dan tidak hanya satu bagian dengan karakteristik yang kebetulan dapat diselidiki (Alaerts dan Santika, 1984)

Karena setiap keadaan dan situasi berbeda, agak sulit member petunjuk yang umum. Di bawah ini beberapa anjuran dalam setiap pengambilan sampel antara lain (Alaerts dan Santika, 1984) :

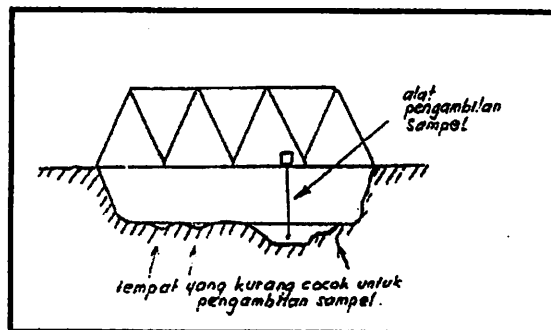
- Bila sampel diambil dari saluran, sungai dan sebagainya yang kedalamannya tidak lebih dari 5 meter, dan airannya cukup turbulen bagi air tersebut untuk menjadi homogeny, sampel sebaiknya diambil kira-kira  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{2}{3}$  tinggi penampang basah dari bawah permukaan air. Dekat dengan dasar sungai mengandung terlalu banyak zat tersuspensi yang mengendap atau yang dapat tergerus oleh aliran air. Dekat lapisan permukaan air, ada resiko bahwa lapisan tersebut mengandung banyak zat yang ringan seperti lumut, minyak dan lemak, dan sebagainya. Sampel tidak boleh diambil terlalu dekat dengan tepi penampang sungai atau tepi saluran yang tidak diplester dengan baik karena air didaerah tersebut kurang mewakili seluruh badan air, namun untuk saluran yang diplester dengan baik sampel dapat diambil  $\pm 10$  cm dari tepi saluran.



**Gambar 2.1 Cara Pengambilan Sampel Yang Mewakili Air Dalam Sungai, Saluran, dsb**

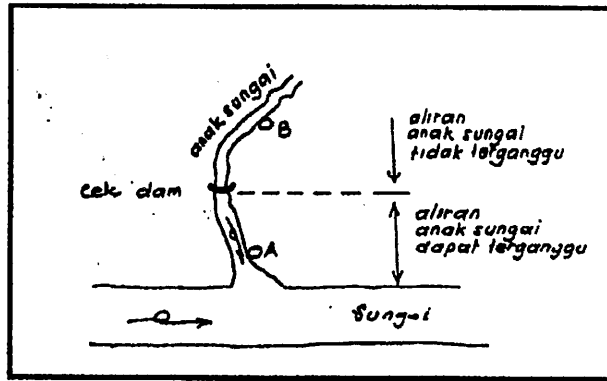
(Alaerts dan Santika, 1984)

- Bila sampel diambil dari saluran atau sungai yang terdiri dari aliran-aliran yang terpisah, misalnya pada musim kering, sampel harus diambil dari aliran bagian yang paling besar dan dianggap bersifat sama dengan keadaan asli air sungai tersebut. Bila penampang sungai tidak teratur (irregular) sampel harus diambil (bila mungkin) ditengah aliran utama, yaitu di mana tinggi penampang basah terbesar dan alirannya tidak terganggu. Pengambilan sampel bisa dilakukan dari jembatan, perahu dan sebagainya.



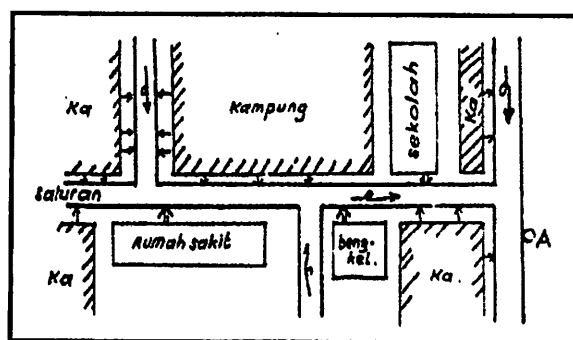
**Gambar 2.2 Cara Pengambilan Sampel Di Sungai Dengan Beberapa Aliran**  
(Alaerts dan Santika, 1984)

- Bila sampel diambil dari saluran atau anak sungai yang bermuara di dalam sungai maupun laut, harus diingat bahwa tinggi permukaan sungai atau laut tersebut dapat berubah pada waktu hujan atau air pasang. Pada saat itu, air sungai atau air laut masuk ke dalam anak-anak sungai sehingga sifat-sifat air dalam anak sungai dipengaruhi oleh induk sungai atau air laut. Sifat air di anak sungai pada saat itu sebenarnya merupakan campuran dari air anak sungai dan air sungai atau laut. Untuk menghindari hal tersebut, titik pengambilan sampel harus cukup jauh dari muara, di mana aliran anak sungai atau saluran tidak terganggu (pada gambar 2.3 titik B adalah titik pengambilan sampel dan titik A adalah anak sungai yang terganggu perubahan tinggi permukaannya).



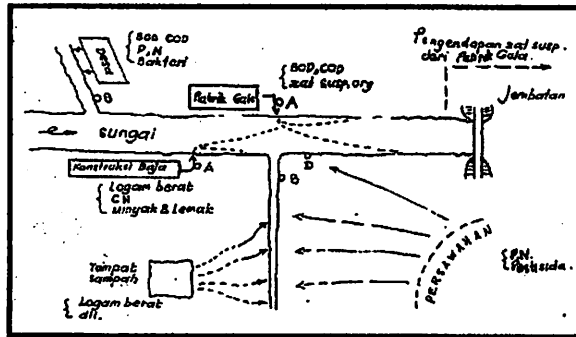
**Gambar 2.3 Bila Aliran Anak Sungai Terganggu Perubahan Tingginya**  
(Alaerts dan Santika, 1984)

- Pada umumnya, titik pengambilan sampel dipilih agar supaya sampel benar-benar dapat mewakili badan air tersebut, debit dapat diukur secara cukup teliti, dan daerah drainase yang menyebabkan pencemaran dapat diketahui secara lengkap. Daerah tersebut terdiri dari sumber pencemaran setempat (*point source*) dan sumber pencemaran yang tersebar (*disperse source*). Termasuk sumber pencemaran setempat adalah pabrik, rumah sakit dan sebuah kampung yang seluruh air buangnya ditampung oleh satu saluran drainase atau anak sungai. Termasuk sumber pencemaran tersebar adalah saluran-saluran dan anak sungai yang mengandung air buangan penduduk dan bermuara di dalam induk sungai di berbagai tempat sepanjang induk sungai tersebut, atau air irigasi yang keluar dari sawah-sawah dan dibuang ke dalam induk sungai ditempat berbeda (Gambar 2.4 Titik A adalah tempat pengambilan sampel yang tepat dan Gambar 2.5 Titik C adalah tempat pengambilan sampel yang tepat).



**Gambar 2.4 Pengambilan Sampel di Daerah Perkotaan**  
( Alaerts dan Santika, 1984)





**Gambar 2.5 Pengambilan Sampel di Daerah Industri**  
(Alaerts dan Santika, 1984)

#### 2.2.4 Frekuensi Pengambilan Sampel

Frekuensi pengambilan sampel antara lain sebagai berikut (Alaerts dan Santika, 1984) :

a) Sampel sesaat (*grab sample*)

Merupakan volume sampel yang diambil langsung dari badan air yang sedang diteliti

b) Sampel sesaat tersusun (*integrated sample*)

Apabila badan air pada titik pengambilan sampel terdiri dari  $n$  aliran bagian, maka sampel tersusun dimaksudkan mewakili seluruh badan air akan terdiri dari  $n$  sampel bagian.

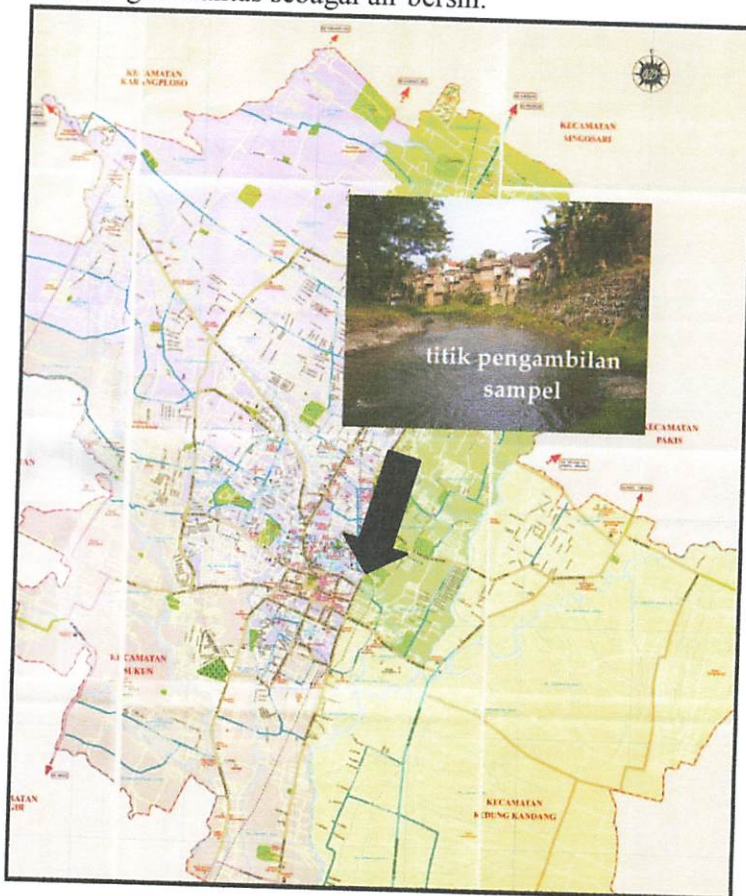
c) Sampel campuran (*composite sample*)

Dimaksudkan untuk mewakili secara merata perubahan parameter badan air yang sedang diteliti selama masa yang cukup panjang, secara mendetail dengan pekerjaan yang terbatas

#### 2.3 Sungai Brantas

Sungai Brantas adalah sungai yang mengalir ke Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Jombang, Mojokerto, dan mempunyai panjang 320 km. Wilayah daerah aliran Sungai Brantas merupakan DAS (Daerah Aliran Sungai) strategis sebagai penyedia air baku untuk berbagai kebutuhan (<http://www.anneahira.com/sungai-brantas.htm>).

Titik pengambilan sampel berada pada Jln. Cibuni Kota Malang, karena pada wilayah tersebut tersebut terdapat rumah pemotongan hewan yang limbah sisa produksinya mencemari Sungai Brantas, sedangkan masyarakat sekitar juga memanfaatkan Sungai Brantas sebagai air bersih.



**Gambar 2.6 Peta Titik Pengambilan Sampel**  
(Sumber : portalmalang.com)

## 2.4 Fitoremediasi.

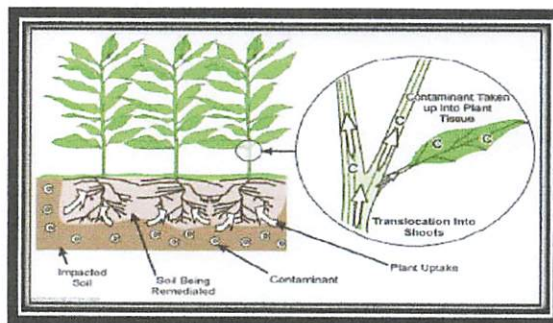
Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan metode lain, yaitu (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010) :

1. Bukan hanya mengurangi padatan, tetapi juga polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun.

2. Efisien dan murah untuk biaya konstruksi, karena hanya berupa reaktor berbentuk bak dengan tanaman sebagai media untuk mengurangi polutan berbahaya.
3. Merupakan cara remediasi yang paling aman bagi lingkungan, karena memanfaatkan tumbuhan
4. Memelihara keadaan alami lingkungan.

Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metoda ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya secara finansial relatif murah bila dibandingkan dengan metoda konvensional biaya dapat dihemat sebesar 75-85%. Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan, yaitu sebagai berikut (Mangkoedihardjo & Samudro, 2010) :

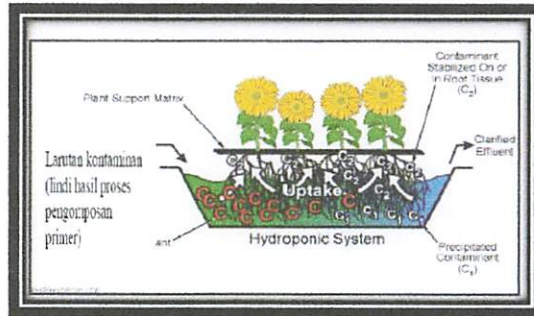
1. Fitoekstraksi/fitoakumulasi (*Phytoaccumulation/phytoextraction*) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*. Spesies tumbuhan yang dipakai adalah sejenis hiperakumulator misalnya pakis, bunga matahari dan jagung. Keterangan gambar dari proses fitoekstraksi dapat dilihat pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7 Proses Fitoekstraksi**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

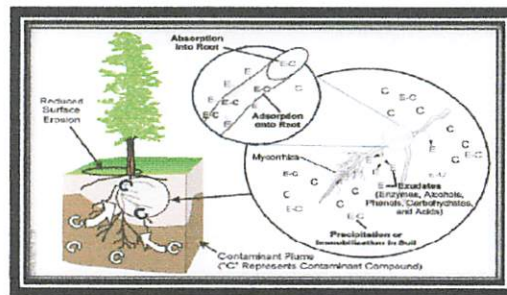
2. *Rhizofiltration* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar atau pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah tumbuhan air

seperti *Cattail*, bunga matahari, Kayu Apu, dan Eceng Gondok. Keterangan gambar dari proses rhizofiltration dapat dilihat pada Gambar 2.8.



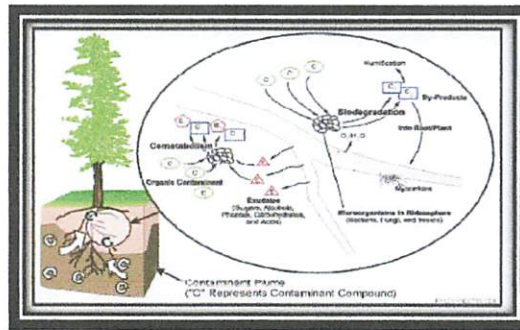
**Gambar 2.8 Proses Rhizofiltration**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

3. Fitostabilisasi (*phytostabilization*) yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik. Spesies tumbuhan yang biasa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air, seperti bunga matahari dan jenis tumbuhan air lainnya serta kedelai. Keterangan gambar dari proses fitostabilisasi dapat dilihat pada Gambar 2.9.



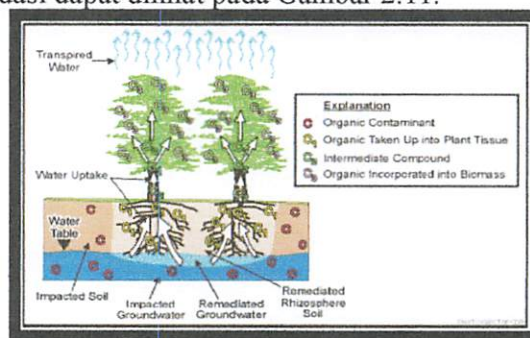
**Gambar 2.9 Proses Phytostabilization**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

4. Rizodegradasi (*Rhizodegradation*) disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, or *planted-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air. Keterangan gambar dari proses rizodegradasi dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Proses Rhizodegradation**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

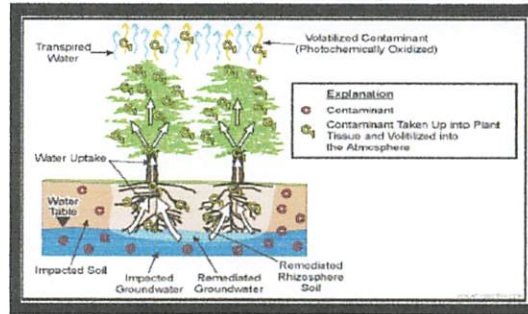
- Fitodegradasi (*Phytodegradation/phytotransformation*) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan adalah berbagai jenis tumbuhan air. Keterangan gambar dari proses fitodegradasi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11 Proses Phytodegradation**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

- Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*) yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang. Spesies tumbuhan yang bisa digunakan

adalah tumbuhan kapas, pakis dan berbagai jenis tumbuhan air. Keterangan gambar dari proses fitovolatilisasi dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12 Proses Phytovolatilization**  
(Mangkoedihardjo & Samudro, 2010)

Peranan tanaman dalam proses mempercepat remediasi pada lokasi yang tercemar bisa dalam berbagai cara antara lain (Youngman, 1999 dalam Tyagita, 2011) :

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

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

2) Biofilter

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

3) Transfer oksigen dan menurunkan water table

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

#### 4) Penghasil sumber karbon dan energi

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

#### 5) Rhizofiltrasi

Tanaman menyerap polutan yang terkandung di dalam air melalui perakaran tanaman.

Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Tidak semua tanaman dapat digunakan dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang mempunyai sifat (Youngman, 1999 dalam Tyagita, 2011) :

- 1) Cepat tumbuh.
- 2) Mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat.
- 3) Mampu meremediasi lebih dari satu polutan.
- 4) Toleransi yang tinggi terhadap polutan.

### 2.5 Jenis-jenis Tumbuhan Air

Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup dalam habitat air atau pada tempat yang basah. Daerah persebaran dari tumbuhan air ini cukup luas sehingga dapat dijumpai didaerah perairan, baik itu sungai, danau, rawa-rawa dan sebagainya dengan berbagai jenis ragam dan bentuk serta sifat-sifatnya. (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011)

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. (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011)

Berdasarkan habitat dan karakteristiknya, tanaman air dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011) :

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

Merupakan tumbuhan yang hidupnya keseluruhan di dalam air atau tenggelam seluruh bagian. Contoh dari tumbuhan jenis ini adalah hydrilla (*Hydrilla verticillata*), Charra, *Egeria densa*, *Myriophyllum aquaticum*, dan *Elodea nutallii*.

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

Ada dua jenis *floating type*, yaitu:

a. *Floating attached*

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

b. *Floating unattached*

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

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

Jenis tumbuhan air ini memiliki akar dan batang yang terendam dalam air. Namun, sebagian besar batangnya justru menyembul ke permukaan air.



Selain batang, bagian batang dan bunganya juga berada di atas permukaan air, yang termasuk tumbuhan jenis ini adalah *Cattail (Typha angustifolia)*, Rumpun payung (*Cyperus alternifolius*) dan *Bulrush*.

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

Tanaman air yang tumbuh pada dasar perairan mempunyai akar yang tertanam kuat pada bagian dasar tersebut, sedangkan batangnya berdiri tegak menopang daun dan bunga yang muncul pada permukaan air. Yang termasuk dalam golongan ini antara lain adalah *Nuphar* dan *Nymphaea*.

Penyerapan dan akumulasi polutan oleh tumbuhan air dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011) :

1. Penyerapan polutan oleh akar

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

2. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

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

3. Lokalisasi polutan dalam jaringan

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

Pada proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011) :

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

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

5. Keberadaan polutan
6. Waktu kontak

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

## 2.6 Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Orang lebih banyak mengenal tanaman ini sebagai tumbuhan pengganggu (gulma) diperiran karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Awalnya didatangkan ke Indonesia pada tahun 1894 dari Brazil untuk koleksi Kebun Raya Bogor. Ternyata dengan cepat menyebar ke beberapa periran di Pulau Jawa. Dalam perkembangannya, tanaman keluarga *Pontederiaceae* ini justru mendatangkan manfaat lain, yaitu sebagai biofilter cemaran logam berat, sebagai bahan kerajinan, dan campuran pakan ternak (Widianto. 1986 dalam Lail, 2008).

### Klasifikasi Eceng Gondok

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Suku	: <i>Pontederiaceae</i>
Marga	: <i>Eichhornia</i>
Jenis	: <i>Eichornia crassipes</i> Solms



**Gambar 2.13 Tanaman Eceng Gondok**

(doc : umm.ac.id)

Eceng gondok hidup mengapung bebas bila airnya cukup dalam tetapi berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopakanya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. Kecepatan tumbuhnya 4% per hari, bahkan ada yang mencapai 10% per hari. Setiap kepala putik dapat menghasilkan sekitar 500 bakal biji atau 5000 biji setiap tangkai bunga, dalam waktu 52 hari. Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif dan generative, 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 20-90 % dari luasan temoat hidupnya (Budiardjo dan Huboyo, 2007 dalam Lail, 2008).

Table 1. Generalized

Category 1	Value
Category 2	Value
Category 3	Value
Category 4	Value
Category 5	Value



Figure 1. Generalized

(continued)

The following text is a dense, repetitive block of characters, likely representing a corrupted or low-quality scan of a document. It contains numerous instances of the word 'Generalized' and other fragments of text, but is largely illegible due to the noise and repetition.

Table 1. Generalized

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. Waktu kontak maksimum tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) adalah selama 15 hari (Warianto. 2003 dan Setiawati. 2004 dalam Lail, 2008).

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak di gunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering eceng gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (R.D. Smith Salt .D.E. 1998 dalam Lail, 2008).

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut (R.D. Smith Salt .D.E. 1998 dalam Lail, 2008) :

a) Akar.

Bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air.

b) Daun

Daun eceng gondok terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Di permukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga sebagai tempat penyimpanan O<sub>2</sub> dari proses fotosintesis.

c) Tangkai.

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air.

d) Bunga.

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6-35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut (R.D. Smith Salt .D.E. 1998 dalam Lail, 2008) :

1. Cahaya matahari, PH dan Suhu

Pertumbuhan eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25 °C-30 °C, hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, eceng gondok lebih cocok terhadap pH 7,0 - 7,5, jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat.

2. Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

Pada umumnya jenis tanaman gulma air tahan terhadap kandungan unsur hara yang tinggi. Kandungan N dan P kebanyakan terdapat dalam air buangan domestik. Jika pada perairan kelebihan nutrien ini maka akan terjadi proses eutrofikasi. Eceng gondok dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5-10. Agar pertumbuhan eceng gondok menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5-7.

### 2.6.1 Manfaat Eceng Gondok

Eceng gondok banyak mempunyai manfaat sebagai berikut (Pandey .B.P, 1991 dalam Lail, 2008) :

- a. Mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri.
- b. Sebagai bahan penutup tanah dan kompos dalam kegiatan pertanian dan perkebunan.
- c. Sebagai sumber gas yang antara lain berupa gas ammonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.

- d. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
- e. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
- f. Sebagai bahan baku karbon aktif.

### **2.6.2 Kerugian Eceng Gondok**

Kondisi merugikan yang timbul sebagai dampak pertumbuhan eceng gondok yang tidak terkendali di antaranya adalah (Pandey .B.P, 1991 dalam Lail, 2008) :

- a. Meningkatnya evapotranspirasi (penguapan dan hilangnya air melalui daun-daun tanaman).
- b. Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO : *Dissilved Oxygens*).
- c. Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- d. Meningkatkan habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
- e. Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

### **2.7 Aklimatisasi.**

Aklimatisasi adalah proses dari sebuah organisme untuk menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan secara tiba-tiba, umumnya berupa perubahan temperatur, kelembaban, makanan yang biasanya disebabkan oleh perubahan musim atau iklim. Aklimatisasi 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 Agnes, T. 2011)

## **2.8 Parameter Yang Diuji**

### **2.8.1 Phospat (*Fosfat*)**

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, poli-fosfat, dan fosfat-organik. Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan detergen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam, dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya (Alaerts dan Santika, 1984)

Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah, seperti pada air alam ( $< 0,01$  mg P/L), pertumbuhan dan ganggang akan terhalang. Keadaan ini disebut oligotrop. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut air. Batas optimum fosfat untuk pertumbuhan plankton adalah  $0,27 - 5,51$  mg/liter (Alaerts dan Santika, 1984).

### **2.8.2 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*).**

*Biochemical Oxygen Demand* atau yang biasa dikenal dengan istilah BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Alaerts dan Santika, 1984)

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, kalau suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut, dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian bagi ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi



*anaerobic* dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut (Alaerts dan Santika, 1984).

## **2.9 Metode Pengolahan Data**

### **2.9.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi**

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi 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).

### **2.9.2 Analisis Korelasi**

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

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana  $\rho$  adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

$$p\text{-Value} < \alpha .$$

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu (Iriawan dan Astuti, 2006) :

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

### 2.9.3 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain (Iriawan dan Astuti, 2006) :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel predictor
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memperkirakan 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 dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel independent karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut (Iriawan dan Astuti, 2006) :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

#### **2.9.4 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).

##### **2.9.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen**

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

1. Mengenal permasalahan
2. Memilih faktor dan level
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisa Data
7. Membuat suatu keputusan

##### **2.9.4.2 Analysis of Variance**

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

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

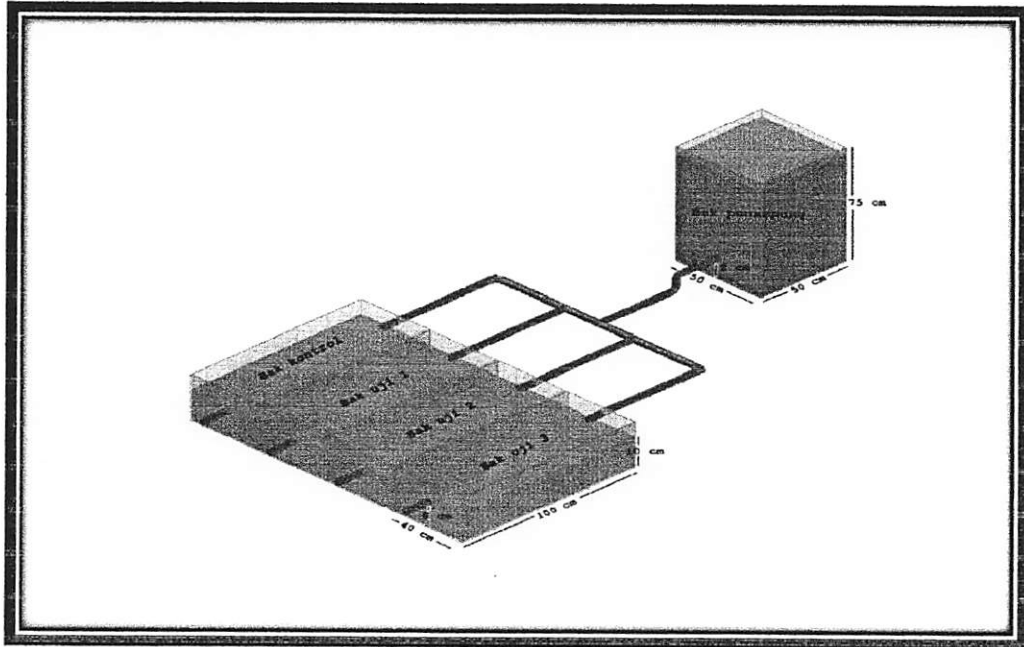
#### **3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.**

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

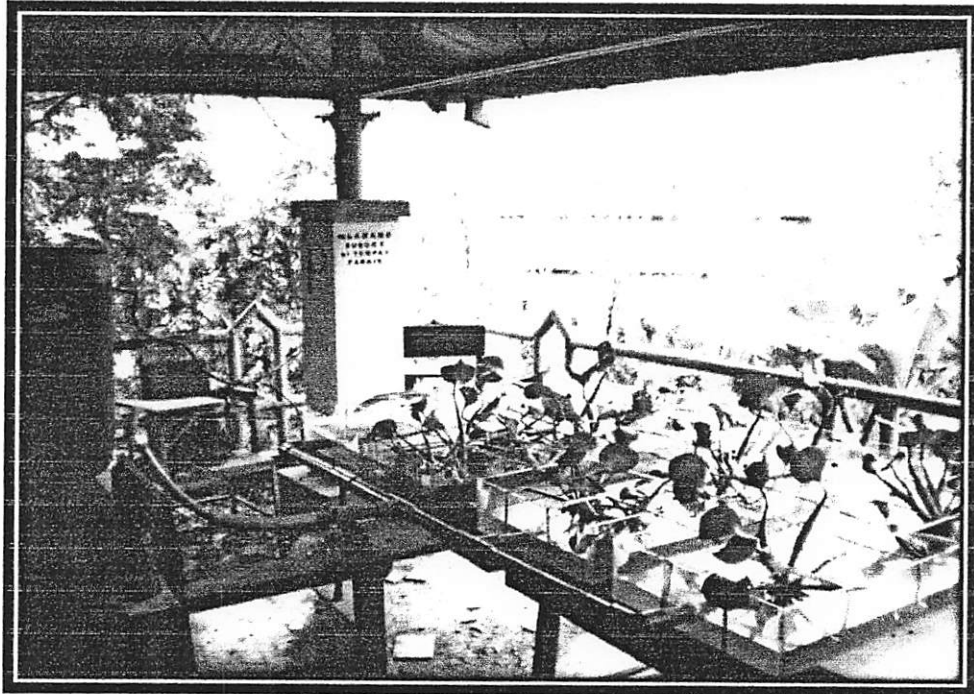
- Bak penampung  
Bak penampung berfungsi untuk menampung dan berfungsi menyetarakan debit sesuai yang direncanakan.
- Bak kontrol.  
Dibutuhkan 1 buah bak kontrol berisi air Sungai Brantas tanpa tanaman uji dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 100, lebar 40 cm dan tinggi 15 cm dengan volume air sebesar 40 l.
- Bak uji  
Dibutuhkan 3 buah bak uji berbentuk persegi panjang dengan panjang 100 cm, lebar 40 cm dan tinggi 15 cm. Volume air dalam setiap bak reaktor uji sebesar 40 l. Masing-masing reaktor ditanami eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) sesuai kerapatan yang telah ditentukan.

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

- Air Sungai di Jln. Cibuni, Kota Malang, DAS Brantas
- Eceng gondok (*Eichornia Crassipes*)



Gambar 3.1 Sketsa Reaktor kontinyu



Gambar 3.2 Reaktor kontinyu

### **3.3 Variabel Penelitian.**

#### **3.3.1 Variabel respon**

- Phospat
- BOD

Phospat dan BOD merupakan parameter penting dalam kriteria mutu air, terdapat dalam Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air

#### **3.3.2 Variabel tetap**

- Jenis tanaman : eceng gondok (*Eichornia Crassipes*)

#### **3.3.3 Variabel prediktor**

- Variasi kerapatan tanaman 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, dan 90 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 1 hari dari pengambilan pertama
  - c. Pengambilan ketiga  
Pengambilan sampel setelah 2 hari dari pengambilan pertama
  - d. Pengambilan keempat  
Pengambilan sampel setelah 3 hari dari pengambilan pertama
  - e. Pengambilan kelima  
Pengambilan sampel setelah 4 hari dari pengambilan pertama

Pemilihan variabel bebas berdasarkan :

- Variasi kerapatan tanaman :
  - Perkembangbiakan 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). (perhitungan pada lampiran 1)

Oleh karena itu, dalam penelitian ini mengambil variasi kerapatan tanaman 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 90 mg/cm<sup>2</sup> untuk mengetahui kerapatan tanaman manakah yang paling optimum dalam menyisihkan fosfat dan BOD.

- 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 (Warianto, 2003 dan Setiawati, 2004).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini mengambil variasi waktu pengambilan sampel setiap hari selama 5 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 fosfat dan BOD.

#### **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 pemilihan 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 dan panjang akar 4-6 cm.
- c) Penanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) pada media tanam, yaitu air sungai selama 3 hari (Hardyanti dan Rahayu, 2007).
- d) Sampai hari ke tiga, 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 sungai, volume disesuaikan kebutuhan masing-masing reaktor, debit dan waktu yang ditentukan (perhitungan pada lampiran 2).
- b) Air sungai di alirkan dari bak penampung ke dalam 4 bak dalam reaktor kontinyu, sampai masing-masing bak terisi air sebanyak 40 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.

Bak 1 : air sungai Brantas 40 liter (sebagai kontrol)

Bak 2 : air sungai Brantas 40 liter + tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) 30 mg/cm<sup>2</sup>

Bak 3 : air sungai Brantas 40 liter + tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) 60 mg/cm<sup>2</sup>

Bak 4 : air sungai Brantas 40 liter + tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) 90 mg/cm<sup>2</sup>

(perhitungan pada lampiran 3)

- d) Air sungai Brantas dari bak penampung dialirkan kedalam kolom bak secara gravitasi dengan kecepatan konstan.
- e) Air sungai Brantas dibiarkan mengalir terus-menerus dengan arah aliran dari atas ke bawah.
- f) Dilakukan sampling dan pengujian parameter phospat dan BOD diambil pada 2 titik sample yaitu pada bak penampung dengan pengambilan sample pada hari ke-1 dan pada effluent bak kontrol dan bak uji diambil setelah proses pengaliran.
- g) Analisa sampel dilakukan setiap hari selama 5 hari. Parameter yang dianalisa adalah phospat dan BOD yang dianalisis di Laboratorium Lingkungan Universitas Brawijaya Malang.

### 3.5 Analisa Data dan Pembahasan

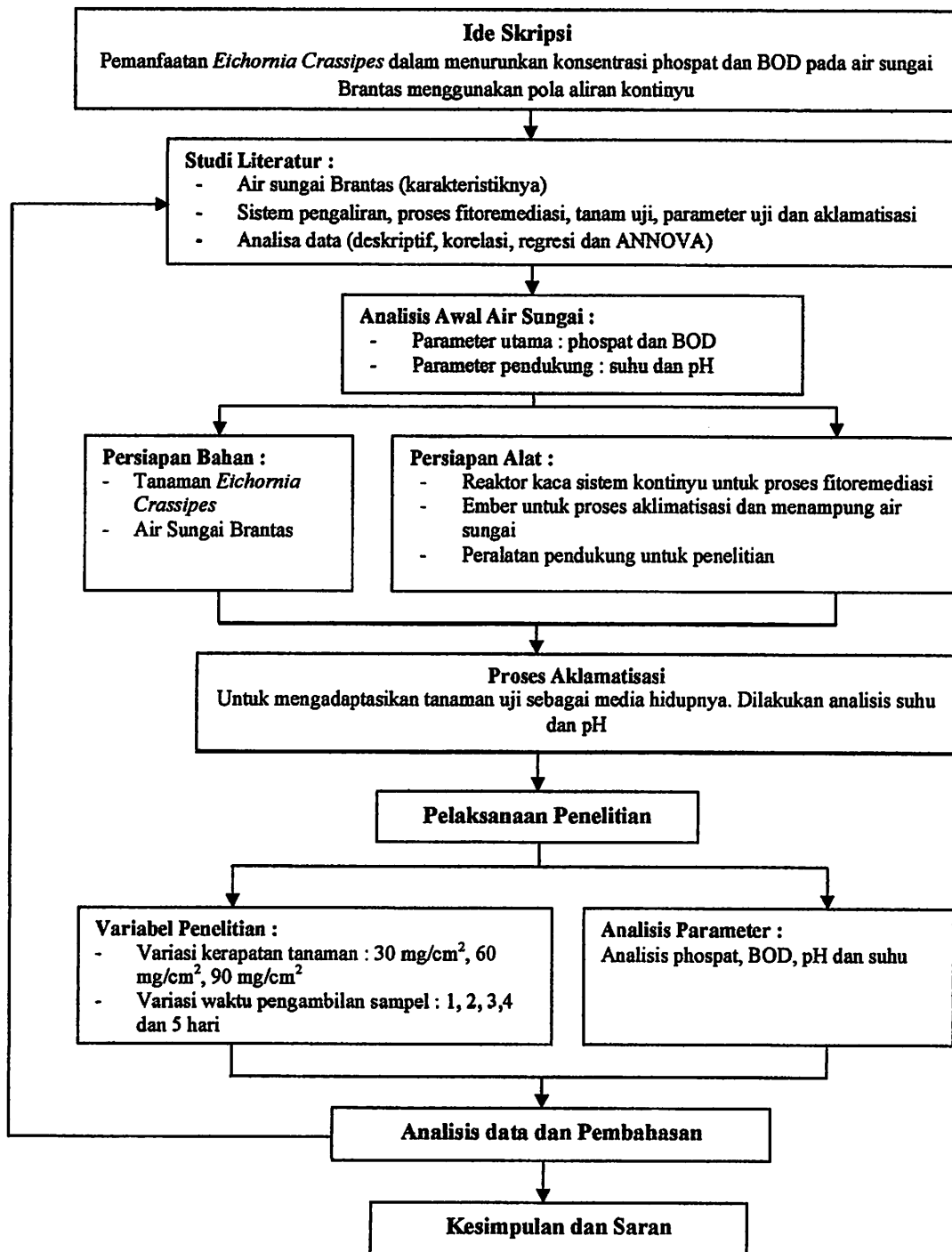
Hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

1. Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik tabel dan grafik.
2. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variable kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi phospat dan BOD pada aliran kontinyu.

3. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel kerapatan *Eichornia Crassipes* dan waktu detensi dapat memprediksi penurunan fosfat dan BOD pada aliran kontinyu.
4. Analisis ANOVA bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara variabel kerapatan tumbuhan, waktu detensi terhadap variabel penurunan konsentrasi fosfat dan BOD 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 (*Eichornia Crassipes*) sebagai media fitoremediasi dalam menurunkan kadar fosfat dan BOD pada air sungai. Maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



**Gambar 3.3 Kerangka Penelitian**

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakteristik Air Sungai Brantas**

Air baku yang digunakan pada penelitian ini adalah air Sungai Brantas yang terdapat di Jln. Cibuni, Kota Malang. Kondisi awal penelitian adalah kondisi sebelum air Sungai Brantas dimasukkan kedalam reaktor yaitu pada hari pertama setelah kondisi limbah sudah distabilkan agar sesuai dengan media tumbuh tanaman uji. Adapun hasil analisis karakteristik limbah cair tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

**Tabel 4.1**  
**Karakteristik Air Sungai Brantas**

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu *)
1.	pH	-	7	6-9
2.	PO <sub>4</sub> -P	mg/l	7,20	0,2
3.	BOD	mg/l	457	2

\*) PP RI No. 82 Tahun 2001 Kelas 1

Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa kualitas air sungai tersebut tidak memenuhi standar kualitas air baku air minum, terutama konsentrasi Phospat dan BOD yang nilainya tinggi dan menjadi parameter terpenting. Konsentrasi Phospat pada air Sungai Brantas tersebut mencapai nilai 7,20 mg/l telah melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Kelas I yaitu sebesar 0,2 mg/l. Sementara untuk konsentrasi BOD pada air Sungai Brantas mencapai nilai 457 mg/l juga melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Klas I yaitu sebesar 2 mg/l.

#### 4.2 Karakteristik Akhir Air Sungai Brantas Setelah Proses Fitoremediasi

Penelitian dilakukan secara *kontinyu* dengan menggunakan reaktor yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang. Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan tanaman *Eichornia Crassipes* yaitu : 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, dan 90 mg/cm<sup>2</sup> serta variasi waktu detensi 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari.

**Tabel 4.2**

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

Reaktor /Variasi Kerapatan Tanaman	Konsentrasi Awal Phospat (mg/l)	Konsentrasi Awal BOD (mg/l)	Waktu Operasional (Hari ke-)	Konsentrasi Akhir Phospat (mg/l)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)
Kontrol	7,20	457	Tanpa Tanaman		
			1	7,20	457
			2	6,34	320
			3	4,35	276
			4	3,23	234
			5	3,15	230
30 (mg/cm <sup>2</sup> )	7,20	457	<i>Eichornia Crassipes</i>		
			1	7,05	438
			2	6,05	285
			3	4,07	260
			4	2,96	232
			5	2,34	213
60 (mg/cm <sup>2</sup> )	7,20	457	1	6,80	410
			2	5,70	260
			3	3,65	247
			4	1,98	203
			5	1,70	179
			90 (mg/cm <sup>2</sup> )	7,20	457
2	5,50	230			
3	3,20	201			
4	1,05	156			
5	0,67	132			

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir phospat dan BOD pada reaktor kontrol mengalami penurunan dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Konsentrasi

awal fosfat yang bernilai 7,20 mg/l mampu diturunkan hingga didapatkan hasil akhir 0,67 mg/l pada hari ke-5. Konsentrasi awal BOD sebesar 457 mg/l mampu diturunkan hingga menjadi 132 mg/l pada hari ke-5.

Penurunan konsentrasi pada reaktor kontrol hanya memanfaatkan mikrobia dalam air limbah untuk menguraikan bahan-bahan organik. Pada reaktor kontrol juga tidak terjadi kompetisi penyerapan nutrisi oleh tanaman uji, sehingga kondisi air limbah tidak mengalami kejenuhan. Prinsip degradasi polutan pada reaktor kontrol ini sama seperti prinsip kerja kolam oksidasi yaitu pemulihan air dengan kekuatan alami. Oksidasi berlangsung ketika sinar matahari dapat memasuki dasar kolam (Ginting, 2007 dalam Lail, 2008).

Pada Tabel 4.2 konsentrasi akhir fosfat adalah sebesar 0,67 mg/l belum memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Klas I yaitu sebesar 0,2 mg/l. Sementara untuk konsentrasi BOD pada air Sungai Brantas mencapai nilai 132 mg/l juga melebihi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Klas I yaitu sebesar 2 mg/l.

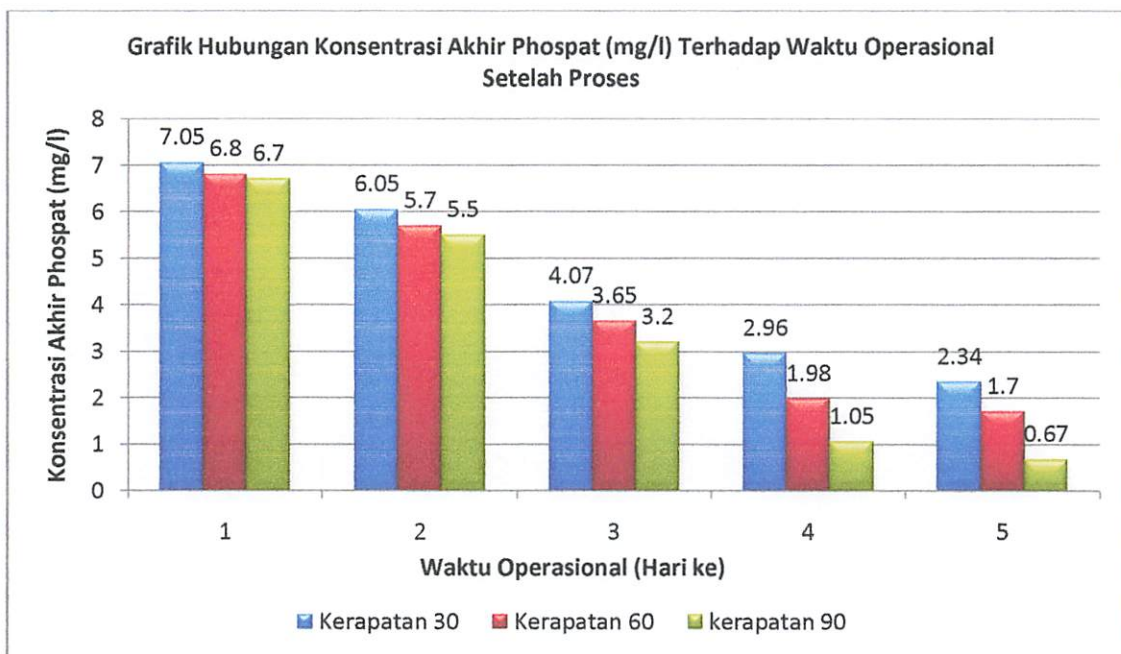
Pada Tabel 4.3 juga dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi akhir fosfat dan BOD pada reaktor uji dengan kerapatan 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 90 mg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Akan Tetapi penurunan tersebut tidak disertai dengan konsentrasi fosfat dan BOD yang memenuhi standar baku mutu kualitas air, dimana konsentrasi fosfat dan BOD masih di atas standar baku mutu yaitu untuk fosfat pada kerapatan 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, dan 90 mg/cm<sup>2</sup> masing-masing mempunyai konsentrasi sebesar 2,34 mg/l, 1,70 mg/l, dan 0,67 mg/l terjadi pada hari ke-5. Sedangkan BOD pada kerapatan 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup>, 90 mg/cm<sup>2</sup> masing-masing mempunyai konsentrasi 213 mg/l, 179 mg/l, dan 132 mg/l terjadi pada hari ke-5.

### 4.3 Analisis Penurunan Phospat

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

#### 4.3.1 Analisis Deskriptif

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir phospat pada pada reaktor *kontinyu* dengan kerapatan 30 mg/cm<sup>2</sup>, 60 mg/cm<sup>2</sup> dan 90 mg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Nilai akhir phospat pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.1 dibawah ini :



**Gambar 4.1. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir Phospat (mg/l) Terhadap Waktu Operasional Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir phospat dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari pengukuran ke-1 hingga ke-5.

❖ **Perhitungan Presentase Penyisihan Phospat**

Berdasarkan data phospat akhir pada Tabel 4.2, maka dapat dicari prosentase penyisihan phospat pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

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

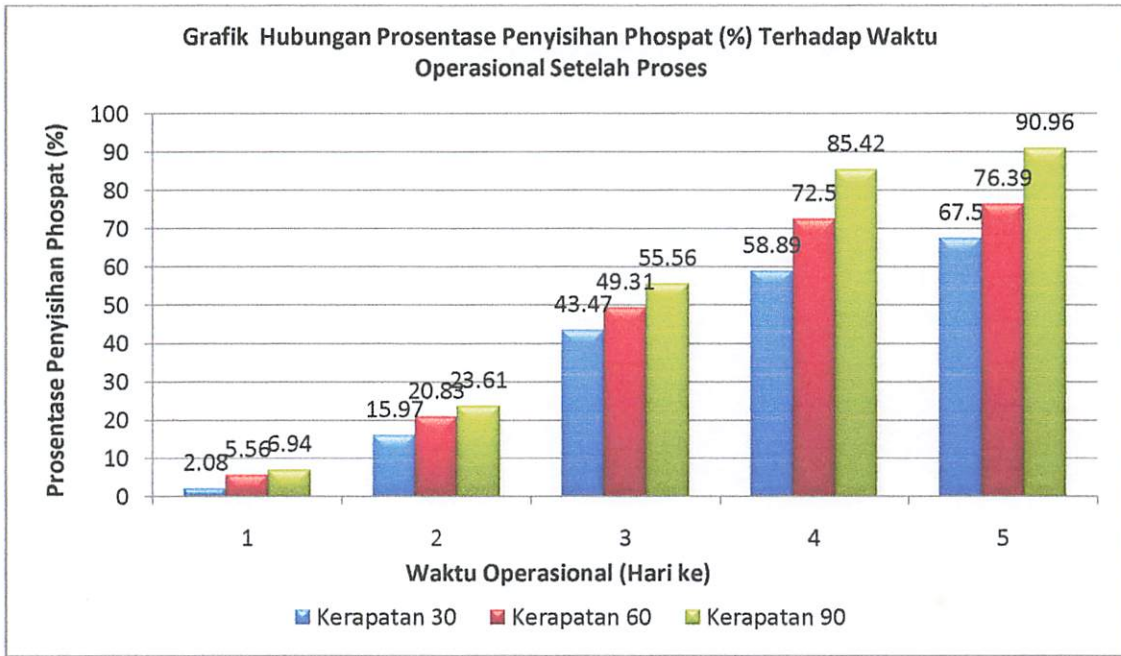
Hasil dari perhitungan rumus diatas, maka nilai prosentase penyisihan phospat dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini:

**Tabel 4.3 Presentase Penyisihan Phospat (%)**

Variasi Kerapatan (mg/cm <sup>2</sup> )	Waktu Operasional (hari ke-)	Nilai Akhir (mg/l)			Nilai Akhir Rata-Rata (mg/l)	% R
		Pengulangan I	Pengulangan II	Pengulangan III		
30	1	7,05	6,98	7,12	7,05	2,08
	2	6,05	6,17	5,93	6,05	15,97
	3	4,07	4,00	4,14	4,07	43,47
	4	2,96	2,94	2,98	2,96	58,89
	5	2,34	2,30	2,38	2,34	67,50
60	1	6,80	6,65	6,95	6,80	5,56
	2	5,70	5,63	5,77	5,70	20,83
	3	3,65	3,70	3,60	3,65	49,31
	4	1,98	1,18	2,08	1,98	72,50
	5	1,70	1,73	1,69	1,70	76,39
90	1	6,70	6,74	6,84	6,70	6,94
	2	5,50	5,37	5,65	5,50	23,61
	3	3,20	3,15	3,25	3,20	55,56
	4	1,05	1,03	1,07	1,05	85,42
	5	0,67	0,64	0,70	0,67	90,69



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



**Gambar 4.2. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan Fosfat (%) Terhadap Waktu Operasional Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir fosfat terendah pada kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu operasional hari ke-5 sebesar 0,67 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 prosentase penyisihan konsentrasi fosfat terbesar juga terjadi pada waktu operasional hari ke-5 dengan kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> sebesar 90,96 %.

#### 4.3.2 Analisis Korelasi.

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah tidak

searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula.

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

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

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

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

Hasil analisis untuk prosentase penyisihan phospat terhadap waktu pengambilan sampel pada reaktor kontinyu dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini:

**Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan Phospat (%)**

7/9/2011 11:14:12 AM		
<b>Correlations: kerapatan, persentase penurunan phospat, waktu operas (hari)</b>		
	kerapatan	persentase p
persentase p	0.902 0.004	
waktu operas	-0.000 1.000	0.956 0.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.4 untuk variasi kerapatan tanaman adalah 0,902, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,004. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman terhadap prosentase penyisihan fosfat adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan fosfat akan meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai probabilitas ( $P$ ) < 0,05. Artinya ada korelasi antara kerapatan tanaman dengan prosentase penyisihan fosfat.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.4 untuk waktu operasional dengan prosentase penyisihan fosfat adalah 0,956, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,000. Nilai koefisien korelasi dari waktu operasional terhadap prosentase penyisihan fosfat adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel adalah searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu operasional, maka prosentase penyisihan fosfat terjadi peningkatan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai probabilitas ( $P$ ) < 0,05. Artinya ada korelasi antara lamanya waktu operasional dengan prosentase penyisihan fosfat.

### 4.3.3 Analisis Regresi

Hasil uji regresi prosentase penyisihan fospat dapat dilihat pada Tabel 4.5, sebagai berikut:

**Tabel 4.5 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) dan Waktu Operasional (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan Fospat (%)**

7/9/2011 11:55:44 AM				
<b>Regression Analysis: prosentase penur versus waktu pengamb (h, kerapatan</b>				
The regression equation is				
prosentase penurunan fospat = - 9.44 + 19.9 waktu operasional (hari) + 0.243 kerapatan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-9.441	5.465	-1.73	0.110
waktu operasi (hari)	19.883	1.288	15.43	0.000
kerapatan	0.24257	0.07437	3.26	0.007
S = 7.05566 R-Sq = 95.4% R-Sq(adj) = 94.6%				

Pada Tabel 4.5 memuat keterangan sebagai berikut:

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

Persamaan regresi pada Tabel 4.5 adalah  $Y = -9,44 + 19,9 X_1 + 0,243 X_2$  dan, dimana Y adalah prosentase penyisihan fosfat (%),  $X_1$  adalah waktu operasional (hari), dan  $X_2$  adalah kerapatan tanaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ). Koefisien regresi sebesar 19,9 untuk variasi waktu operasional ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 hari dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan fosfat sebesar 19,9 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 0,234 untuk variasi kerapatan tanaman ( $X_2$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 hari dalam waktu operasional akan meningkatkan prosentase penyisihan fosfat sebesar 0,234 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel waktu operasional bertanda positif dan kerapatan tanaman juga bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.4 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu operasional bertanda positif, dimana koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu detensi adalah 0,902 dan 0,956. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikansi konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  dari tabel distribusi t didapat  $t_{(0,025,14)} = 2,145$ . Nilai t kerapatan tanaman pada tabel 4.5 adalah sebesar 3,26. Nilai probabilitas (P) kerapatan tanaman pada Tabel 4.5 adalah 0,007. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ , karena nilai T hitung > T tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan, dimana variasi kerapatan tanaman berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan fosfat.

Sedangkan nilai t waktu operasional pada Tabel 4.5 adalah sebesar 15,43. Nilai probabilitas (P) waktu operasional pada Tabel 4.5 adalah 0,000. Kesimpulan yang diambil untuk waktu operasional adalah menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ , karena nilai T hitung > T tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Kesimpulan tersebut berarti bahwa

koefisien regresi signifikan dimana lamanya waktu operasional berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan fosfat.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $r^2$ ) sebesar 95,4% pada. Hal ini berarti prosentase penyisihan fosfat dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan lamanya waktu operasional, sedangkan sisanya 4,6 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

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

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam prosentase penyisihan fosfat, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Prosentase penyisihan fosfat akan mewakili variabel respons sedangkan variasi 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 jenis tanaman uji, nilai prosentase penurunan fosfat.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

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

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

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

Hasil analisis untuk prosentase penyisihan phospat terhadap waktu operasional dan kerapatan tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

**Tabel 4.6 Hasil Uji ANOVA antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan Phospat (%)**

7/10/2011 8:02:16 AM					
<b>Two-way ANOVA: prosentase penurunan Phospat versus waktu operasi (h, kerapatan</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
waktu operasi (h	4	12272.9	3068.23	133.34	0.000
kerapatan	2	529.6	264.78	11.51	0.004
Error	8	184.1	23.01		
Total	14	12986.5			

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 didapat  $F_{(0,05,2,8)} = 4,46$  dan tabel distribusi F waktu operasional didapat  $F_{(0,05,4,8)} = 3,84$ . Nilai F hitung output kerapatan tanaman dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 11,51 dan 133,34. Nilai probabilitas kerapatan tanaman dan waktu operasional adalah 0,004 dan 0,000.

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 prosentase penyisihan phospat

dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $> F$  tabel dan nilai  $P \leq 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan fosfat dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan prosentase penyisihan fosfat pada waktu operasional dari hari ke-1 sampai hari ke-5 yang cukup besar.

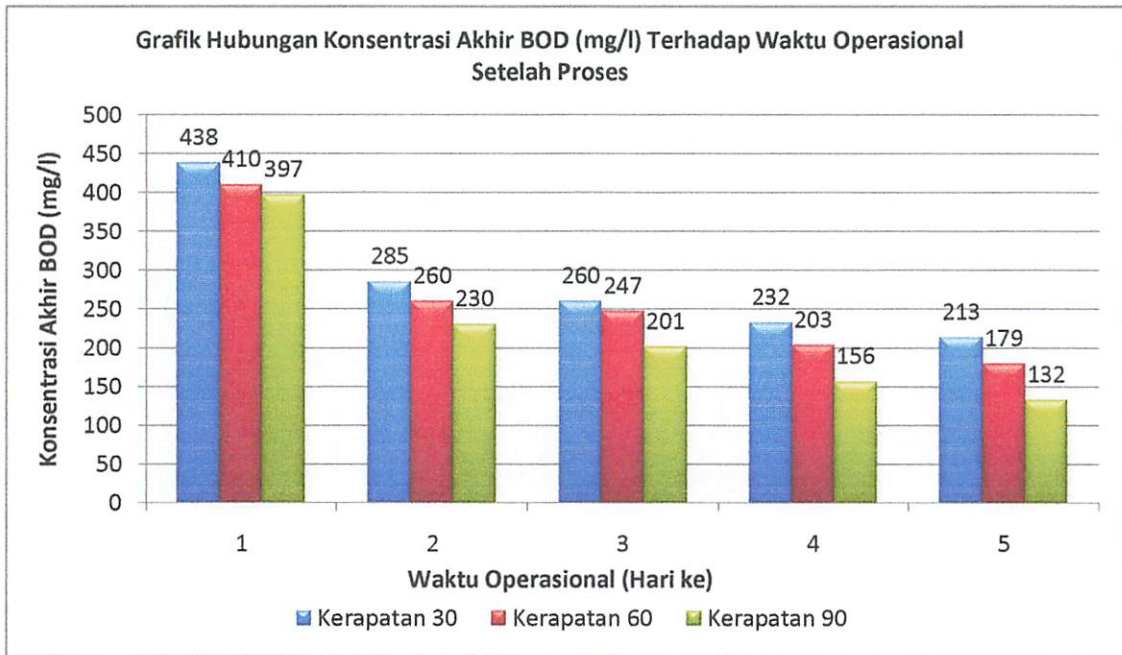
#### **4.4 Analisis Penurunan BOD**

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

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

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD dengan kerapatan  $30 \text{ mg/cm}^2$ ,  $60 \text{ mg/cm}^2$  dan  $90 \text{ mg/cm}^2$  mengalami penurunan dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Nilai akhir BOD pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.3 dibawah ini :





**Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Operasional Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD dengan masing-masing variasi kerapatan mengalami penurunan dari hari pengukuran ke-1 hingga ke-5.

❖ **Perhitungan Presentase Penyisihan BOD**

Berdasarkan data BOD akhir pada Tabel 4.2, maka dapat dicari prosentase penyisihan BOD pada tiap-tiap reaktor dengan menggunakan rumus:

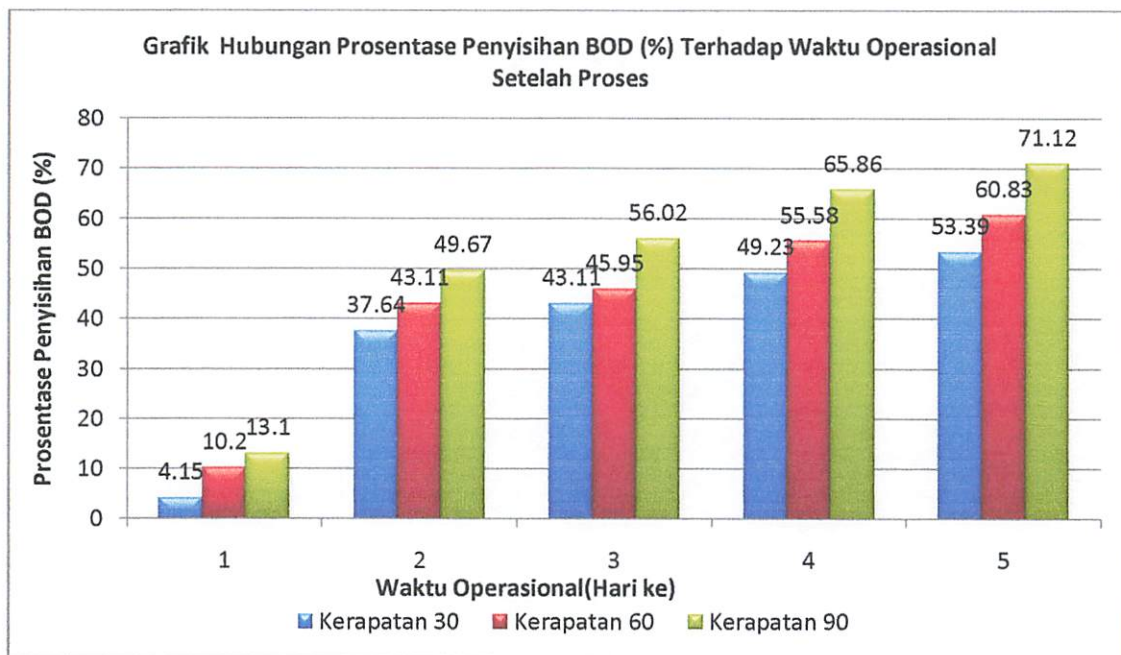
$$\% \text{ Removal} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Hasil dari perhitungan rumus diatas, maka nilai prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini:

**Tabel 4.7 Prosentase Penyisihan BOD (%)**

Variasi Kerapatan (mg/cm <sup>2</sup> )	Waktu Operasional (hari ke-)	Nilai Akhir (mg/l)			Nilai Akhir Rata-rata (mg/l)	% R
		Pengulangan I	Pengulangan II	Pengulangan III		
30	1	438	435	401	438	4,15
	2	285	289	281	285	37,64
	3	260	266	254	260	43,11
	4	232	228	236	232	49,23
	5	213	217	209	213	53,39
60	1	410	403	417	410	10,2
	2	260	267	253	260	43,11
	3	247	249	245	247	45,95
	4	203	201	205	203	55,58
	5	179	176	182	179	60,83
90	1	379	396	399	379	13,1
	2	230	234	226	230	49,67
	3	201	199	203	201	56,02
	4	156	154	158	156	65,86
	5	132	138	126	132	71,12

Berdasarkan data prosentase penyisihan konsentrasi BOD pada Tabel 4.3, maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penyisihan BOD pada Gambar 4.4 berikut ini:



**Gambar 4.4. Grafik Hubungan Prosentase Penyisihan BOD (%) Terhadap Waktu Operasional Setelah Proses**

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 konsentrasi akhir BOD terendah pada kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> dengan waktu operasional hari ke-5 sebesar 132 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 prosentase penyisihan konsentrasi phospat terbesar juga terjadi pada waktu operasional hari ke-5 dengan kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> sebesar 71,12 %.

#### 4.4.2 Analisis Korelasi.

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara variabel yang diamati. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif mempunyai artian bahwa hubungan antara dua variabel adalah tidak

searah, dimana jika salah satu variabel menurun maka variabel lainnya meningkat. Nilai korelasi bernilai positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah searah, dimana jika salah satu variabel meningkat maka variabel lainnya meningkat pula.

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

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

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

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

Hasil analisis untuk prosentase penyisihan phospat terhadap waktu pengambilan sampel pada reaktor kontinyu dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini:

**Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Detensi (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan BOD (%)**

7/10/2011 9:09:22 AM		
Correlations: waktu operision (hari), persentase penurunan BOD, kerapatan		
	waktu operasi	persentase p
persentase p	0.864 0.000	
kerapatan	-0.000 1.000	0.837 0.030
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.8 untuk variasi kerapatan tanaman adalah 0,837, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,030. Nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman terhadap prosentase penyisihan BOD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin padat kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan fosfat akan meningkat. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai probabilitas ( $P$ ) < 0,05. Artinya tidak korelasi antara kerapatan tanaman dengan prosentase penyisihan BOD.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.8 untuk waktu operasional dengan prosentase penyisihan BOD adalah 0,864, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,000. Nilai koefisien korelasi dari waktu operasional terhadap prosentase penyisihan fosfat adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel adalah searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin lama waktu operasional, maka prosentase penyisihan BOD terjadi peningkatan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai probabilitas ( $P$ ) < 0,05. Artinya ada korelasi antara lamanya waktu operasional dengan prosentase penyisihan BOD.

#### 4.4.3 Analisis Regresi

Hasil uji regresi prosentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.9, sebagai berikut:

**Tabel 4.9 Analisis Regresi Antara Kerapatan Tanaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) dan Waktu Operasional (hari) Terhadap Prosentase penyisihan BOD (%)**

7/10/2011 9:15:31 AM				
<b>Regression Analysis: persentase penur versus waktu operasi (h, kerapatan</b>				
The regression equation is				
persentase penurunan BOD = 6.55 + 11.9 waktu operasi (hari) + 0.227 kerapatan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	6.545	6.938	0.94	0.364
waktu operasi (hari)	11.868	1.635	7.26	0.000
kerapatan	0.22750	0.09442	2.41	0.033
S = 8.95749    R-Sq = 83.0%    R-Sq(adj) = 80.1%				

Pada Tabel 4.9 memuat keterangan sebagai berikut:

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

Persamaan regresi pada Tabel 4.9 adalah  $Y = 6,55 + 11,9 X_1 + 0,227 X_2$  dan, dimana  $Y$  adalah prosentase penyisihan BOD (%),  $X_1$  adalah waktu operasional (hari), dan  $X_2$  adalah kerapatan tanaman ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ). Koefisien regresi sebesar 11,9 untuk variasi waktu operasional ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu operasional sebesar 1 hari akan menurunkan prosentase penyisihan BOD sebesar 11,9 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 0,227 untuk variasi kerapatan tanaman ( $X_2$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 hari dalam pengambilan sampel akan meningkatkan prosentase penyisihan BOD sebesar 0,227 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel waktu operasional bertanda positif dan kerapatan tanaman juga bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.8 terlihat bahwa koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu operasional bertanda positif, dimana koefisien korelasi kerapatan tanaman dan waktu operasional adalah 0,287 dan 0,864. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model.

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  dari tabel distribusi t didapat  $t_{(0,025,14)} = 2,145$ . Nilai t kerapatan tanaman pada tabel 4.9 adalah sebesar 2,41. Nilai probabilitas (P) kerapatan tanaman pada Tabel 4.9 adalah 0,033. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ , karena nilai T hitung > T tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan, dimana variasi kerapatan tanaman berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan BOD.

Sedangkan nilai t waktu operasional pada Tabel 4.9 adalah sebesar 7,26. Nilai probabilitas (P) waktu detensi pada Tabel 4.9 adalah 0,000. Kesimpulan yang diambil untuk waktu operasional adalah menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ , karena nilai T hitung > T tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan dimana lamanya waktu operasional berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan BOD.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 83,0 % pada. Hal ini berarti prosentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan waktu operasional, sedangkan sisanya 17 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model.

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

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam prosentase penyisihan BOD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan mempunyai rata-rata (mean) yang sama. Prosentase penyisihan BOD akan mewakili variabel respons sedangkan kerapatan tanaman dan variasi 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 jenis tanaman uji, nilai prosentase 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 :

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

Hasil analisis untuk prosentase penyisihan BOD terhadap waktu operasional dan kerapatan tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini:



**Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA Antara Variasi Kerapatan Tanaman dan Waktu Operasional (hari) Terhadap Prosentase Penyisihan BOD (%)**

7/10/2011 9:22:42 AM

**Two-way ANOVA: persentase penurunan BOD versus kerapatan, waktu operasi (hari)**

Source	DF	SS	MS	F	P
kerapatan	2	470.57	235.28	53.59	0.000
waktu operasi (h)	4	5148.20	1287.05	293.13	0.000
Error	8	35.13	4.39		
Total	14	5653.89			

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 didapat  $F_{(0,05,2,8)} = 4,46$  dan tabel distribusi F waktu operasional didapat  $F_{(0,05,4,8)} = 3,84$ . Nilai F hitung output kerapatan tanaman dan waktu operasional secara berturut-turut adalah sebesar 53,59 dan 293,13. Nilai probabilitas kerapatan tanaman dan waktu operasional adalah 0,000 dan 0,000.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung > F tabel dan nilai P < 0,05. Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD

dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kerapatan tanaman adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai  $F$  hitung  $> F$  tabel dan nilai  $P < 0,05$ . Artinya bahwa prosentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan prosentase penyisihan fosfat pada waktu operasional dari hari ke-1 sampai hari ke-5 yang cukup besar.

#### **4.5 Pembahasan.**

##### **4.5.1 Pengaruh Variasi Kerapatan Tanaman Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat dan Prosentase Penyisihan BOD**

Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting dalam mengurangi atau menyerap kandungan fosfat dan BOD adalah akar tanaman (Bondowoso, 2011). Unsur-unsur yang terdapat di air diambil oleh eceng gondok dalam bentuk kation dan anion, yang dilakukan oleh ujung-ujung akarnya. Penyerapan terbesar pada bulu-bulu akar yang berjumlah sangat banyak dan setiap tumbuhan biasanya terdapat 200 sampai dengan 300 bulu akar per  $\text{mm}^2$ , dengan panjang 0,1 mm sampai dengan 10 mm. Permukaan yang luas dan kesempatan kontak langsung dengan air memudahkan proses penyerapan unsur-unsur dalam jumlah yang besar. Jalannya penyerapan digerakkan oleh energy kinetik yang berasal dari gerakan molekul-molekul yang berada pada perairan yang konsentrasinya lebih tinggi. Pertukaran ion terjadi oleh adanya peresapan bulu-bulu akar terhadap perairan sehingga ion-ion yang terlarut terbawa masuk ke dalam sel-sel akar dan ion-ion dalam tanaman akan terbawa keluar karena adanya perbedaan tekanan. Akar yang masih muda berpotensi untuk menyerap ion-ion dalam jumlah banyak (Dwijoseputro dalam Prabaningrum, Muharini dan Dimalouw, 2008)

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Fosfor di dalam air, berada dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Dalam bentuk senyawa organik, fosfor dapat berupa gula fosfat dan hasil oksidasinya, nukleoprotein dan fosfo protein. Sedangkan dalam bentuk senyawa anorganik meliputi ortofosfat dan polifosfat. Senyawa anorganik fosfat dalam air laut pada umumnya berada dalam bentuk ion (orto) asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), dimana 10% sebagai ion fosfat dan 90% dalam bentuk  $HPO_4^{2-}$ . Fosfat merupakan unsur yang penting dalam pembentukan protein dan membantu proses metabolisme sel suatu organisme. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Fosfor juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan algae akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Fosfor merupakan bahan makanan utama yang digunakan oleh semua organisme untuk pertumbuhan dan sumber energi (Hutagalung dkk dalam Sanusi dan Harpis, 2006).

Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfat. Ortofosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP dan Nukleotid koenzim). Ortofosfat dihasilkan dari dekomposisi tanaman atau jaringan yang membusuk, karena hal tersebut merupakan proses yang mudah dan cepat maka terjadi sangat tinggi di kolom perairan sehingga menyediakan fosfat anorganik untuk tanaman. Ketika fitoplankton mati, organik-P dengan cepat berubah menjadi fosfat. Banyak fitoplankton dikonsumsi oleh zooplankton dimana proses ini menghasilkan  $PO_4$ . Setelah masuk kedalam tumbuhan, misalnya fitoplankton, fosfat anorganik mengalami perubahan menjadi organofosfat (Sanusi dan Harpis, 2006). Pada penyerapan fosfat oleh eceng gondok terjadi proses fitoakumulasi yaitu proses

tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan dan proses rhizofiltration yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar atau pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam (Prihandrijanti, 2009).

BOD, adalah jumlah oksigen yang di butuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik terlarut. Tujuan pengukuran BOD untuk mengetahui kekuatan air buangan untuk dapat diolah secara biologis. Rasio COD/BOD<sub>5</sub> mengindikasikan biodegradabilitas dari air limbah itu sendiri, semakin tinggi rasio maka semakin rendah biodegradabilitas dari air buangan (Papadopoulos dkk dalam Tyagita, 2011). Pada penyerapan BOD oleh eceng gondok terjadi proses rizodegradasi yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan dan fitodegradasi yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri.

Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik dan anorganik tinggi, merupakan nutrient bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobia (Handayanto, E. dan Hairiah, K., dalam Tyagita, 2011).

Semakin padat kerapatan tanaman, maka jaringan akar tanaman akan semakin meningkatkan proses dekomposisi bahan anorganik dan organik (Upadhyay, 2004). Variasi kerapatan tanaman pada penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman uji dalam menurunkan nilai phospat dan BOD.

Semakin besar kerapatan tanaman, maka nilai phospat dan BOD yang teremoval juga semakin tinggi, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari kerapatan tanaman searah, ditandai dengan adanya tanda positif (+). Kesimpulan yang diambil adalah jika

semakin besar kerapatan tanaman, maka prosentase penyisihan fosfat dan BOD akan semakin meningkat.

#### **4.5.3 Pengaruh Waktu Operasional Terhadap Prosentase Penyisihan Fosfat dan Prosentase Penyisihan BOD**

Pada proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis tumbuhan yang digunakan, konsentrasi awal larutan, kapasitas penyerapan yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut, pH larutan, keberadaan polutan, dan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak, maka semakin besar pula polutan yang dapat diserap oleh tumbuhan air. Namun faktor ini tidak berlaku apabila tumbuhan air telah mencapai titik jenuh sehingga berapapun waktu kontak berikutnya, tumbuhan air tidak akan mampu menyerap polutan lagi dan hal ini dapat dijadikan pedoman untuk menentukan kapan tumbuhan tersebut harus di *recovery* (Amalia, 2005 dalam Tyagita, 2011).

Kecepatan penyisihan fosfat antara lain dipengaruhi oleh kandungan fosfat di dalam air, kerapatan tanaman, kadar fosfat dalam jaringan dan waktu kontak. Waktu kontak yang lama, berarti memberikan kesempatan ion fosfat (polifosfat) untuk zat tersebut di serap oleh tanaman (Zaman dan Sutrisno, 2006).

Dalam penyisihan BOD, jasad renik yang ada di dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas (Novotny & Olem dalam Hidayah dan Aditya, 2009). Dalam waktu tinggal tertentu, memberi kesempatan benda organik mengendap. Dengan adanya proses pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya (Wood dalam Hidayah dan Aditya, 2009).

Penelitian fitoremediasi ini dilakukan selama 5 hari, dengan pengambilan sampel setiap hari. Penurunan penyisihan fosfat dan BOD pada hari kedua (pengambilan sampel kedua) cukup pesat, yang diduga dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme cukup melimpah,

sehingga akan terjadi fase pertumbuhan dipercepat (Exponential growth phase). (Supradata, 2005 dalam Tyagita, 2011)

Waktu operasional yang efektif adalah hari ke-5 dimana konsentrasi fosfat dan BOD mengalami penurunan. Pada hari ke-5 ini diperkirakan mikroba sudah benar-benar mampu beradaptasi dengan baik sehingga penurunan nilai fosfat dan 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. Pada hari ke-5 ini diperkirakan penyerapan dari ortofosfat (bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air) benar-benar beradaptasi dengan baik, karena waktu kontak pesat air dengan eceng gondok adalah pada hari ke 2-4 (Warianto, 2003 dan Setiawati, 2004). Penyerapan fosfat oleh eceng gondok dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap maupun keadaan-keadaan lain (Sanusi dan Harpasis, 2006).

Dengan waktu operasional selama 5 hari dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi penurunan setiap harinya dan mengetahui waktu kontak jenuh dari tumbuhan.

Lamanya waktu operasional, mempengaruhi tingginya nilai removal fosfat dan BOD, hal ini diperkuat dengan adanya analisis korelasi maupun regresi yang menyatakan bahwa koefisien dari waktu operasional searah, ditandai dengan adanya tanda positif (+). Kesimpulan yang diambil adalah lama waktu operasional, maka mempengaruhi peningkatan dari penyisihan fosfat dan BOD.

#### **4.5.4 Kualitas Hasil Akhir Pengolahan Fitoremedasi Berdasarkan Standart Baku Mutu**

Konsentrasi awal fosfat pada air Sungai Brantas adalah sebesar 7,20 mg/l sementara konsentrasi awal BOD sebesar 457 mg/l. Konsentrasi Fosfat dan BOD pada air Sungai Brantas tersebut telah melebihi standar baku mutu kualitas air

berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Klas I, untuk konsentrasi fosfat yaitu sebesar 0,2 mg/l dan untuk konsentrasi BOD yaitu sebesar 2 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan fitoremediasi konsentrasi fosfat dan BOD yang terkandung dalam limbah tersebut mengalami penurunan.

Konsentrasi akhir fosfat air Sungai Brantas telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji *Eichornia Crassipes* dengan kerapatan yang paling efektif yakni pada kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-5 sebesar 0,67 mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir fosfat tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001, maka air hasil olahan tidak aman untuk di gunakan sebagai air baku air minum.

Konsentrasi akhir BOD air Sungai Brantas yang telah mengalami proses penyerapan oleh tanaman uji *Eichornia Crassipes* dengan kerapatan yang paling efektif yakni pada kerapatan tanaman 90 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan konsentrasi akhir di hari ke-5 sebesar 132 mg/l. Dari hasil konsentrasi akhir BOD tersebut dapat diketahui bahwa hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP RI No. 82 Tahun 2001 Klas I, maka limbah hasil olahan tidak aman untuk di gunakan sebagai air baku air minum.

Sehingga perlu untuk menyediakan alternatif pengolahan lanjutan untuk dapat di manfaatkan sebagai sumber air baku air minum masyarakat sekitar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) mampu menurunkan fosfat dan BOD pada Sungai Brantas. Efisiensi penurunan fosfat sebesar 90,69 % dengan konsentrasi awal adalah sebesar 7,20 mg/l menjadi 0,67 mg/l dan kadar BOD sebesar 71,12 % dengan konsentrasi awal sebesar 457 mg/l menjadi 132 mg/l pada kerapatan 90 mg/cm<sup>2</sup> dan waktu operasional hari ke 5.
2. Berdasarkan hasil analisis statistika, nilai koefisien korelasi dari kerapatan tanaman dan waktu operasional terhadap prosentase penyisihan fosfat dan BOD adalah kuat dan hubungan kedua variabel adalah searah. Hal ini berarti jika semakin padat kerapatan tanaman dan semakin lama waktu operasional, maka prosentase penyisihan fosfat dan BOD terjadi peningkatan.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan, variasi waktu detensi dan kerapatan tanaman sesuai dengan kemampuan fitoremediator yang di gunakan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan agar air dapat dimanfaatkan sebagai air baku air minum.



## DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G., Dr. Ir. Sri Sumestri Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya.

Anonim. *Eichhornia Crassipes*. <http://majalahforum.com/iptek>. Diakses tanggal 5 April 2011 pukul 20.30

Anonim. 2001. Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Anonim. *Peta Malang*. <http://www.portalmalang.com>. Diakses pada tanggal 22 Maret 2011 pukul 19.30

Anonim. *Sungai Brantas*. <http://www.anneahira.com/sungai-brantas.htm>. Diakses pada tanggal 22 Maret 2011 pukul 19.30

Anonim. *Sungai Brantas*. <http://www.tempointeraktif.com/2011/03/22>. Diakses tanggal 22 Maret 2011, pukul 19.30

Anonim. *Sungai Brantas*. <http://regional.jawapos.com/> 2010/01/05. Diakses tanggal 22 Maret 2011 pukul 19.30

Hardyanti, N dan Rahayu, S. *Fitoremediasi Fospat dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)*

- Hidayah dan Aditya. 2009. ***Potensi dan pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Construted Wetland***
- 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
- Prabaningrum, Muharini dan Dimalouw. 2008. ***Daya Serap Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Sebagai Salah Satu Alternatif Fitoremediator***
- Prihandrijanti, dkk. 2009. ***Fitoremediasi Dengan Eceng Gondok dan Kiambang Untuk Menurunkan Konsentrasi Detergen, Minyak Lemak dan Krom Total***. Universitas Surabaya
- Sanusi, Harpasis. 2006. ***KIMIA LAUT Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan***. Institut Pertanian Bogor : Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan
- Tyagita A., 2011. ***Perbandingan Efektifitas Tanaman Air Lemna Minor dan Hydrilla Verticillata Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu : Parameter BOD dan COD (Studi Kasus : Inustri Kecil Tahu di Desa Tunggutwulung)***. Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang

Upadhyay. 2004. *Aquatic Plants For The Wastewater Treatment*

Yasril dan Gusti, A. 2007. *Kemampuan Tanaman Mensiang (Scirpus Grossus) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Rumah Makan*

Zaman dan Sutrisno. 2006. *Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok Terhadap Amoniak Dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur dan Lama Kontak (Studi Kasus : RS Panti Wilasa, Semarang)*

*You are my everything ...*

*Fajar Faisal, sesorang dengan segudang kesabaran dan support awakla*

*Teknik Lingkaran 2007*

*Andra, Galih)*

*Sababla (Dita, Didot, Mbot, Fitri, Anggi, Aya, Enak, Willy,*

*Papa, Mama, Adik & Keluarga besar tersebut, terutama Alor Te Yali*

*Kapersembahkan karya ini kepada*

*Motto*

*“Bila Allah menolongmu, tidak ada yang dapat mengalahkan kamu, sebaliknya kalau Allah meninggalkan kamu, siapa lagi yang dapat menolongmu selain Dia. Maka kepada Allahlah para mukmin harus bertawakal”. (Q.S. Al Imran: 160)*

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (QS. Asy Syarh: 6)*

*“Mohonlah pertolongan Allah dengan sabar dan shalat. Hal itu sungguh sangat berat kecuali bagi mereka yang khusyuk” (Q.S. Al Baqarah :45)*

*Grab your future with optimism, bravery, strong faith, and you will have big smile at the end – My Mama*

*Selamat bersemangat! Yang mungkin itu tidak ada – My Papa*

*Believe you self! Do not let your fear is greater than you dreams – My Fajar*

*I will do the best as long as I can, everytime – Mine*

# Lampiran 1

Luas reaktor 20-80 % dari kepadatan eceng gondok

$$\begin{aligned}\text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 100 \times 40 \\ &= 4000 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

**Mimumum.**

$$20 \% \text{ dari luasan reaktor} = 800 \text{ cm}^2$$

**Maksimum.**

$$80 \% \text{ dari luasan reaktor} = 3200 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dengan kerapatan } 30 \text{ mg/cm}^2 = \frac{120}{4000} \times 100 \% = 30 \%$$

$$\text{Kerapatan } 90 \text{ mg/cm}^2 = \frac{360 - 120}{4000} \times 100 \% = 60 \%$$

# Lampiran 2

## 1. Bak Penampung

- Debit bak penampung asumsi = 0,5 liter/jam = 0,03 m<sup>3</sup>/menit
- Volume bak penampung

Diketahui :

Volume bak kontrol dan bak uji = 40 liter

Karena letak valve 2 cm dari dasar bak penampung, maka sisa air pada bak penampung

$$= p \times l \times t$$

$$= 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$$

$$= 5000 \text{ cm}^3 = 5 \text{ liter}$$

Volume bak penampung = volume 1 bak kontrol dan 3 bak uji + sisa air pada bak

penampung

$$= (4 \times 40 \text{ liter}) + 5 \text{ liter} = 165 \text{ liter}$$

Dimensi bak penampung :

Panjang = 50 cm

Lebar = 50 cm

Tinggi = 75 cm

2. Bak kontrol dan bak uji 1, 2, 3

- Diameter pipa =  $2'' = 5,08 \text{ cm} = 0,0508 \text{ m}$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4}\pi d^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{4}3,14 \cdot (0,0508 \text{ m})^2\right) \\ &= 2,025 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pipa 1 =

Panjang pipa 1 = 28 cm = 0,28 m

$$\begin{aligned} V &= A \cdot p \\ &= (2,025 \times 10^{-3}) \times 0,28 \\ &= 5,67 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Q pipa 1 = Q bak penampung = 0,03 m<sup>3</sup>/menit

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,03}{2,025 \times 10^{-3}} \\ &= 14,81 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{5,67 \times 10^{-4}}{0,03} = 0,0189 \text{ menit} = 1,134 \text{ detik}$$

Pipa 2 =

Panjang pipa 2 = 20 cm = 0,2 m

$$\begin{aligned} V &= A \cdot p \\ &= (2,025 \times 10^{-3}) \times 0,20 \\ &= 4,05 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Q pipa 2 =  $\frac{1}{2}$  Q bak penampung = 0,015 m<sup>3</sup>/menit

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,015}{2,025 \times 10^{-3}} \\ &= 7,40 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{4,05 \times 10^{-4}}{0,015} = 0,027 \text{ menit} = 1,62 \text{ detik}$$



Pipa 3 =

Panjang pipa 3 = 40 cm = 0,4 m

$$\begin{aligned}V &= A \cdot p \\ &= (2,025 \times 10^{-3}) \times 0,40 \\ &= 8,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3\end{aligned}$$

Q pipa 3 =  $\frac{1}{4}$  Q bak penampung = 0,0075 m<sup>3</sup>/menit

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,0075}{2,025 \times 10^{-3}} \\ &= 3,70 \text{ m/menit}\end{aligned}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{8,1 \times 10^{-4}}{0,0075} = 0,108 \text{ menit} = 6,48 \text{ detik}$$

Pipa 4 =

Panjang pipa 4 = 15 cm = 0,15 m

$$\begin{aligned}V &= A \cdot p \\ &= (2,025 \times 10^{-3}) \times 0,15 \\ &= 3,03 \times 10^{-4} \text{ m}^3\end{aligned}$$

Q pipa 3 =  $\frac{1}{4}$  Q bak penampung = 0,0075 m<sup>3</sup>/menit

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} = \frac{0,0075}{2,025 \times 10^{-3}} \\ &= 3,70 \text{ m/menit}\end{aligned}$$

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{3,03 \times 10^{-4}}{0,0075} = 0,0405 \text{ menit} = 2,43 \text{ detik}$$

Td pipa A = pipa 1 + pipa 2 + pipa 3 + pipa 4 = 11,66 detik

Td pipa B = pipa 1 + pipa 2 + pipa 5 = 5,18 detik

Td pipa C = pipa 1 + pipa 6 + pipa 7 = 5,18 detik

Td pipa D = pipa 1 + pipa 6 + pipa 8 + pipa 9 = 11,66 detik

- Volume bak kontrol dan bak uji

Diketahui :

Panjang = 100 cm

Lebar = 40 cm

Tinggi muka air = 10 cm

•

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 100 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 40000 \text{ cm}^3 = 0,04 \text{ m}^3 = 40 \text{ liter}\end{aligned}$$

- Debit bak kontrol dan bak uji =  $\frac{1}{4}$  debit bak penampung =  $0,0075 \text{ m}^3/\text{menit}$   
 $T_d = \frac{V}{Q} = \frac{0,04}{0,0075} = 5,33 \text{ menit} = 320 \text{ detik}$  (waktu detensi pada reactor kontinyu minimal 240 detik)

Perhitungan selanjutnya pada tabel

# Lampiran 3

Perhitungan kerapatan tanaman :

1. Untuk kerapatan  $30 \text{ mg/cm}^2$  :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 100 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \\ &= 4000 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 30 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{4000 \text{ cm}^2} \\ X_{30} &= 120 \text{ mg} \end{aligned}$$

2. Untuk kerapatan  $60 \text{ mg/cm}^2$  :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 100 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \\ &= 4000 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 60 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{4000 \text{ cm}^2} \\ X_{60} &= 240 \text{ mg} \end{aligned}$$

3. Untuk kerapatan  $90 \text{ mg/cm}^2$  :

$$\begin{aligned} \text{Luas reaktor} &= p \times l \\ &= 100 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \\ &= 4000 \text{ cm}^2 \\ \text{Kerapatan} &= \frac{\text{berat tanaman (gr)}}{\text{luas reaktor}} \\ 90 \text{ mg/cm}^2 &= \frac{x \text{ (gr)}}{4000 \text{ cm}^2} \\ X_{70} &= 360 \text{ mg} \end{aligned}$$

Tabel Perhitungan Reaktor Kontinyu

	Panjang (m)	Diameter (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Debit (m <sup>3</sup> /menit)	Kecepatan (m/menit)	Td (detik)
pipa 1	0.28	0.0508	0.002025802	0.00056722	0.03	14.809	1.13
pipa2	0.2	0.0508	0.002025802	0.00040516	0.015	7.404	1.62
pipa 3	0.4	0.0508	0.002025802	0.00081032	0.0075	3.702	6.48
pipa 4	0.15	0.0508	0.002025802	0.00030387	0.0075	3.702	2.43
pipa 5	0.15	0.0508	0.002025802	0.00030387	0.0075	3.702	2.43
pipa 6	0.2	0.0508	0.002025802	0.00040516	0.015	7.404	1.62
pipa 7	0.15	0.0508	0.002025802	0.00030387	0.0075	3.702	2.43
pipa 8	0.4	0.0508	0.002025802	0.00081032	0.0075	3.702	6.48
pipa 9	0.15	0.0508	0.002025802	0.00030387	0.0075	3.702	2.43
Outlet bak kontrol	0.1		0.4	0.04	0.0075	0.01875	320.00
Outlet bak uji 1	0.1		0.4	0.04	0.0075	0.01875	320.00
Outlet bak uji 2	0.1		0.4	0.04	0.0075	0.01875	320.00
Outlet bak uji 3	0.1		0.4	0.04	0.0075	0.01875	320.00