

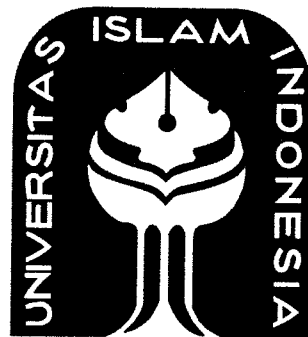
PEMBUATANAN PENCATATAN  
HAK MASYARAKAT  
TGL TERIMA : 13  
NO. JUDUL : 002040  
NO. BIV. : 512.000.2040001  
NO. BIKEN. :

TA/TL/2006/0093

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN KONSENTRASI TSS, COD, TOTAL  
NITROGEN (TKN) DAN TOTAL FOSFAT EFFLUENT  
SEPTIC TANK DENGAN AQUATIC PLANT TREATMENT  
MENGUNAKAN TANAMAN PAPYRUS  
(*CYPERUS PAPYRUS*)**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Jurusan Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : Eka Puji Astuty .S.  
No. MHS : 01 513 012

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2006**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENURUNAN KONSENTRASI TSS, COD, TOTAL  
NITROGEN (TKN) DAN TOTAL FOSFAT *EFFLUENT*  
*SEPTIC TANK* DENGAN *AQUATIC PLANT TREATMENT*  
MENGUNAKAN TANAMAN PAPYRUS  
(*CYPERUS PAPYRUS*)**

*Disusun Oleh :*

**Eka Puji Astuty .S.  
01.513.012**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Luqman Hakim, ST, MSi**  
\_\_\_\_\_  
**Dosen Pembimbing I**

**Hudori, ST**  
\_\_\_\_\_  
**Dosen Pembimbing II**



Tanggal : 10/7/06



Tanggal : 8/7/06

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah atas segala rahmat yang telah diberikan oleh Allah, sebab tiada makna yang lebih besar daripada rahmat yang telah diberikan oleh-Nya. Serta tak lupa kami haturkan shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW. Sehingga atas ridho-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir kami yang berjudul “**Penurunan Konsentrasi TSS, COD, TOTAL NITROGEN (TKN) Dan TOTAL FOSFAT *Effluent Septic Tank Dengan Aquatic Plant Treatment Menggunakan Tanaman Papyrus (Cyperus Papyrus)*”**”.

Tugas akhir ini merupakan syarat terakhir yang harus kami tempuh untuk menyelesaikan pendidikan pada jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Sebagaimana kita hidup bermasyarakat yang tidak mungkin lepas dari bantuan orang lain, begitu pula dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak luput dari bantuan banyak pihak. Maka tidak lupa kami ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. **Ruzardi, Dr, Ir, H, MS**, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. **Luqman Hakim, ST, Msi**, selaku dosen pembimbing I dan ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. **Hudori, ST**, selaku dosen pembimbing II yang selalu sabar dan perhatian.
5. **Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd** selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
6. Seluruh karyawan di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII yang memperlancar tersusunnya tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Tentunya sebagai manusia tidak pernah luput dari kesalahan, sehingga dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekeliruan dan kekurangan. Oleh karena itu kami mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada, serta tak lupa bagi para pembaca untuk dapat memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan dunia keteknik sipil dan semoga Allah SWT selalu meridhoi kita semua, Amin.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Jogjakarta, Juli 2006

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
MOTTO.....	vii
LEMBAR TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAKASI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sistem Penggunaan Kembali ( <i>Reuse</i> ).....	6
2.2 <i>Aquatic Plant Treatment</i> Untuk Pengolahan Air Buangan .....	9
2.3 Tanaman Papyrus ( <i>Cyperus Papyrus</i> ).....	9

2.4 Parameter – Parameter Yang Digunakan Dalam <i>Aquatic Plant</i>	
<i>Treatment</i> .....	12
2.4.1 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i> .....	12
2.4.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	12
2.4.3 Siklus Nitrogen (N) Dalam <i>Aquatic Plant</i>	
<i>Treatment</i> .....	13
2.4.3.1 Mineralisasi ( <i>Ammonifikasi</i> ).....	15
2.4.3.2 Nitrifikasi .....	16
2.4.3.3 Denitrifikasi .....	18
2.4.3.4 Fiksasi Nitrogen.....	19
2.4.3.5 Assimilasi (Penyerapan Oleh Tanaman Dan	
Bakteri).....	19
2.4.4 Siklus Fosfat ( $PO_4$ ) .....	20
2.5 Hipotesa.....	24

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Tempat Penelitian.....	25
3.2 Waktu Penelitian .....	25
3.3 Alat Dan Bahan Yang Digunakan .....	25
3.4 Parameter Yang Diteliti.....	27
3.5 Cara Kerja .....	28
3.5.1 Analisis Parameter.....	28
3.5.2 Reaktor <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	28
3.5.2.1 Perencanaan Reaktor <i>Batch Aquatic Plant</i>	

<i>Treatment</i> .....	29
3.5.2.2 Perencanaan Sistem Inlet .....	33
3.5.2.3 Perencanaan Sistem Outlet.....	33
3.5.3 Frekwensi Pengambilan Sampel .....	33
3.6 Analisa Data .....	33

#### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisa Kualitas <i>Effluent Septictank</i> .....	35
4.1.1 Penurunan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dalam <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	35
4.1.2 Penurunan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dalam <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	40
4.1.3 Penurunan Total N (TKN) Dalam <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	44
4.1.4 Penurunan Total P (Po <sub>4</sub> ) Dalam <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	47
4.2 Analisa Pertumbuhan Tanaman Dalam Reaktor .....	49
4.3 Analisa Pertumbuhan Tanaman Paling Optimum .....	60

#### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	63

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	64
-----------------------------	----

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian <i>Aquatic Plant System</i> yang telah dilakukan.....	9
Table 2.2 Proses Transformasi Nitrogen.....	24
Tabel 3.1 Metode Pengujian Sampel .....	26
Tabel 3.2 Perhitungan Dimensi Reaktor.....	28
Tabel 3.3 Masa Penanaman Dan Pengambilan Sampel Air Buangan.....	32
Tabel 4.1 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus.....	49
Tabel 4.2 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus.....	52
Tabel 4.3 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus.....	54
Tabel 4.4 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus.....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Aquatic Plant Treatment</i> .....	8
Gambar 2.2 Tanaman <i>Cyperus Papyrus</i> .....	10
Gambar 2.3 Daur Fosfat.....	22
Gambar 2.4 Diagram Alir metode penelitian.....	23
Gambar 4.1 Penurunan Konsentrasi COD Pada Inlet Dan Outlet.....	34
Gambar 4.2 Penurunan Konsentrasi TSS Pada Inlet Dan Outlet.....	40
Gambar 4.3 Penurunan Konsentrasi Total N Pada Inlet Dan Outlet.....	43
Gambar 4.4 Penurunan Konsentrasi Total P Pada Inlet Dan Outlet.....	46
Gambar 4.5 Jumlah Batang.....	50
Gambar 4.6 Tinggi Tanaman.....	50
Gambar 4.7 Reaktor 1 Hari Ke – 0.....	50
Gambar 4.8 Reaktor 1 Hari Ke – 20.....	51
Gambar 4.9 Jumlah Batang.....	52
Gambar 4.10 Tinggi Tanaman.....	53
Gambar 4.11 Reaktor 2 Hari Ke – 0.....	53
Gambar 4.12 Reaktor 2 Hari Ke – 20.....	53
Gambar 4.13 Jumlah Batang.....	55
Gambar 4.14 Tinggi Tanaman.....	55
Gambar 4.15 Reaktor 3 Hari Ke – 0.....	56
Gambar 4.16 Reaktor 3 Hari Ke – 20.....	56
Gambar 4.17 Jumlah Batang.....	57
Gambar 4.18 Tinggi Tanaman.....	57
Gambar 4.19 Reaktor Blanko Dengan Air Bersih Hari Ke – 0.....	57
Gambar 4.20 Reaktor Blanko Dengan Air Bersih Hari Ke – 20.....	57
Gambar 4.21 Jumlah Batang.....	59
Gambar 4.22 Tinggi Tanaman.....	59

**PENURUNAN KONSENTRASI TSS, COD, TOTAL NITROGEN (TKN)  
DAN TOTAL FOSFAT *EFFLUENT SEPTIC TANK* DENGAN *AQUATIC  
PLANT TREATMENT* MENGGUNAKAN TANAMAN POPYRUS  
(*CYPERUS POPYRUS*)**

**Eka Puji Astuty .S  
Abstraksi**

Sistem *Aquatic Plant Treatment* adalah salah satu alternatif teknik pengolahan limbah cair domestik, konsep dasar *Aquatic Plant Treatment* adalah dengan memanfaatkan peranan dari aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam mengurai bahan – bahan pencemar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi TSS, COD, TKN, dan Total P dalam *effluent septic tank* dengan reaktor *Aquatic plant Treatment* menggunakan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *Aquatic Plant Treatment* dengan variasi tanaman yaitu 8, 6, dan 4 tanaman dengan metode *batch*. Penelitian ini menggunakan lima buah reaktor dengan dimensi : 0,65 m x 0,35 m x 0,25 m dengan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dengan waktu detensi pengolahan limbah selama 4 hari. Reaktor dibagi menjadi 5 yaitu : 1 reaktor control untuk reaktor uji dimana reaktor diberi limbah dengan konsentrasi 100 % tanpa ditanami tanaman, 3 reaktor uji dimana reaktor ini dialiri limbah dengan konsentrasi 100 % dengan variasi tanaman 8, 6 dan 4 tanaman, dengan 1 reaktor control dengan 100 % untuk fisiologi tanaman dengan reaktor uji.

Dalam penelitian ini diperoleh bahwa reaktor *Aquatic Plant Treatment* dengan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dapat menurunkan parameter COD sebesar 17,47 % – 88,50 %, TSS sebesar 33,01 % - 96,03 %, Total N sebesar 3,063 -70,76 % sedangkan untuk Total P terjadi peningkatan. Penggunaan *effluent septic tank* ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).

Kata Kunci : *Aquatic Plant Treatment*, COD, TSS. Total N dan Total P, Tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Tingkat pencemaran sungai, air tanah, danau, sumur, dan pantai sudah mencapai di atas ambang batas dan pencemaran limbah cair makin berkembang dan makin sulit diatasi. Penyebab utama dari pencemaran ini salah satunya adalah limbah domestik karena debit air buangan cenderung meningkat perharinya bersamaan dengan meningkatnya populasi, perubahan gaya hidup dan aktivitas lainnya, sehingga diperlukan adanya pengolahan air buangan untuk memperbaiki kualitas air buangan yang akan dibuang ke lingkungan.

Limbah rumah tangga adalah limbah yang berasal dari dapur, kamar mandi cucian, limbah bekas industri rumah tangga dan kotoran manusia. Limbah merupakan buangan/bekas yang berbentuk cair, gas dan padat. Dalam air limbah terdapat bahan kimia sukar untuk dihilangkan dan berbahaya. Bahan kimia tersebut dapat memberi kehidupan bagi kuman-kuman penyebab penyakit disentri, tipus, kolera, dan sebagainya.

Daerah yang berpenduduk padat mempunyai beberapa kendala didalam pengelolaan limbah cair rumah tangga. Sering dijumpai penduduk dari daerah pemukiman padat langsung membuang limbah cair dari aktivitas rumah tangganya ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, keadaan ini menjadikan air sungai menjadi kotor dan bau. Rata-rata masalah yang dihadapi masyarakat yang hidup di daerah pemukiman padat penduduk diantaranya adalah

WC tidak berfungsi karena tidak adanya sistem resapan, saluran drainase kotor dan berbau berasal dari *septic tank* yang sudah penuh.

Sering dijumpai penduduk dari daerah pemukiman padat langsung membuang limbah cair dari aktivitas rumah tangganya ke sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, hal ini disebabkan mereka tidak mempunyai bangunan pengumpul air buangan secara terpusat dan fasilitas air buangan dikarenakan oleh topografinya, kepadatan penduduk yang rendah atau kurangnya sumber dana yang tersedia. Keadaan ini menjadikan air sungai menjadi kotor dan bau. Umumnya pengolahan air buangan yang dimiliki oleh penduduk adalah sistem *on-site* yang terdiri dari *septic tank* untuk mengendapkan padatan.

Salah satu contoh dari permasalahan yang terjadi pada kota Bandung, Sekitar 3,5 juta atau 65% dari 6 juta penduduk cekungan Bandung membuang kotorannya (tinja, air kencing, dll.) secara sembarangan. Mereka membuang kotorannya langsung ke sungai atau ke *septic tank* yang tidak kedap air sehingga tetap saja mencemari lingkungan. Para penduduk di pemukiman padat dengan kondisi *septic tank* yang buruk. Pada kondisi lingkungan seperti itu, sumur penduduk sangat dekat dengan *septic tank*, sehingga mudah sekali tercemar oleh tinja. Bahkan, air sungai yang tercemar limbah pun bisa juga menyerap ke sumur-sumur penduduk di sepanjang sungai (Kompas, 2006). Seharusnya air limbah tersebut harus diolah agar tidak mencemari dan tidak membahayakan kesehatan lingkungan. Air limbah harus dikelola untuk mengurangi pencemaran.

Semua limbah hasil aktivitas akan kembali ke alam dan akan memberikan beban kepada lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Sesuai dengan

Undang-undang No. 23 Tahun 1997 pasal 3 dalam pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, pengendalian limbah secara baik sangat diperlukan agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan disekitarnya. Untuk menanggulangi/mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan perlu dilakukan pengolahan limbah secara intensif.

Penggunaan *effluent septic tank* merupakan konsep berwawasan lingkungan yang mengedepankan suatu produk yang dapat didaur ulang. Dalam hal ini adalah produk limbah secara kualitas dapat digunakan kembali untuk berbagai keperluan. *Septic tank* sangatlah efektif untuk menghilangkan BOD, COD, TSS dan lemak tapi tidak efektif dalam mereduksi nutrisi, organik, dan bakteri (Brown, R.B. and T.J. Bicki. 1987 ). Untuk itu diperlukan bentuk penanganan lebih lanjut, salah satunya adalah pemanfaatan kembali *effluent septic tank* dengan *Aquatic Plant Treatment* yaitu memanfaatkan tanaman air.

Dimana dalam penelitian ini menggunakan sistem *Aquatic Plant Treatment*. Perencanaan *Aquatic Plant Treatment* ini merupakan hal yang relatif baru untuk sistem pengolahan limbah domestik. Sistem ini dikembangkan dengan memanfaatkan potensi limbah domestik yang ada dengan memanfaatkan tanaman yang mempunyai kemampuan mengolah limbah organik. Dimana dalam penelitian ini menggunakan memanfaatkan salah satu jenis tanaman air, yaitu tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).

Prinsip dasar sistem pengolahan limbah secara biologis ini adalah proses respirasi tanaman air mampu mengisap oksigen dari udara melalui daun, akar dan rhizomenya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran

(*rhizosphere*). Hal ini dimungkinkan karena jenis tanaman air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosphere ke bagian perakaran. Tanaman air bisa hidup pada kondisi yang anaerob (tanpa oksigen). Terjadinya daerah *rhizosphere* yang bersifat aerob memungkinkan aktifitas berbagai bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (nitrogen, phosphor) meningkat. Proses penguraian ammonia menjadi nitrat (*nitrifikasi*) juga meningkat. Proses ini terjadi terus menerus sepanjang tahun tanpa berhenti.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Di lihat dari latar belakang dapat dirumuskan permasalahan, yaitu sebagai berikut :

1. Apakah tanaman Papyrus (*Cyperus papyrus*) dapat digunakan untuk menurunkan kadar COD, TSS, Total N dan Total P.
2. Apakah dengan menggunakan *effluent septic tank* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus papyrus*).

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh air buangan terhadap pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).
2. Mengetahui efek pemakaian *effluent septic tank* terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Agar *effluent septic tank* dapat dimanfaatkan kembali sebelum dibuang.
2. Sebagai tambahan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).

#### **1.5 Batasan Masalah**

Terdapat beberapa batasan masalah dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Tanaman air yang digunakan adalah Papyrus (*Cyperus Papyrus*).
2. Sistem pengaliran yang digunakan adalah sistem air secara *batch* dengan waktu detensi (*td*) 4 hari..
3. Parameter limbah berupa COD, TSS, Total N dan Total P.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Penggunaan Kembali ( *Reuse* )

Semua limbah hasil aktivitas akan kembali ke alam dan akan memberikan beban kepada lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Sesuai dengan Undang-undang No. 23 Tahun 1997 pasal 3 dalam pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, pengendalian limbah secara baik sangat diperlukan agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan disekitarnya. Untuk mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan perlu dilakukan pengolahan limbah secara intensif.

Penggunaan limbah untuk ekologi sanitasi berdasarkan pada tiga prinsip, ( Mayung, 2004 ) yaitu :

1. Mencoba mencegah pencemaran yang dilakukan oleh manusia itu sendiri.
2. Sanitasi *urine* dan tinja.
3. Menggunakan bahan *agricultural* sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.

Pendekatan ini berupa siklus sistem tertutup yang teratur. Sistem ini memanfaatkan sisa kotoran manusia sebagai sumber daya. *Urine* dan tinja disimpan lalu diproses ditempatnya. Manfaat dari ekologi sanitasi adalah untuk menahan dan membersihkan kotoran manusia sebelum dipergunakan kembali.

Ekologi sanitasi menggantikan alam dengan cara mengembalikan nutrisi tanaman yang terkandung dalam *urine* dan kotoran manusia kembali ke tanah. Jadi *urine* dan kotoran manusia dimanfaatkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan dan struktur tanah serta kandungan nutrisinya. (Mayung, 2004)

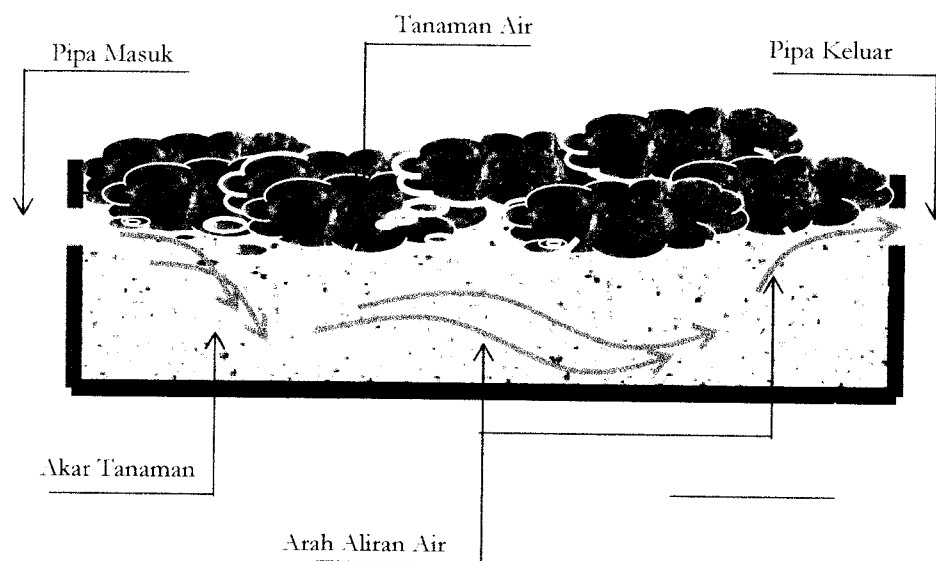
Salah satu cara untuk menanggulangi limbah cair domestik adalah dengan sistem *Aquatic Plant Treatment*. Konsep *Aquatic Plant Treatment* ini merupakan pengembangan dari sistem yang sudah dikenal lebih dulu yaitu sistem ***Soil Vegetation Biosystem (for Wastewater Recycling)***.

Ada empat kelebihan *Aquatic Plant Treatment* untuk pertumbuhan tanaman pada *Sistem Reuse* yaitu:

1. Pengenalan fungsi alami dari *Aquatic Plant System* dan *wetland* sebagai penyerap nutrisi untuk tanaman.
2. Munculnya aplikasi estetika, sehingga tanaman air dapat dimanfaatkan menjadi tanaman hias.
3. Sistem pengolahannya mudah dan murah.
4. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.

Penggunaan kembali *effluent septic tank* pada tanaman air merupakan komponen terpenting dari *Aquatic Plant Treatment* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan mikrobial. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi. Mulai dari tanaman jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada *Aquatic Plant Treatment*. Fungsi tanaman air pada *Aquatic Plant Treatment* :

- a. Pada akar dan batang
  1. Sebagai tempat bakteri hidup.
  2. Media penyerap absorpsi zat padat.
- b. Pada batang dan daun di permukaan air, mengurangi sinar matahari dan mencegah timbulnya ganggang.

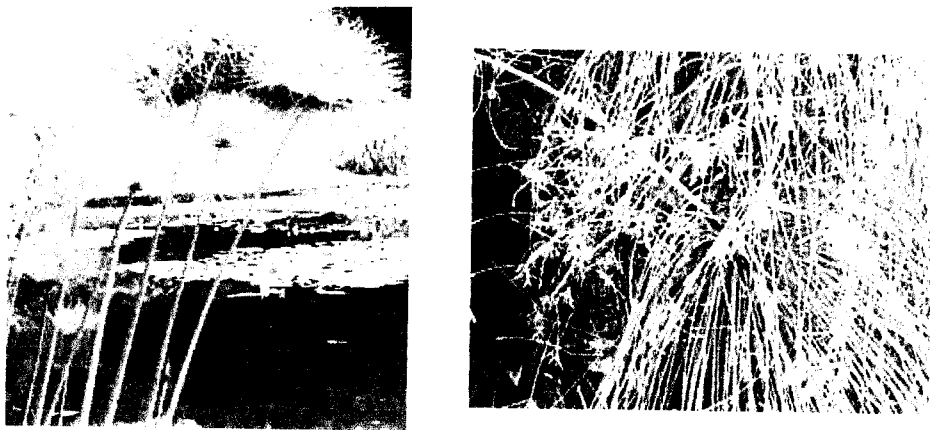


**Gambar 2.1** *Aquatic Plant Treatment*

Fungsi lain dari tanaman air dalam proses penjernihan limbah yaitu :

1. Menjaga *hydraulic conductivity* dari substrat supaya stabil,
2. Meningkatkan aktifitas bakteri di bagian perakaran,
3. Sumber carbon bagi bakteri,
4. Akar tanaman sebagai filter,
5. Melepaskan oksigen di daerah perakaran (*rhizosphere*),

Papyrus berbentuk segitiga, didalamnya terdapat semacam serbuk berwarna putih. Tinggi tangkainya tidak tanggung – tanggung bisa menjulang hingga 3 - 5 m bergerombol membentuk rumpun yang indah, bagian ujung tangkai ditumbuhi daun – daun halus yang bergerombol sepanjang kira- kira 25 cm yang menyebar seperti air mancur.



**Gambar 2.2** Tanaman *Cyperus Papyrus*

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan tanaman ini adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Cahaya

Tanaman tidak akan dapat melangsungkan proses asimilasi (fotosintesis) tanpa ada cahaya. Proses asimilasi memerlukan cahaya matahari untuk mengubah bahan makanan berupa gas asam arang ( $CO_2$ ) dari udara dan air ( $H_2O$ ).

2. Kebutuhan Suhu

Tanaman ini cocok atau tumbuh baik pada suhu lingkungan dengan temperatur antara  $20^{\circ}C - 30^{\circ}C$ .

### 3. Air

Air berperan penting dalam proses fotosintesis dan mengangkut bahan makanan keseluruh organ tanaman. Disamping itu, air didalam daun juga menjaga tegangan sel daun (*turgor*) bertahan tegar.

### 4. Kelembaban

Kelembaban rata-rata yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan berkisar antara 50%.

### 5. Udara

Kondisi lingkungan yang berudara segar sangat penting bagi kehidupan tanaman Papyrus. Dalam lingkungan yang berudara segar, tanaman dapat memperoleh  $O_2$  untuk bernapas dan untuk membakar cadangan makanan agar dapat menghasilkan energi untuk pertumbuhan.

### 6. Pebanyakan Tanaman

Papyrus diperbanyak dengan menggunakan stek batang atau dengan cara memisahkan anakan dari induknya. Pebanyakan Papyrus ini dapat dilaksanakan setiap saat, asalkan lingkungan sesuai dengan tuntutan hidup tanaman.

Tanaman ini memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari pada bagian daunnya. Serta tanaman ini dapat dimanfaatkan mejadi daun papir.

## **2.4 Parameter – Parameter Yang Digunakan Dalam *Aquatic Plant Treatment*.**

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

COD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air limbah secara kimia. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang dapat teroksidator kuat dalam kondisi asam ( Metcalf and Eddy, 1991 ). Nilai COD juga merupakan suatu bilangan yang dapat mengatakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam ( Benefield dan Randall, 1980 ).

Pengukuran nilai COD sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air buangan dan domestik yang mengandung senyawa / unsur yang beracun bagi mikroorganisme ( Metcalf and Eddy, 1991 ).

Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

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

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami dalam *Aquatic*. Proses fisik yang berperan untuk meremoval padatan tersuspensi adalah proses flokulasi, sedimentasi, dan intersepsi. Padatan tersuspensi di dalam *Aquatic* dapat bertambah yang disebabkan oleh sejumlah faktor seperti : pertumbuhan dari bakteri dan alga, sisa

– sisa tanaman dan invertebrata, dan aktivitas vertebrata. Sisa – sisa tanaman meliputi biji, serbuk, daun, dan batang yang mati dan jatuh ke dalam *Aquatic*. Padatan tersuspensi di dalam *Aquatic* terjadi apabila ada kematian invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikrobia di dalam kolam air, alga atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti : besi sulfida ( USEPA, 1999 ).

Tanaman dalam *Aquatic* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan tersuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat di dalam *Aquatic* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjet atau *flok – flok* ( Merz, 2001 ).

Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *Aquatic*. Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan menuju *Aquatic* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolam air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi, dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan ( Kaldec and Knight, 1996 ).

#### **2.4.3 Siklus Nitrogen ( N ) di dalam *Aquatic Plant Treatment***

Formasi dari Nitrogen dalam tanah dan sedimen adalah ion ammonium (  $\text{NH}_4^+$  ), nitrat (  $\text{NO}_3^-$  ) organik *phytonitrogen* dalam tanaman dan sisa tanaman, dan protein bakteri yang hidup dan mati ( Novotny and Olem, 1994 ). Beberapa

penelitian berhubungan dengan kandungan dari nitrogen pada suatu kawasan dinyatakan sebagai *Total kjedal N* ( TKN ) atau Total N. *Total Kjedal N* adalah jumlah untuk reduksi nitrogen sama dengan jumlah organik N dan  $\text{NH}_4^+$  sedangkan Total N adalah jumlah dari senyawa organik dan an-organik dan pada dasarnya merupakan penjumlahan dari TKN,  $\text{NO}_3$ , dan  $\text{NO}_2\text{-N}$  ( Kaldec and Knight, 1996 ).

Sumber N dalam *Aquatic* berasal dari :

- a. Proses presifitasi pada permukaan lumpur dan lapisan sedimentasi,
- b. Fiksasi N dalam air dan lapisan sedimen,
- c. Input dari permukaan dan air tanah melalui infiltrasi dan perkolasi,
- d. Penggunaan pupuk,
- e. Pelepasan N selama proses dekomposisi tumbuhan dan hewan yang mati,
- f. Air limbah yang dialirkan ke dalam *Aquatic* ( Reddy and Patrick, 1984 ).

Beberapa proses dapat men-*transport* dan mentranslokasi kandungan N dari satu sifat ke sifat lain dalam *Aquatic* tanpa ada proses transformasi molekul. Proses tersebut diantaranya adalah ( Kaldec and knight, 1996 ) :

- a. Proses pengendapan partikel dan tersuspensi,
- b. Proses terdifusi dari bentuk terlarut,
- c. Proses pembusukan,
- d. Proses penyerapan oleh tanaman dan traslokasi,
- e. Proses penguapan dari  $\text{NH}_3$ ,
- f. Penyerapan N terlarut dalam substrat,
- g. Pelepasan benih, dan

h. Migrasi dari organisme.

Proses transformasi nitrogen terdiri dari mineralisasi (*aminonification*), nitrifikasi, denitrifikasi, fiksasi nitrogen, asimilasi ( penyerapan oleh tanaman dan bakteri ), serta proses lain yang mendukungnya ( Lee, 1999 ). Proses mineralisasi, penyerapan oleh tanaman, nitrifikasi dan *dissimilatory nitrate reduction to ammonium* ( DNRA ) merupakan proses perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain dari nitrogen. Proses denitrifikasi dan ammonium *volatilisation* merupakan proses *export* dan menghasilkan jumlah kehilangan nitrogen dari sistem. Fiksasi nitrogen merupakan proses yang penting yaitu proses penangkapan nitrogen dari atmosfer menuju daratan dan ekosistem air ( Merz, 2000 ).

#### **2.4.3.1 Mineralisasi ( *Ammonifikasi* )**

Mineralisasi merupakan proses transformasi bahan organik menjadi bahan an-organiknya ( Merz, 2000 ). Mineralisasi merupakan proses transformasi dan N organik secara biologis menjadi  $\text{NH}_4^+$  yang terjadi selama proses degradasi bahan organik berlangsung ( Gambrell and Patrick, 1978 ). Mineralisasi terjadi melalui suatu penguraian jaringan organik oleh mikroba yang mengandung asam amino, hidrolisis dari urea dan asam uric, dan melalui ekskresi yang dikeluarkan secara langsung oleh tanaman dan hewan ( Kaldec and Knight, 1996 ).

Mineralisasi dapat terjadi pada kondisi aerobik maupun an-aerobik, tetapi pada proses an-aerobik terjadi sangat lambat dikarenakan berkurangnya bakteri heterotropik pada lingkungan tersebut. Proses mineralisasi dipengaruhi oleh temperatur ( optimum pada 40 – 60 °C ), pH ( optimal pada pH 6,5 dan 8,5 ),

perbandingan karbon dan nitrogen (C/N) dari *substrate*, tersedianya *nutrien* di dalam tanah, dan sifat dari tanah seperti struktur dan tekstur tanah ( Reddy and Patrick, 1988 ). Proses mineralisasi bahan organik melepaskan ion ammonium. Ammonium berada dalam kesetimbangan dengan bebas dari ammonia dan dikontrol oleh pH. Pada pH tinggi ( misalnya diatas 9 ) arah kesetimbangan menuju ke ammonia. Ammonia mudah menguap pada pH tinggi, sehingga kehilangan gas ammonia dapat melalui penguapan, tetapi dalam kondisi alamiah kehilangan nitrogen proses tersebut biasanya minimal.

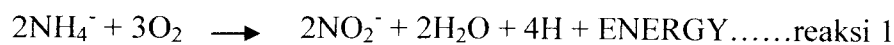
Pada sistem *Aquatic* untuk air buangan proses fotosintesis dan alga biofilm dapat menghasilkan perubahan pH yang tinggi dengan nilai pH secara tetap bisa diatas 9 dan proses penguapan nitrogen biasa terjadi dengan signifikan ( Merz, 2000 ).

#### **2.4.3.2 Nitrifikasi**

Setelah  $\text{NH}_4^+$  terbentuk melalui proses mineralisasi masih ada beberapa perjalanan dari nitrogen yang terjadi, diantaranya di serap oleh akar tanaman, atau digunakan oleh mikroorganisme an-aerobik dan di ubah menjadi bahan organik, terjadi proses *ion exchange* oleh partikel tanah, atau akan mengalami proses nitrifikasi ( Mitsch and Gosselink, 1993 ). Nitrifikasi merupakan proses oksidasi secara biologis dari ammonium-N menjadi nitrat-N dengan nitrit-N (  $\text{NO}_2^-$  ) sebagai produk *intermediate* ( Lee, 1999 ).

Sebagian besar mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai sumber energi (*Heterotroph*) dapat melakukan oksidasi kandungan

nitrogen. Tetapi nitrifikasi secara *autotroph* umumnya secara dominan yang melakukan proses ammonium menjadi nitrat ( Merz, 2000 ). Proses nitrifikasi dilakukan dengan bantuan dua group bakteri kemautotrophik yang dapat melakukan proses oksidasi. Langkah pertama ( Mitsch and Gosselink, 1993 ) yaitu oksidasi ammonium menjadi nitrit :



Dilakukan dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* sp, walaupun beberapa spesies melakukan transformasi. Langkah kedua yaitu oksidasi nitrit menjadi nitrat :



Dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* sp.

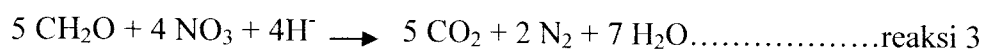
Bakteri nitrifikasi memerlukan karbon dioksida sebagai sumber karbon dan akan berhenti berkembang serta melakukan proses nitrifikasi apabila persediaan karbon dioksida terbatas ( Mertz, 2000 ). Pertumbuhan bakteri nitrifikasi relatif sangat lambat dibandingkan dengan bakteri heterotroph, oleh karena itu diperlukan area permukaan yang luas untuk perkembangan biofilm yang merupakan cara untuk mengoptimalkan proses yang berpotensi untuk nitrifikasi.

Tanaman air *Macropyte emergent* merupakan elemen paling penting di dalam *Aquatic* yang dapat meningkatkan area permukaan untuk perkembangan biofilm dalam kolom air. Proses nitrifikasi dikontrol oleh beberapa faktor diantaranya : suplai dari ammonium, suplai dari oksigen, suplai dari karbon dioksida, kepadatan populasi dan bakteri nitrifikasi, temperatur, pH, dan alkalinitas ( Merz, 2000 ). Dalam *Aquatic* proses nitrifikasi dapat terjadi apabila, 1) Kolom air berada diatas

tanah basah ( Reddy and Patrick, 1984 ), 2) ketebalan lapisan untuk oksidasi pada permukaan tanah dalam *Aquatic*, 3) Adanya oksidasi pada lapisan rhizosfer tanaman ( Mitsch and Gosselink, 1993 ). Proses nitrifikasi dapat terus berlangsung keadaan DO berada sekitar 0,3mg/L ( Reedy and Patrick, 1984 ).

### 2.4.3.3 Denitrifikasi

$\text{NO}_3^-$  lebih aktif bergerak dibandingkan  $\text{NH}_4^+$  didalam larutan jika  $\text{NO}_3^-$  mengalami asimilasi oleh tanaman, mikroba atau mengalir menuju air tanah dengan pergerakan yang cepat, tetapi  $\text{NO}_3^-$  mengalami proses denitrifikasi ( Lee, 1999 ). Denitrifikasi adalah proses reduksi dari  $\text{NO}_3^-$  secara biologi menjadi bentuk gas seperti molekul  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$  ( Novotny and Olem, 1994 ). Proses dissimilatori denitrifikasi terjadi selama proses respirasi dari bakteri heterotroph ( Merz, 2000 ). Pada kondisi an- aerobik ( bebas oksigen ) serta adanya substrat organik ( karbon ), organisme denitrifikasi seperti bacillus, microoccus, alcaligenes, dan spirillum dapat menggunakan nitrat sebagai elektron akseptor selama proses respirasi. Organisme ini mengoksidasi bahan karbohidrat dengan dikonversi oleh  $\text{NO}_3^-$  menjadi karbondioksida (  $\text{CO}_2$  ), air (  $\text{H}_2\text{O}$  ), dan N dalam bentuk gas dan bahan gas lainnya yang dapat dihasilkan dalam proses denitrifikasi ( Reddy and Patrick, 1984 ) :



Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kecepatan denitrifikasi meliputi ada dan tidak adanya oksigen, siap sedianya bahan karbon, temperatur,

kelembaban tanah, pH, keberadaan dan mikroba denitrifikasi, tekstur tanah, dan adanya genangan air ( Reddy and Patrick, 1094 ).

#### **2.4.3.3 Fiksasi Nitrogen**

Fiksasi nitrogen merupakan proses yang sangat penting baik secara khusus atau pun umum. Proses utamanya adalah untuk menjaga keseimbangan kehilangan N pada saat denitrifikasi. Fiksasi nitrogen adalah proses dimana gas N<sub>2</sub> diatmosfir didifusikan ke dalam larutan dan direduksi lagi menjadi bahan N organik oleh bakteri *autotroph*, dan *heterotroph*, alga biru-hijau, dan tanaman tinggi lainnya ( Kaldec and Knight, 1996 ). Fiksasi nitrogen dapat dihambat dengan keberadaan konsentrasi N yang tinggi, umumnya proses fiksasi nitrogen tidak terjadi pada ekosistem yang kaya akan nitrogen. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses fiksasi nitrogen sangat tinggi dan biasanya dihasilkan oleh beberapa aktivitas fotosintesis.

#### **2.4.3.4 Assimilasi ( Penyerapan Oleh Tanaman Dan Bakteri )**

Proses asimilasi nitrogen merupakan jenis proses biologis yang mengubah bentuk N an-organik menjadi susunan organik yang digunakan untuk pembentukan dinding sel dan jaringannya ( Kaldec and Knight, 1996 ). Tidak seperti tanaman darat, tanaman air juga dapat menggunakan ammonium sebagai sumber nitrogen dan penyerapan secara biologis dapat menghilangkan konsentrasi signifikan. Tanaman juga mengambil nitrogen dalam bentuk nitrat.

Mikroorganisme mengasimilasi nutrisi untuk pertumbuhan, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri autotroph dan heterotroph ( Kaldec and Knight, 1996 ). Asam amino ditransformasi ke dalam protein, purin, dan pirimidin dan digunakan sebagai sumber energi.

Untuk memperkirakan hubungan antara  $N_{total}$  Effluent dan influent digunakan persamaan Reed, 1995 :

$$N_{total} \text{ effluent} = A \times N_{total} + B \times \ln(\text{HLR}) - C \dots \dots \dots \text{eq.1.1}$$

Dimana :  $A = 0,193$ ,  $B = 1,55$ , dan  $C = 1,75$

$N_{total}$  dalam mg/L

HLR dalam cm/hari

#### **2.4.4 Siklus Fosfat ( $PO_4$ )**

Senyawa fosfat adalah suatu komponen yang sangat penting dan sering dipermasalahkan keberadaannya di dalam air. Unsur ini adalah salah satu dari beberapa unsur pencemar yang esensial untuk pertumbuhan ganggang, karena dengan adanya pertumbuhan ganggang yang berlebihan dalam suatu perairan akan menyebabkan penurunan kualitas air tersebut ( Saeni, 1989 ).

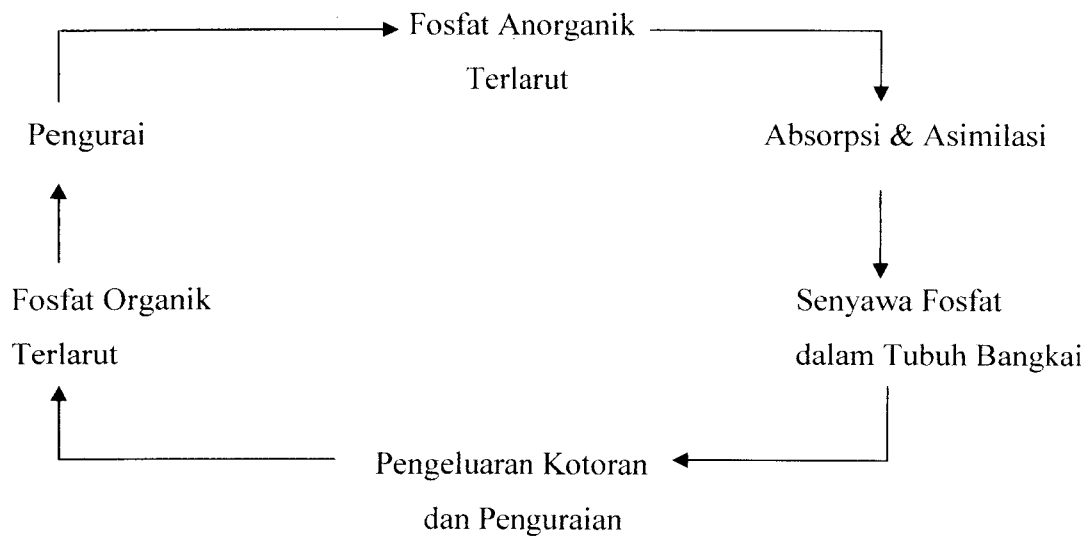
Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa orthofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Orthofosfat adalah senyawa monomer seperti  $H_2PO_4^{2-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ , dan  $PO_4^{3-}$ , sedangkan polifosfat ( yang biasa disebut fosfat ) merupakan senyawa polimer seperti (  $PO_3$  ) $_6^{3-}$  ( heksa metafosfat ),  $P_3O_{10}^{3-}$  ( tripolifosfat ) dan  $P_2O_7^{4-}$  ( pirofosfat ). Fosfat organik sehingga tidak berada dalam larutan secara lepas ( Anonim, 1994 ).

Berdasarkan ikatan kimia senyawa fosfat dibedakan seperti yang disebut diatas yaitu orthofosfat, polifosfat, dan fosfat organis. Sedangkan klasifikasi penting lainnya berdasarkan kepada sifat yaitu fosfat terlarut, fosfat tersuspensi ( tidak terlarut ) dan fosfat total ( fosfat terlarut dan tersuspensi ).

Dalam air limbah, senyawa fosfat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Pada daerah pertanian orthofosfat berasal dari bahan pupuk, yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung fosfat organis terdapat dalam air buangan penduduk ( tinja ) dan sisa makanan. Fosfat organis dapat pula terjadi orthofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena bakteri maupun tanaman menyerap bagi pertumbuhan.

Umumnya tumbuhan menyerap P dalam Bentuk  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ , dan  $H_2PO_4^-$ . pH tanah mengendalikan pertimbangan jumlah kedua bentuk ini.  $H_2PO_4^-$  tersedia pada pH di bawah 7 dan  $HPO_4^-$  di atas pH ( Salisbury and Ross, 1995 ).

Daur fosfat yang terjadi di dalam kehidupan menurut Tresna Sastrawijaya ( 1991 ) adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.3** Daur Fosfat

Di dalam perairan alami, kandungan fosfat hanya sedikit sekali. Apabila kadar fosfat lebih dari 1 mg/l dapat menyebabkan *eutrofikasi* pada suatu perairan (Mason, 1981).

Proses *eutrofikasi* menyebabkan perairan mempunyai konsentrasi hara yang tinggi dan kandungan oksigen terlarut rendah. Pada kondisi ini hanya jenis-jenis hewan dan tumbuhan tertentu yang dapat berkembang. Akibat dari bertambahnya kandungan nitrat dan fosfat dalam air, alga akan mendominasi perairan (Christina dan Swarso, 1997). Dengan tertutupnya suatu perairan oleh tumbuhan air, maka transmisi sinar matahari terhalangi akibatnya oksigen terlarut akan menurun sehingga mematikan ikan dan kehidupan air yang lain (Benefield, 1980).

Selain itu, pertumbuhan alga yang berlebihan menimbulkan beberapa masalah (Anonim, 1981) seperti :

- Memberikan warna yang kurang menyenangkan berupa warna hijau biru atau hijau,
- Menimbulkan buih massif yang terapung yang dapat menghambat navigasi atau mengganggu penggunaan air,
- Pada saat pembusukan, menimbulkan bau yang dapat menyingkirkan penduduk dari area yang berangkutan,
- Menekan oksigen terlarut di perairan yang bersangkutan pada saat berlangsungnya dekomposisi dan akibatnya terjadi kematian organisme - organisme *aquatic* setempat,
- Menjerat atau menyangkut pada peralatan tangkap ikan atau alat pengambilan air,
- Mereduksi “carrying capacity” sistem distribusi air,
- Merusak area pemandian atau pemanfaatan air yang lain.

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah ( $< 0.01$  mg P/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang. Keadaan ini dinamakan *oligotrop*. Selain itu, kelebihan P dapat menimbulkan kekurangan Fe, Cu dan Zn pada tanaman karena terbentuknya Zn fosfat yang tidak larut ( Rinsema, 1983 ). Sedangkan dalam ilmu kesehatan, keberadaan fosfat dalam tubuh manusia atau hewan belum ada penelitian secara lebih lanjut.

**Tabel 2.2** Proses Transformasi Nirtogen

Proses	Substrat	Produk
Mineralisasi	Bahan Organik	Ammonium <sup>(1)</sup>
Biological Uptake	Ammonium, nitrate	Organik Nitrogen <sup>(2)</sup>
Nitrifikasi	Amminium	Nitrate <sup>(3)</sup>
Denitrifikasi	Nitrate	Gas Nitrogen <sup>(4)</sup>
DNRA	Nitrate	Ammonium <sup>(5)</sup>
Volatilisasi	Ammonium+pH tinggi	Gas ammonia <sup>(6)</sup>
Nitrogen fiksasi	Ammonium+pH tinggi	Oranik nitrogen <sup>(6)</sup>

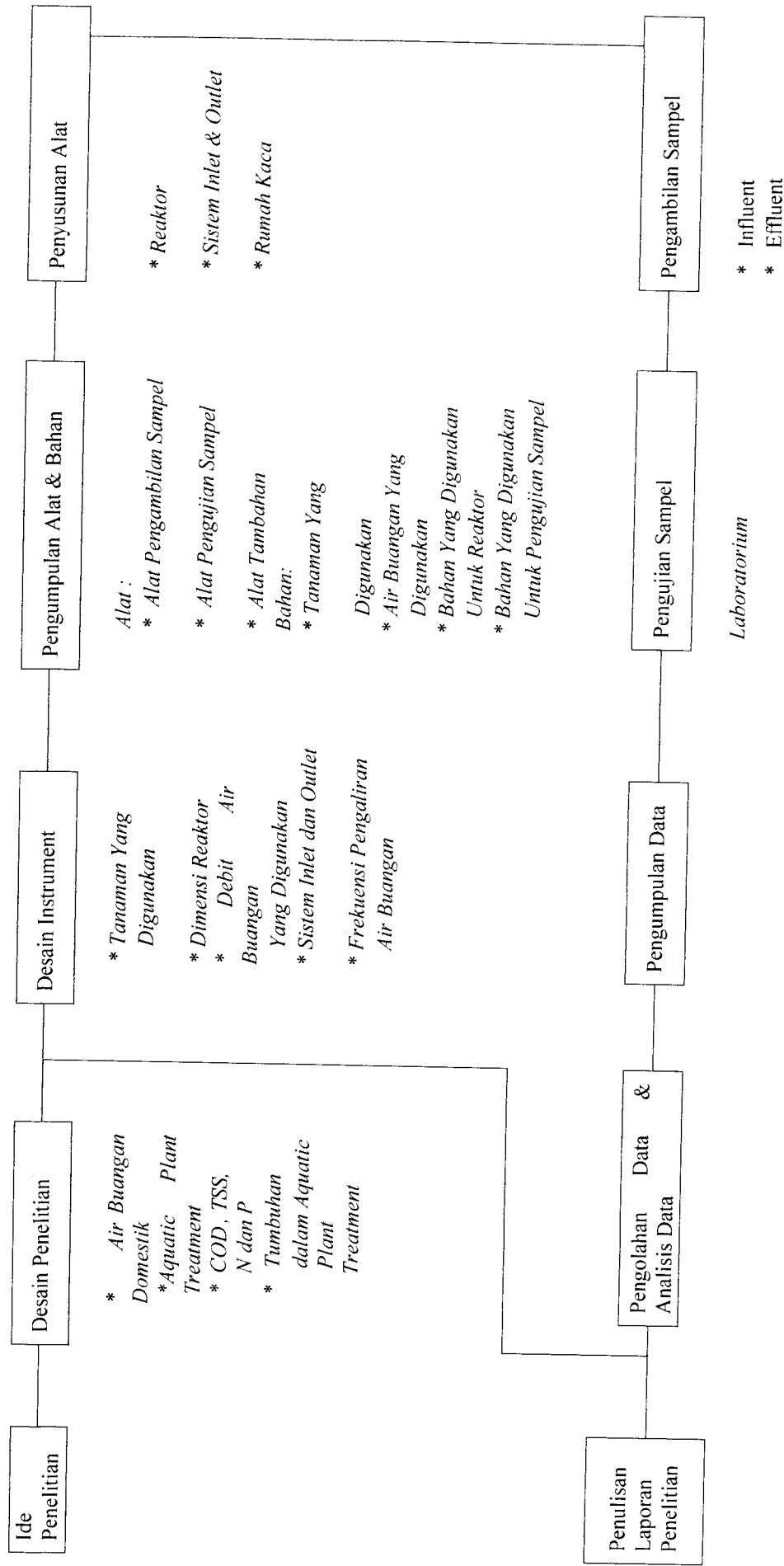
Sumber : Reddy & Patrick, 1984<sup>(1)</sup>, Bowden 1987<sup>(2)</sup>, Tiejie 1988<sup>(3)</sup>, Rysgaard et al. 1993<sup>(4)</sup>, Kaldec and Knight, 1996<sup>(6)</sup>, IWA. Spesialisasi group 2000, in Merz 2000<sup>(6)</sup>.

## 2.5 Hipotesa

Pengaruh tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) terhadap penggunaan *effluent septictank* yaitu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dan dapat menurunkan konsentrasi kontaminan air buangan.

Oleh karena itu disusun dua hipotesa, yaitu :

1. *Effluent septic tank* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).
2. Tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dapat menurunkan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P.



Gambar 2.4 Diagram Alir Metode Penelitian

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Agar suatu penelitian dapat disebut dengan penelitian ilmiah maka harus menggunakan metodologi penelitian yang sistematis. Metodologi penelitian yang digunakan dalam bentuk diagram dapat dilihat dalam bentuk lampiran.

#### **3.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboraturium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

#### **3.2 Waktu penelitian**

Penelitian dilakukan selama 5 bulan :

Dari bulan November 2005 sampai dengan bulan April 2006

#### **3.3 Alat dan Bahan yang digunakan**

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat dan bahan sampel
  - a. Papyrus (*Cyperus Papyrus*)
  - b. Air *septic tank* FTSP, UII
  - c. Reaktor *batch*.
2. Alat untuk penguji TSS

- a. Cawan Goch / penyaring lain yang dilengkapi penghisap atau penekan.
- b. kertas berpori 0.45  $\mu\text{m}$
- c. Oven untuk pemanas 103 – 106  $^{\circ}\text{C}$
- d. Desikator.
- e. Neraca analitik dengan kapasitas 200 gram dan ketelitian 0.1 gram.
- f. Penjepit.

3. Alat untuk pengujian COD

- a. spektrofotometer sinar tampak
- b. kuvet
- c. tabung pencerna
- d. pemanas dengan lubang – lubang penyangga tabung
- e. mikroburet
- f. labu ukur : 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL
- g. pipet volum : 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, dan 25 mL
- h. gelas piala, dan
- i. timbangan analitik.

4. Alat untuk pengujian Total N

- a. spektrofotometer sinar tampak dengan panjang gelombang 420 nm
- b. pH meter dengan kisaran pH 0-14
- c. alat penyuling yang terbuat dari gelas borosiklat dengan kapasitas labu 500 mL dan dilengkapi alat pengatur suhu
- d. labu kjedahl 500 mL

e. pipet mikro 100, 250, 500, dan 1000

f. labu ukur 500 dan 1000 mL

g. gelas ukur 100 mL

h. pipet ukur 10 mL

i. labu Erlenmeyer 100 dan 200 mL

j. gelas piala 100 mL

5. Alat untuk pengujian Total P

a. spektrofotometer sinar tampak dengan panjang gelombang 660 nm

b. pemanas listrik dengan kapasitas pemanas 300<sup>o</sup>  
dilengkapi dengan pengatur suhu

c. labu ukur 100 dan 1000 mL

d. gelas piala 100 mL

e. gelas ukur 100 mL

f. pipet ukur 10 mL

g. pipet seukuran 1,5,19, dan 25 mL

h. labu mikri Kjedahl.

### 3.4 Parameter yang diteliti

**Tabel 3.1.** Metode Pengujian Sampel

<b>Parameter</b>	<b>Metode Pengujian</b>
Umur tanaman	-
Jumlah batang dan tinggi rumpun	-
Temperatur	Thermometer
Padatan tersuspensi	Gravimetri
COD	Spektrofotometri
Total N dan P	Spektrofotometri

Untuk analisa sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia – Jogjakarta.

### **3.5 Cara kerja.**

#### **3.5.1 Analisis parameter**

- a) **Konsentrasi COD.** Analisa konsentrasi dilakukan dengan menggunakan SNI 06-25303-1991 dapat dilihat pada lampiran.
- b) **Umur tanaman.** Umur tanaman dianalisa secara langsung berdasarkan kalender dan hasil yang didapat secara Visual.
- c) **Total N dan P.** Kandungan yang terserap dalam tanaman dilakukan dengan menggunakan SNI 06-2480-1991 dapat dilihat pada lampiran.

#### **3.5.2 Reaktor *Aquatic Plant Treatment***

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan 5 unit reaktor *batch*, dimana 3 reaktor sebagai percobaan sedangkan 2 reaktor lainnya sebagai blanko dengan dimensi yang sama untuk setiap reaktor dengan setiap reaktor adalah sebagai berikut:

- a. Reaktor 1 dialiri konsentrasi awal 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) sebanyak 8 tanaman.

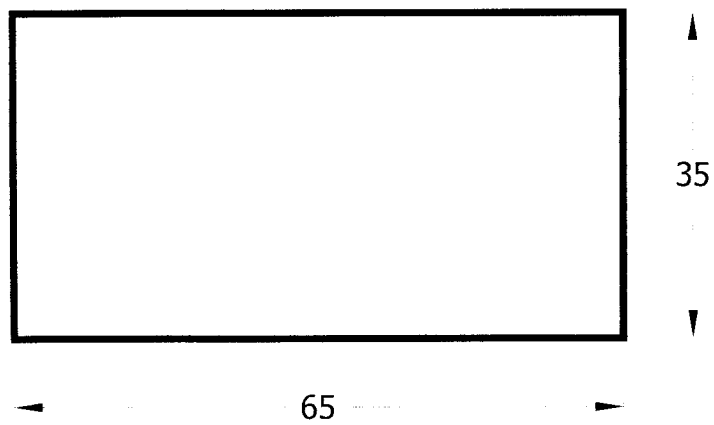
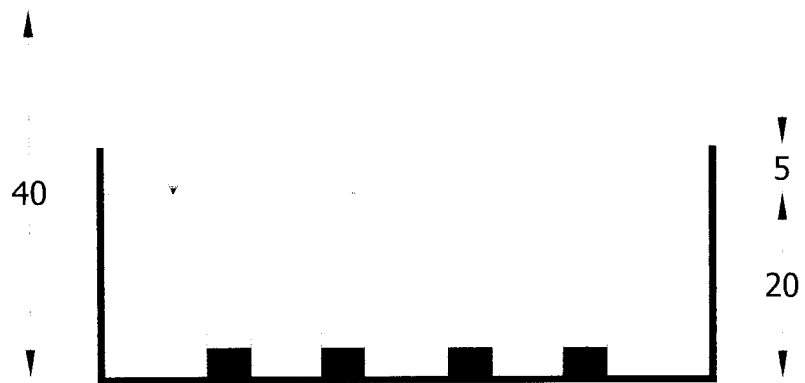
- b. Reaktor 2 dialiri konsentrasi awal 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) sebanyak 6 tanaman.
- c. Reaktor 3 dialiri konsentrasi awal 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) sebanyak 4 tanaman.
- d. Reaktor 4 dialiri konsentrasi 100 % air buangan tanpa ditanami tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*).
- e. Reaktor 5 dialiri air bersih dengan ditanami tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) sebanyak 4 tanaman.

### 3.5.2.1.1 Perencanaan reaktor *batch Aquatic Plant Treatment*

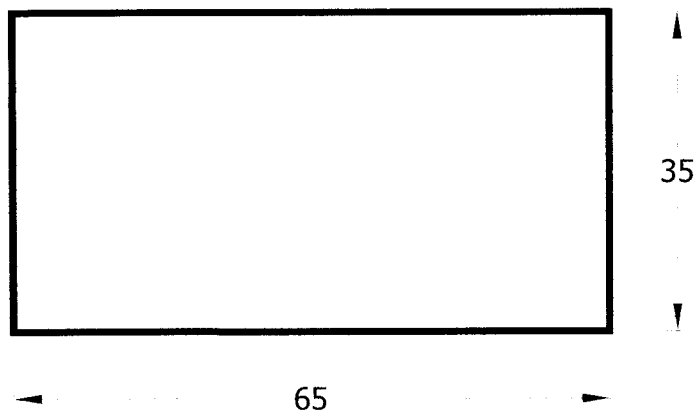
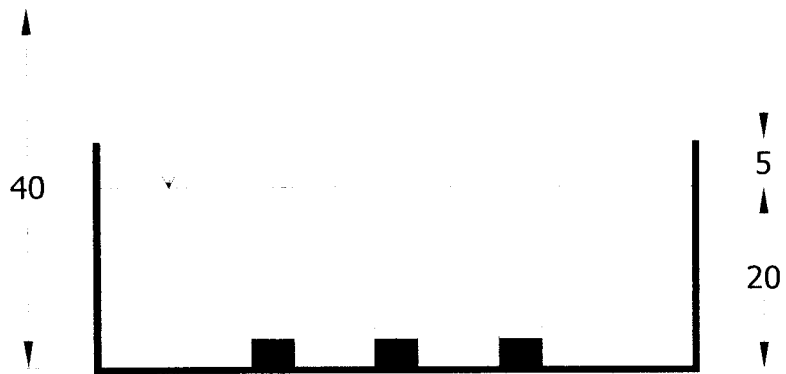
- Hydraulic detention time,  $t_d = 4$  hari
- Kedalaman air,  $d = 20$  cm
- Lebar = 35 cm
- Panjang = 65 cm
- Freeboard = 5 cm

**Tabel 3.2** Perhitungan Dimensi Reaktor

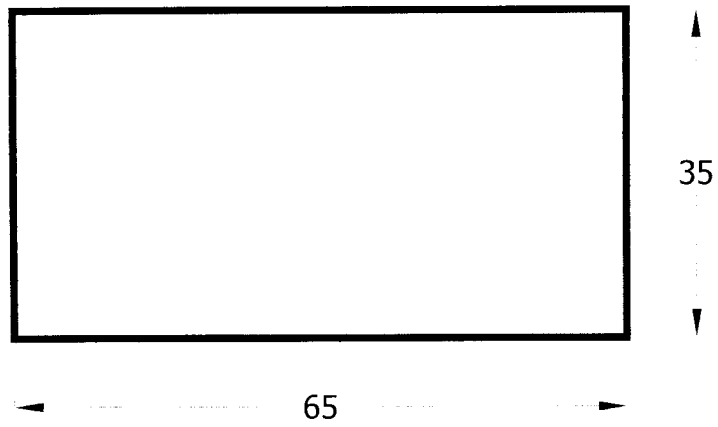
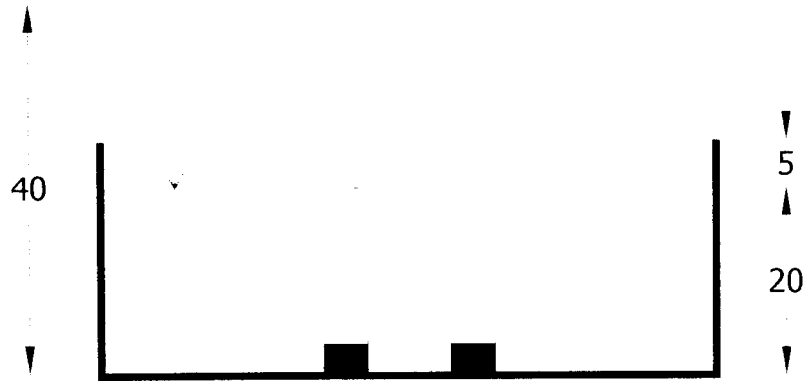
Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Panjang	L	0.65	m		
Lebar	W	0.35	m		
Ketinggian Air	d	0.20	m		
Volume Reaktor	V	0.045	m <sup>3</sup>	$P \times l \times t$	
Debit	Q	0,01125	m <sup>3</sup> /hari	$Q = \frac{V}{t_d}$	



Reaktor 1



Reaktor 2



Reaktor 3

### 3.5.2.2 Perencanaan sistem Inlet:

- Inlet menggunakan pipa PVC dengan diameter 1/2 in
- Tinggi pipa inlet,  $h_i = 22$  cm

### 3.5.2.3 Perencanaan sistem outlet:

- Outlet menggunakan pipa PVC dengan diameter 1/2in
- Tinggi pipa outlet,  $h_o = 5$  cm

### 3.5.3 Frekwensi Pengambilan Sample

Pengambilan sampel air buangan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Dalam melakukan pengambilan sampel air buangan dilakukan pada area inlet dan outlet dari lahan percobaan.

**Tabel 3.3** Masa Penanaman dan Pengambilan Sampel Air Buangan

Hal \ Waktu	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV	Minggu V	Minggu VI
Pemindahan Tanaman	√					
Pengambilan Sampel I		√				
Pengambilan Sampel II			√			
Pengambilan Sampel III				√		
Pengambilan Sampel IV					√	
Pengambilan Sampel V						√

### 3.6 Analisis Data

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi limbah awal dengan konsentrasi limbah setelah dilakukan proses dengan menggunakan persamaan *Overall Efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana:  $\eta$  = Overall Efficiency (%)

$C_o$  = Konsentrasi Awal (mg/L)

$C_e$  = Konsentrasi Akhir (mg/L)

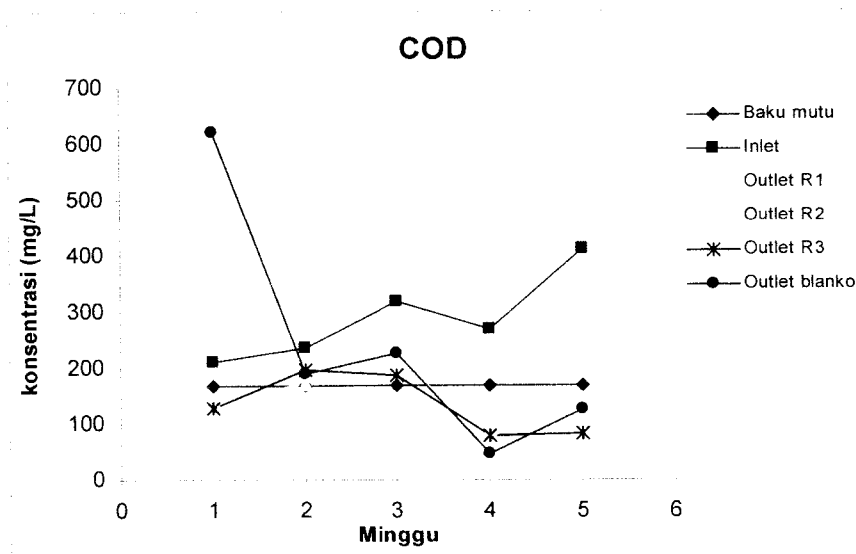
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Kualitas *Effluent Septic tank*

##### 4.1.1 Penurunan *Chemical Oxygen Demand ( COD )* Dalam *Aquatic Plant Treatment*.

Proses penurunan kandungan pencemar COD dalam air limbah *septic tank* dengan menggunakan sistem pengolahan *aquatic* yang menggunakan variasi tanaman yaitu 8 , 6, dan 4 tanaman dengan waktu detensi (*td*) 4 hari. Berikut gambar hasil analisa laboratorium terhadap penurunan kandungan pencemar COD air limbah *septic tank* :



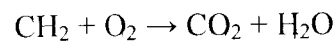
**Gambar 4.1** Penurunan Konsentrasi COD Pada Inlet Dan Outlet

Berdasarkan dari gambar 4.1 menunjukkan variasi penurunan COD berdasarkan tingkat konsentrasi air limbah dalam reaktor berbeda - beda, berdasarkan variasi tanaman dan waktu detensi (*td*), yaitu pada reaktor 1 dengan

variasi 8 tanaman menunjukkan penurunan konsentrasi rata - rata sebesar 53,25 % dengan konsentrasi awal (Co) 287,78 mg/L menjadi 134, 52 mg/L. Untuk reaktor 2 dengan variasi 6 tanaman menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 59,11 % dengan konsentrasi awal (Co) 287,78 mg/L menjadi 119,65 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan variasi 4 tanaman menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 53,57 % dengan konsentrasi awal (Co) 287,78 mg/L menjadi 133,604 mg/L . Pada reaktor control ( *blanko* ) menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 16,30 % dengan konsentrasi awal (Co) 287,78 mg/L menjadi 240,86 mg/L. Sedangkan pada minggu ke pertama terjadi peningkatan konsentrasi COD pada reaktor blanko ( tanpa tanaman ), yaitu dengan konsentrsai awal 209,398 mg/L menjadi 621,38 mg/L dapat dilihat pada gambar 4.1. Data dan perhitungan lebih lengkap dapat di lihat pada lampiran (1).

Gambar 4.1 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi COD pada minggu pertama. Untuk reaktor blanko (tanpa tanaman), peningkatan terjadi dari konsentrasi 209,398 mg/l menjadi 621,38 mg/l. Peningkatan ini disebabkan oleh banyaknya populasi alga dan bakteri yang berkembang secara pesat pada hari ke 4 dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi TKN dan fosfat. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan TKN dan fosfat meningkat, kandungan TKN pada blanko sebesar 41,33 mg/l dari 40,8 mg/l dan untuk kandungan fosfat pada blanko sebesar 7,71 mg/l dari 2,33 mg/l. sedangkan konsentrasi N total diatas 0,8 mg/l dan fosfat 0,1 mg/l mengakibatkan pertumbuhan alga dan ganggang (Hammer, 1986).

Menurut Asep Saefumullah, (2006) mengemukakan bahwa pertumbuhan alga dalam tempo 24 jam populasi alga akan berkembang dengan jumlah ketersediaan fosfat yang berlebih di dalam air. Hal ini mengakibatkan keberadaan oksigen menjadi berkurang karena proses respirasi oleh alga dan bakteri yang menggunakan oksigen untuk mendegradasi bahan organik. Dengan proses respirasi sebagai berikut:



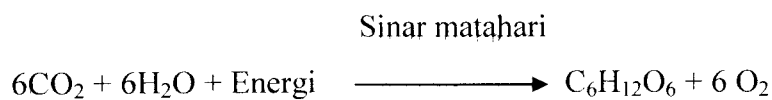
Sehingga karbondioksida meningkat menyebabkan COD meningkat. Selain itu juga terjadinya kompetisi antara mikroorganisme dalam mendapatkan oksigen mengakibatkan mikroorganisme yang tidak mendapatkan oksigen mati. Hal ini juga mempengaruhi terhadap peningkatan COD.

Menurut Scott,(2004) bahwa alga dan bakteri ada di dalam air tawar dan air asin secara alami. Reed, (1987) juga mengemukakan bahwa alga dapat tumbuh apabila tersedia nutrisi dan sinar matahari yang cukup untuk proses asimilasi alga. Alga dan bakteri yang tumbuh pesat merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan bahan organik dalam limbah cair. Hal ini disebabkan karena adanya siklus hidup dan matinya alga, bakteri, serta bangkai daun yang mati dan jatuh ke dalam air *effluent septic tank*. Apabila alga, bakteri dan daun serta batang tanaman mati di dalam air maka akan menyebabkan jumlah karbon organik bertambah di dalam reaktor.

Proses penurunan COD dalam pengolahan *Aquatic Plant Treatment* ini juga berdasarkan jumlah kandungan oksigen yang terdapat dalam air *effluent septic tank* yang digunakan untuk mengurai bahan-bahan anorganik dan organik

dan Penurunan konsentrasi COD di dalam *aquatic* karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman yang ada dalam sistem tersebut dalam mengurai bahan – bahan organik dari *effluent septic tank*. Suplai oksigen dalam *Aquatic* terjadi melalui adanya proses fotosintesis tanaman alga, mikroorganisme (*biofilm*) yang terdapat di permukaan air maupun di dalam air dan tanaman.

Proses fotosintesis



Oksigen sangat penting peranannya dalam proses penguraian bahan organik secara aerob Merz, 2000 dan Reed, 1987, mengemukakan bahwa oksigen di dalam air diperoleh dari hasil proses fotosintesis tanaman, alga, dan biofilm, proses difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air, reaerasi serta translokasi oksigen menuju lapisan rhizosfer. Apabila suplai oksigen tidak sesuai ( kurang ) dengan yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik maka penguraian bahan organik akan berjalan secara anaerob.

Dalam menguraikan bahan organik diperlukan suatu kerjasama antara mikroorganisme dengan tanaman. Karena memerlukan karbon dioksida dan air yang dihasilkan dari respirasi mikroorganisme untuk proses fotosintesis. Sebaliknya mikroorganisme memerlukan karbohidrat dan oksigen dari hasil fotosintesis untuk menguraikan bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme dengan tanaman berlangsung dalam *aquatic*.

Menurut Scott, 2004 bahwa alga dan bakteri ada di dalam air tawar dan air asin secara alami. Reed, 1987 juga mengemukakan bahwa alga dapat tumbuh apabila tersedia nutrisi dan sinar matahari yang cukup untuk proses asimilasi alga. Alga dan bakteri yang tumbuh pesat merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan bahan organik dalam limbah cair. Hal ini disebabkan karena adanya siklus hidup dan matinya alga, bakteri, serta bangkai daun yang mati dan jatuh ke dalam air limbah. Apabila alga, bakteri, dan daun serta batang tanaman mati di dalam air maka akan menyebabkan jumlah karbon organik bertambah di dalam reaktor.

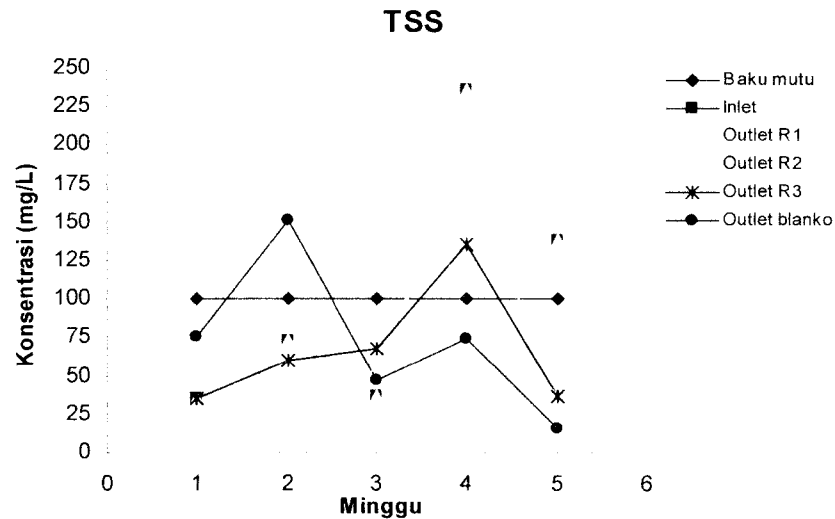
Penurunan terbesar antara reaktor 1, 2, 3 dan blanko terjadi pada reaktor 2 yaitu sebesar 59,11 %. Dimana seharusnya penurunan terbesar terjadi pada reaktor 1, 2 dan 3 sesuai urutan paling banyak menggunakan variasi tanaman dikarenakan semakin banyak menggunakan variasi tanaman semakin besar pula penurunan yang terjadi. Tetapi yang terjadi disini penurunan terbesar terjadi pada reaktor 2, penurunan antara reaktor 1 dengan reaktor 2 dan 3 dimana penurunan pada reaktor 1 sebesar 53,25 % seharusnya penurunan pada reaktor 1 harus lebih besar dibandingkan dengan reaktor 2 dan 3 hal ini memperlihatkan bahwa adanya populasi alga dan bakteri didalam limbah yang berpengaruh terhadap penurunan COD, begitu pula yang terjadi dengan penurunan antara reaktor 2 dan 3 sama halnya dengan perbandingan antara reaktor 1 dengan reaktor 2 dan 3. Perbandingan antara reaktor blanko dengan reaktor 1, 2 dan 3 dimana pada reaktor blanko ini hanya menggunakan limbah saja tanpa tanaman penurunan yang terjadi pada reaktor blanko sangat kecil bila dibandingkan dengan reaktor 1, 2, dan 3

yaitu sebesar 16,30 % penurunan ini dikarenakan tidak adanya tanaman yang digunakan untuk membantu penurunan COD.

Dari kesimpulan diatas diketahui bahwa penurunan konsentrasi COD terbesar terjadi pada reaktor 2 sebesar 59,11 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 287,78 mg/L menjadi 133,604 mg/L yang berarti hipotesa pada nomor 2, bahwa tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dapat menurunkan konsentrasi COD adalah benar dan tidak melebihi standart baku mutu limbah cair domestik sesuai dengan Kep. Menteri Negara Lingkungan hidup no. 112 tahun 2003 yaitu sebesar 167 mg/L serta aman untuk dibuang kelingkungan.

#### **4.1.2 Penurunan *Total Suspended Solid (TSS) Dalam Aquatic Plant Treatment.***

Hasil analisa laboratorium dalam penelitian ini, dimana dilakukan pengolahan air limbah *septic tank* dengan memanfaatkan tanaman air yaitu tanaman Papyrus dengan melakukan variasi tanaman yaitu 8, 6, dan 4 tanaman dengan waktu detensi (*td*) 4 hari. Berikut gambar hasil analisa laboratorium terhadap variasi tanaman.



**Gambar 4.2** Penurunan Konsentrasi TSS Pada Inlet Dan Outlet

Dari gambar 4.2 menunjukkan variasi penurunan TSS berdasarkan tingkat konsentrasi air limbah dalam reaktor berbeda - beda, berdasarkan variasi tanaman dan waktu detensi (*td*) 4 hari, yaitu pada reaktor 1 menggunakan variasi tanaman 8 mengalami penurunan sebesar 59,06 % dengan konsentrsai awal (  $C_0$ ) 253,6 mg/L menjadi 103,8 mg/L. Begitu juga yang terjadi pada reaktor 2 terjadi penurunan yaitu sebesar 71,64 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 253,6 mg/L menjadi 71,9 mg/L . Sedangkan pada reaktor 3 terjadi penurunan sebesar 73,58 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 253,6 mg/L menjadi 67 mg/L. Pada reaktor control juga terjadi penurunan sebesar 71,33% dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 253,6 mg/L menjadi 72,6 mg/L. Data dan perhitungan lebih lengkap dapat di lihat pada lampiran (1).

Proses penurunan partikel – partikel *solids* (TSS) dalam penelitian ini terjadi akibat adanya peranan tanaman, media tanah serta mikroorganismen dalam *Aquatic Plant Treatment*. Proses yang paling berperan adalah proses fisika

meliputi proses sedimentasi, agregasi, filtrasi dan intersepsi. Pada reaktor 1, 2, dan 3 bahan organik terlarut dimanfaatkan untuk proses asimilasi atau proses fotosintesis oleh tanaman dan penguraian oleh bakteri di dalam reaktor, sehingga dengan berlangsungnya proses tersebut maka konsentrasi padatan tersuspensi menjadi berkurang, sedangkan peranan mikroorganisme dalam *aquatic* ini mampu menguraikan partikel – partikel organik dalam air limbah *septic tank* sebagai bahan nutrisi untuk pertumbuhannya ( Cappuccino Sherman, 2001 ).

Penurunan kadar TSS juga dapat disebabkan karena padatan atau partikel – partikel *solids* dalam sistem pengolahan *aquatic* membentuk gumpalan partikel yang lebih besar ( *flok* ) atau disebut dengan proses flokulasi yang kemudian mengendap di atas permukaan tanah ( proses sedimentasi ) ( Merz, 2000 ).

Padatan tersuspensi di dalam *Aquatic* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel dalam permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang tersepitasi (USEPA, 1999). TSS dalam air terdiri dari bahan organik seperti alga, zooplankton, bakteri dan pengurai dan bahan organik lainnya.

Temperatur dan hembusan angin tidak berpengaruh secara langsung terhadap terjadinya resuspensi padatan yang sudah mengendap karena lapisan sedimentasi berada di bawah permukaan air. Tanaman juga dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen.

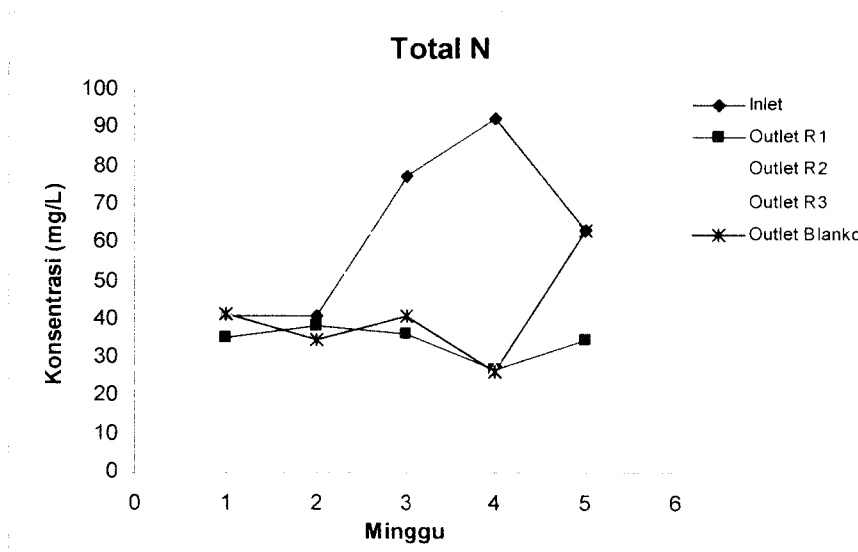
Penurunan terbesar antara reaktor 1, 2, 3 dan blanko terjadi pada reaktor 1 yaitu sebesar 73,58 %. Seharusnya penurunan terbesar memang terjadi pada

reaktor 3 menggunakan variasi tanaman yang paling sedikit dibandingkan dengan reaktor lainnya, kemudian reaktor 2 dan 1 dikarenakan semakin sedikit menggunakan variasi tanaman semakin besar pula penurunan yang terjadi pada TSS. Perbandingan antara reaktor blanko dengan reaktor 1, 2 dan 3 dimana pada reaktor blanko ini hanya menggunakan limbah saja tanpa tanaman penurunan yang terjadi pada reaktor blanko sebesar 71,33 % penurunan ini dikarenakan tidak adanya media tanah yang digunakan untuk tanaman yang menggunakan media tanah yang ditanam pada polybag sehingga penurunan yang terjadi berbeda dengan reaktor 1, 2, dan 3 yang menggunakan media tanah untuk tanaman yang dapat meningkatkan konsentrasi TSS.

Dari kesimpulan diatas diketahui bahwa penurunan konsentrasi TSS terbesar terjadi pada reaktor 3 sebesar 73,58 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 253,56 mg/L menjadi 67 mg/L yang berarti hipotesa nomor 2, mengenai tanaman Papyrus (*Cyperus papyrus*) dapat menurunkan konsentrasi TSS adalah benar dan tidak melebihi standart baku mutu limbah cair domestik sesuai dengan Kep. Menteri Negara Lingkungan hidup no. 112 tahun 2003 yaitu sebesar 100 mg/L serta aman untuk dibuang kelingkungan.

#### 4.1.3 Penurunan Total N (TKN) Dalam *Aquatic Plant Treatment*.

Proses penurunan konsentrasi Total Nitrogen ( TKN ) menunjukkan hasil analisa yang naik turun atau variatif. Berikut gambar hasil analisa laboratorium terhadap penurunan kandungan Total Nitrogen :



**Gambar 4.3** Penurunan Konsentrasi Total N Pada Inlet Dan Outlet

Dari gambar 4.3 menunjukkan variasi penurunan Total N berdasarkan tingkat konsentrasi air limbah dalam reaktor berbeda - beda, berdasarkan variasi tanaman dan waktu detensi (*td*) 4 hari, yaitu pada reaktor 1 dengan menggunakan variasi 8 tanaman terjadi penurunan sebesar 45,58 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 62,83 mg/L menjadi 34,18 mg/L. Untuk reaktor 2 dengan variasi 6 tanaman terjadi penurunan sebesar 37,86 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 62,83 mg/L menjadi 39,04 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan variasi 4 tanaman terjadi penurunan sebesar 26,20 % dengan konsentrasi awal 62,83 mg/L menjadi 46,37 mg/L. Pada reaktor control juga terjadi penurunan sebesar 34,1 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 62,83 mg/L menjadi 41,41 mg/L. Kecilnya penurunan

terhadap parameter Total N ini dikarenakan terjadinya peningkatan konsentrasi pada beberapa reaktor diantaranya, yaitu pada reaktor 2 terjadi penambahan konsentrasi pada minggu ke 1 dari (Co) 40,8 mg/L menjadi 41,615 mg/L dan terjadi pula pada minggu ke 2 dari (Co) 40,85 mg/L menjadi 54,865 mg/L. Kemudian terjadi penambahan konsentrasi pula pada reaktor ke 3 pada minggu ke 2 dari 40,85 mg/L menjadi 55,80 mg/L. Data dan perhitungan lebih lengkap dapat di lihat pada lampiran (1).

Peristiwa naik turunnya konsentrasi nitrogen tersebut mungkin dapat menjelaskan proses yang terjadi akan siklus yang sangat kompleks dari nitrogen pada badan air dalam reaktor. Hal ini tergantung dari temperatur pada daerah area yang ada. Dalam *surface flow wetlands* ammonium dilepaskan dari bahan organik pada lapisan sedimen kemudian diserap oleh tanaman. Kemudian sebagian dari ammonium mengalami proses nitrifikasi oleh bakteri nitrifikasi pada kondisi aerobik di permukaan, dan ada juga proses nitrifikasi yang terjadi di dalam lapisan *rhizome*, kemudian terbentuk nitrat dan diserap tanaman. Pada *aquatic* dengan kondisi air yang bergerak penurunan terjadi pada awal proses perlakuan. Selain proses tersebut di atas mempengaruhi penurunan konsentrasi nitrogen dan transformasi nitrogen faktor cuaca sangat mempengaruhi. Ammonia sangat memungkinkan mengalami transformasi secara baik jika kondisi *aquatic* berada pada area permukaan terbuka dan diberi tanaman *aquatic*.

Penurunan terbesar antara reaktor 1, 2, 3 dan blanko terjadi pada reaktor 1 yaitu sebesar 48,58 %. Memang seharusnya penurunan terbesar memang terjadi pada reaktor 1 menggunakan variasi tanaman yang paling banyak dibandingkan

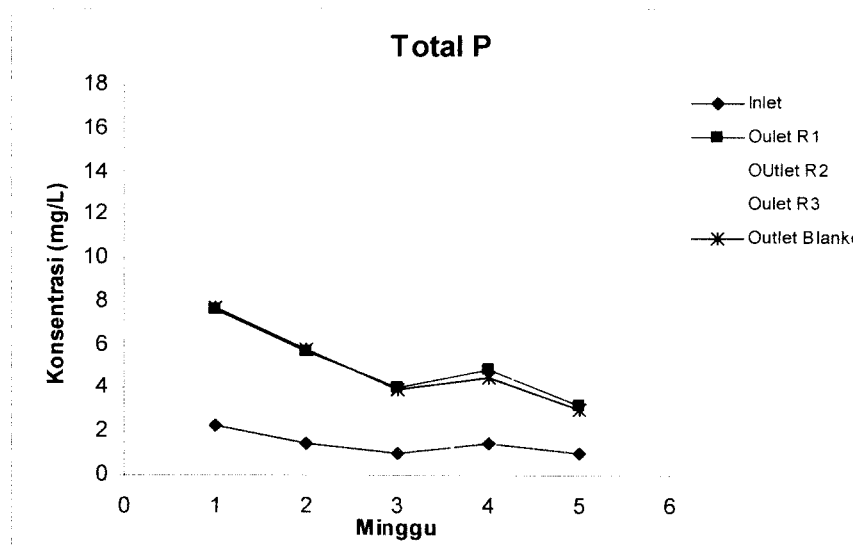
dengan reaktor lainnya, kemudian reaktor 2 dan 3 dikarenakan semakin banyak menggunakan jumlah tanaman semakin besar pula penurunan yang terjadi pada Total N. Penurunan antara reaktor 1 dengan reaktor 2 dimana penurunan pada reaktor 1 sebesar 48,58 % dan penurunan pada reaktor 2 sebesar 37,86 % hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh pada jumlah tanaman antara variasi 8 tanaman dan 6 tanaman, sedangkan perbandingan antara reaktor 1 dan reaktor 3, yaitu penurunan pada reaktor 1 sebesar 48,58 % dan penurunan pada reaktor 3 sebesar 26,20 % proses yang terjadi disini sama halnya dengan proses yang terjadi antara reaktor 1 dan 2. Sedangkan penurunan yang terjadi antara reaktor 2 dan 3 juga sama prosesnya yang terjadi dengan reaktor 1 dan 2. Perbandingan penurunan antara reaktor blanko (tanpa tanaman) dengan reaktor 1, dan 2 dimana pada reaktor blanko ini hanya menggunakan limbah saja tanpa tanaman, penurunan yang terjadi pada reaktor blanko sebesar 34,61 %, sedangkan perbandingan antara reaktor 3 dan blanko yaitu penurunan pada reaktor 3 lebih kecil dibandingkan dengan blanko dikarenakan tanaman yang digunakan lebih sedikit, jadi tanaman tersebut tidak mampu menyerap semua kandungan nitrogen yang ada di dalam reaktor tersebut.

Dari kesimpulan diatas diketahui bahwa penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada reaktor 1 dengan variasi 8 tanaman sebesar 45,58 % dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 62,83 mg/L menjadi 34,18 mg/L maka hal tersebut sesuai dengan hipotesa nomor 2, dimana tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dapat menurunkan konsentrasi Total N (TKN).

#### 4.1.4 Penurunan Total P ( $\text{Po}_4$ ) Dalam *Aquatic Plant Treatment*

Dari hasil penelitian laboratorium yang dilakukan untuk menurunkan kadar fosfat dari limbah *septic tank* dengan menggunakan tanaman Papyrus. Dengan menggunakan variasi tanaman, 8 , 6, dan 4 tanaman dengan waktu detensi (td) 4 hari ternyata terjadi banyak peningkatan pada konsentrasi pada air limbah. Berikut gambar hasil analisa laboratorium terhadap penurunan kandungan Total P

::



**Grafik 4.4** Penurunan Konsentrasi Total P Pada Inlet Dan Outlet

Dari gambar 4.4 menunjukkan variasi penurunan dengan waktu detensi (*td*) 4 hari, yaitu menunjukkan peningkatan kandungan Phosfat, yaitu pada reaktor 1 dengan variasi 8 tanaman peningkatan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 1,446 mg/L menjadi 5,102 mg/L untuk reaktor 2 dengan variasi 6 tanaman terjadi peningkatan dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 1,446 mg/L meningkat menjadi 6,074 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan variasi 4 tanaman peningkatan juga dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 1,446 mg/L menjadi 4,108 mg/L. Pada reaktor control (*blanko*) terjadi

peningkatan pula dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 1,446 mg/L menjadi 4,98 mg/L. Data dan perhitungan dapat di lihat pada lampiran (1) .

Dari gambar 4.4 menunjukkan peningkatan kembali kadar fosfat dalam penelitian ini disebabkan media tanah yang digunakan oleh tanaman yang mengandung pupuk fosfat buatan (Anonim,1997). Dimana dalam penelitian ini menggunakan bantuan media tanah yang ditempatkan pada polybag untuk tanaman yang mana tanah tersebut mengandung unsur fosfat buatan sehingga terjadi peningkatan, selain itu fosfat juga dapat meningkat disebabkan oleh tanaman *aquatic* yang digunakan karena pada tanaman *Aquatic* akan mengeluarkan fosfat dengan sendirinya (Standart Methotde). Tanaman air mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, akar, batang, dan kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran tanaman. Hal ini di karena jenis tanaman air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transformasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran. Terjadinya daerah *Rhyzosphre* yang bersifat aerob memungkinkan aktivitas pertumbuhan genetik bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (nitrogen, fosfat) meningkat (Anonim, 1997). Sedangkan untuk reaktor blanko (tanpa tanaman) juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan adanya populasi alga dan ganggang. Alga dapat tumbuh pesat karena tersedianya fosfat yang berlebih di dalam air. Selain itu terjadinya kompetisi antara mikroorganisme dalam mendapatkan oksigen yang mengakibatkan mikroorganisme yang tidak mendapatkan oksigen mati. Pada saat mati inilah terjadi pendegradasian bahan organik dari alga yang selanjutnya terjadi pembusukan sehingga fosfat kembali ke

bentuk garam yang kemudian mengendap sebagai bahan mineral (Akhmad, 2004). Alga yang ada di dalam reaktor akan terakumulasi dengan air sehingga fosfat yang berada pada sel alga akan terbawa karena dalam penelitian ini alga dan air tidak dipisahkan.

Kesimpulan yang dapat diambil bahwa tidak adanya proses penurunan terhadap Total P, proses yang terjadi malah sebaliknya yaitu penambahan konsentrasi. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesa nomor 2, bahwa dengan tanaman Papyrus (*Cyperus papyrus*) dapat menurunkan Total P.

#### **4.2 Analisa Pertumbuhan Tanaman Dalam Reaktor**

Proses pengolahan *effluent septic tank* dengan sistem *Aquatic Plant Treatment* yang menggunakan tanaman Papyrus sebagai media utama di dalam menyisihkan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P dengan variasi tanaman sebagai berikut :

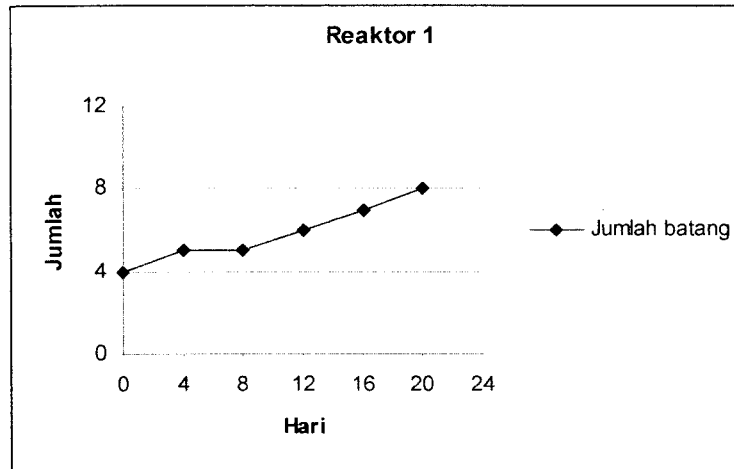
- a. Reaktor 1 dengan di tanami 8 tanaman Papyrus. Dalam reaktor ini diharapkan terjadinya proses meremoval kandungan limbah oleh tanaman dan media dalam reaktor. Proses-proses yang terjadi adalah penguraian limbah menjadi nutrisi bagi tanaman yaitu bahan organik yang terkandung dalam *effluent septic tank* berupa karbohidrat dengan adanya oksigen akan menghasilkan karbondioksida dan air (Bahan organik  $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ), kemudian terjadi proses filtrasi limbah oleh media tanam. Penguraian limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh di dalam reaktor yang diharapkan berupa mikroorganisme aerob karena

mikroorganisme ini selain mengurai limbah juga akan mempertahankan kandungan oksigen dalam air limbah, sehingga akan mengurangi bau. Pertumbuhan tanaman Papyrus pada reaktor ini pada hari ke - 0 sampai hari ke - 20 sangat baik, dapat dilihat dari kondisi pertumbuhan pada tabel 4.1 sehingga proses penguraian limbah sangat efektif hal ini di pengaruhi oleh daya scrap akar tanaman terhadap limbah sangat baik.

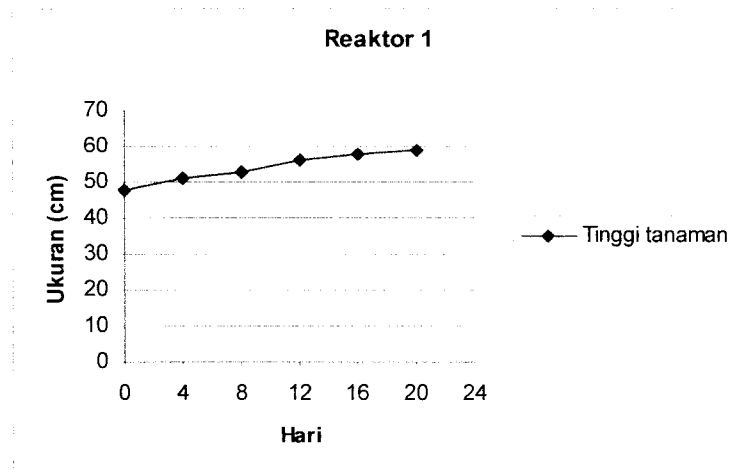
Berikut tabel 4.1 gambaran kondisi pertumbuhan Papyrus dengan variasi 8 tanaman.

**Tabel 4.1** Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus

Hari pada reaktor 1	kondisi dan jumlah komponen papyrus		
	batang	mati	hidup
hari ke - 0	segar (hijau),tinggi rata-rata 48 cm, jumlah 4 batang.	0	4
hari ke - 4	segar (hijau),tinggi rata - rata 52 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 8	segar (hijau),tinggi rata-rata 54 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 12	segar (hijau),tinggi rata-rata 55 cm, jumlah 6 batang		6
hari ke - 16	segar (hijau),tinggi rata-rata 58 cm, jumlah 7 batang	0	7
hari ke - 20	segar (hijau),tinggi rata-rata 59 cm, jumlah 8 batang	0	8



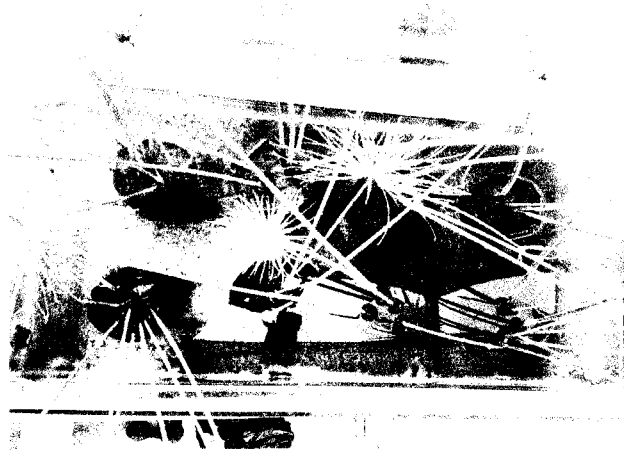
**Gambar 4.5** Jumlah Batang



**Gambar 4.6** Tinggi Tanaman



**Gambar 4.7** Reaktor 1 Hari ke - 0

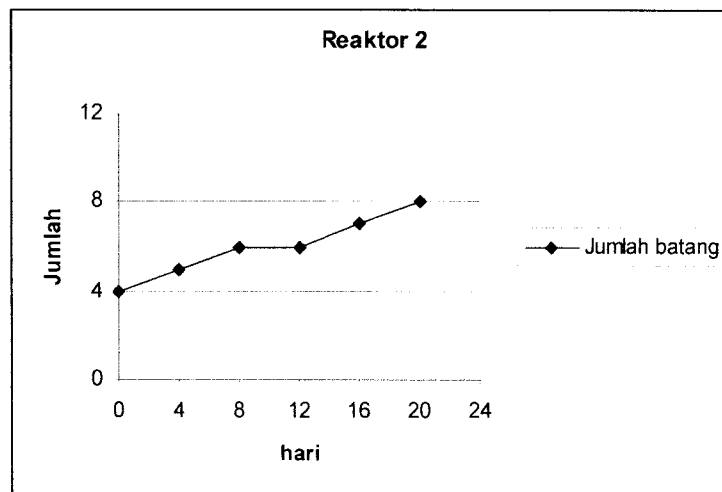


**Gambar 4.8** Reaktor 1 Hari ke – 20

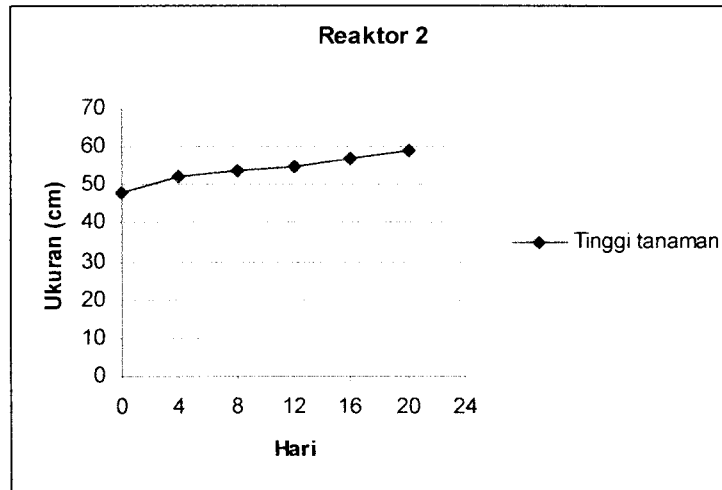
- b. Reaktor 2 dengan di tanami 6 tanaman Papyrus. Proses yang terjadi pada reaktor ini juga seperti pada reaktor pertama yaitu proses penguraian bahan organik dengan mikroorganisme aerobik dan proses filtrasi oleh media tanah. Pertumbuhan tanaman Papyrus pada hari ke – 0 minggu sampai hari ke - 20 sangat baik. Pertumbuhan tanaman pada reaktor ini sangat bagus di bandingkan dengan reaktor 1 karena pertumbuhan tanamannya sangat meningkat dengan cepat dapat dilihat pada kondisi pertumbuhan tanaman terhadap batang serta tinggi tanaman pada tabel 4.2. Secara fisik dapat dilihat perbandingannya. Berikut gambaran kondisis tanaman Papyrus dengan variasi 6 tanaman.

**Tabel 4.2** Kondisi Pertumbuhan Tanaman Papyrus

hari pada reaktor 2	kondisi dan jumlah komponen papyrus		
	batang	mati	hidup
hari ke - 0	segar (hijau),tinggi rata-rata 48 cm, jumlah 4 batang.	0	4
hari ke - 4	segar (hijau),tinggi rata-rata 52 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 8	segar (hijau),tinggi rata-rata 54 cm, jumlah 6 batang	0	6
hari ke - 12	segar (hijau),tinggi rata-rata 55 cm, jumlah 6 batang		6
hari ke - 16	segar (hijau),tinggi rata-rata 57 cm, jumlah 7 batang	0	7
hari ke - 20	segar (hijau),tinggi rata-rata 59 cm, jumlah 8 batang	0	8



**Gambar 4.9** Jumlah Batang



**Gambar 4.10** Tinggi Tanaman



**Gambar 4.11** Reaktor 2 Hari ke - 0



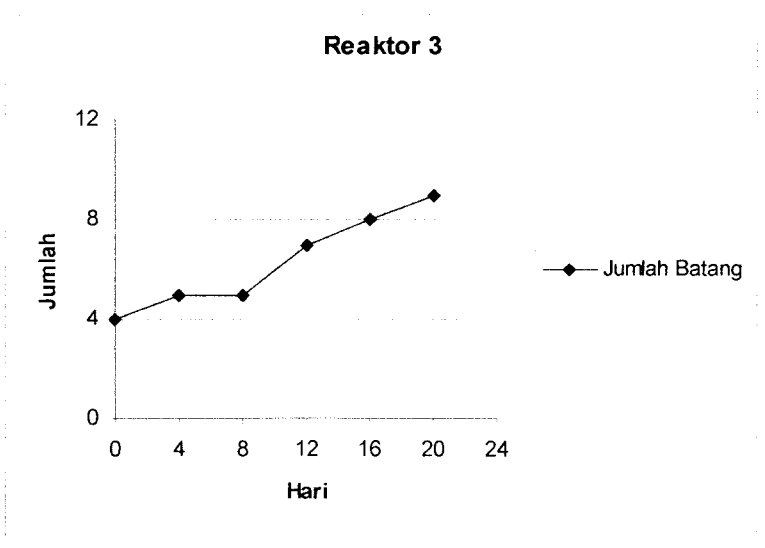
**Gambar 4.12** Reaktor 2 Hari ke - 20

c. Reaktor 3 dengan ditanami 4 tanaman Papyrus, proses – proses removal pada reaktor ini tidak jauh berbeda dengan reaktor – reaktor sebelumnya. Pada reaktor ini pertumbuhan dari tanaman sangat baik di karenakan dalam reaktor ini hanya terdapat 4 tanaman sehingga tanaman tersebut dapat menyerap nutrisi dengan baik dapat dilihat dari pertumbuhan tanaman terhadap jumlah dan tinggi batang.

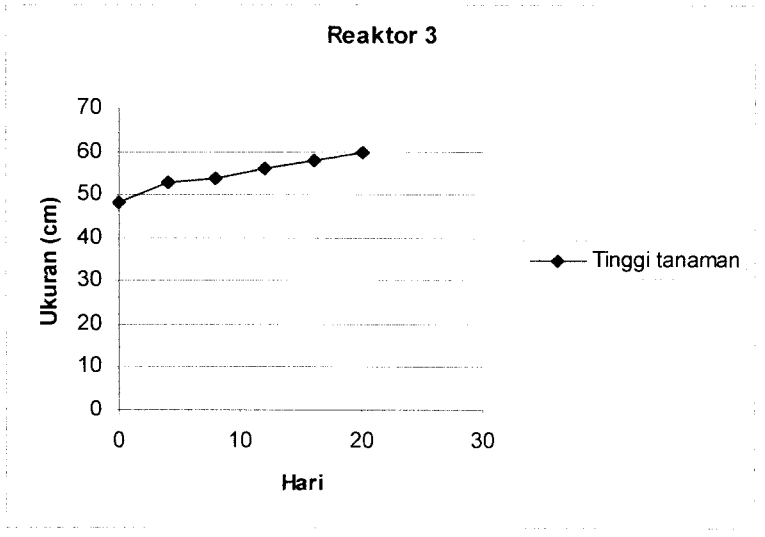
Berikut tabel gambaran kondisi tanaman Papyrus dengan variasi 4 tanaman.

**Tabel 4.3** Kondisi Perumbuhan Tanaman Papyrus

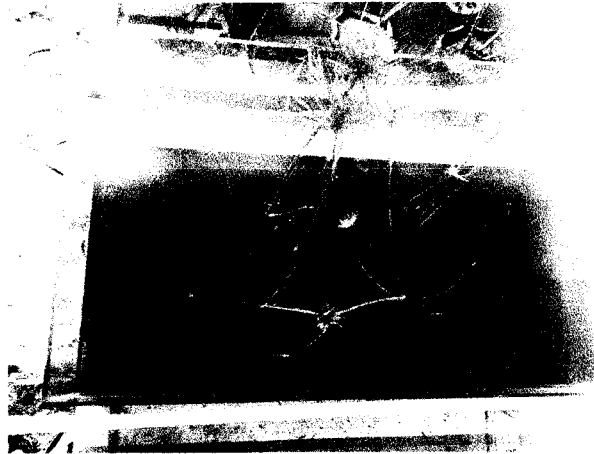
hari pada reaktor 3	kondisi dan jumlah komponen papyrus		
	batang	mati	hidup
hari ke - 0	segar (hijau),tinggi rata-rata 48 cm, jumlah 4 batang.	0	4
hari ke - 4	segar (hijau),tinggi rata-rata 52 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 8	segar (hijau),tinggi rata-rata 54 cm, jumlah 6 batang	0	5
hari ke - 12	segar (hijau),tinggi rata-rata 55 cm, jumlah 6 batang	0	7
hari ke - 16	segar (hijau),tinggi rata-rata 57 cm, jumlah 7 batang	0	8
hari ke - 20	segar (hijau),tinggi rata-rata 59 cm, jumlah 8 batang	0	9



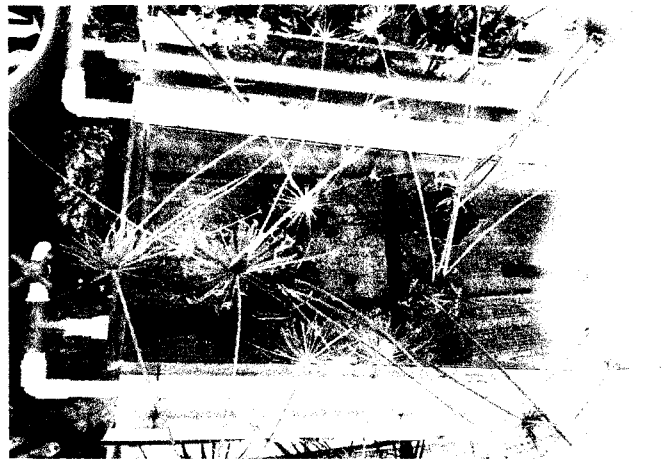
**Gambar 4.13** Jumlah Batang



**Gambar 4.14** Tinggi tanaman



**Gambar 4.15** Reaktor 3 hari ke – 0



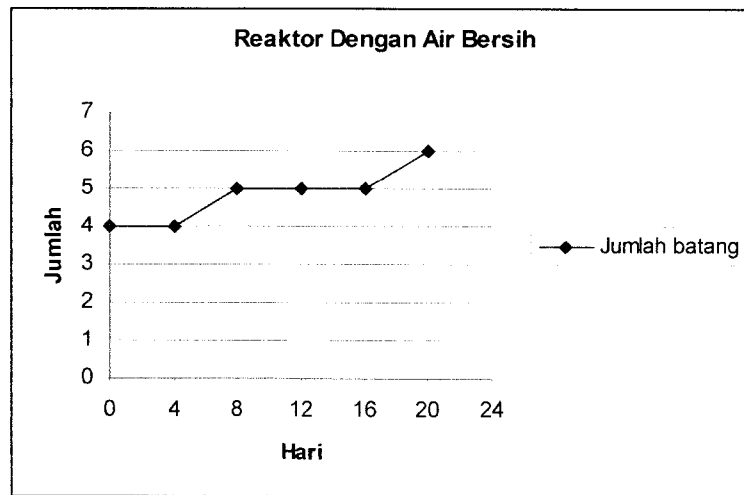
**Gambar 4.16** Reaktor 3 Hari ke – 20

- d. Reaktor dengan menggunakan 4 tanaman Papyrus tetapi menggunakan air biasa. Proses pertumbuhan tanaman dalam reaktor ini tidak terlalu terlihat dari hari ke – 0 sampai hari ke - 20 mulai dari tinggi dan jumlah batang relatif tetap.

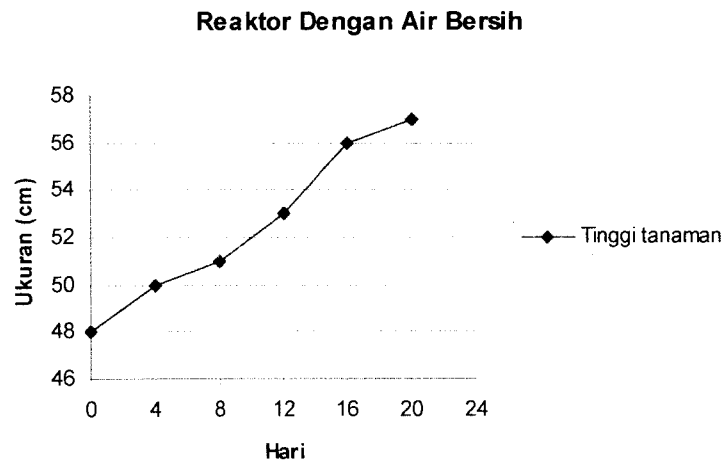
Berikut tabel gambaran kondisi tanaman Papyrus dengan variasi 4 tanaman.

**Tabel 4.4** Kondisi pertumbuhan tanaman papyrus

Hari pada reaktor dengan air bersih	kondisi dan jumlah komponen papyrus		
	batang	mati	hidup
hari ke - 0	segar (hijau), tinggi rata-rata 48 cm, jumlah 4 batang.	0	4
hari ke - 4	segar (hijau), tinggi rata-rata 50 cm, jumlah 4 batang	0	4
hari ke - 8	segar (hijau), tinggi rata-rata 53 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 12	segar (hijau), tinggi rata-rata 53 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 16	segar (hijau), tinggi rata-rata 56 cm, jumlah 5 batang	0	5
hari ke - 20	segar (hijau), tinggi rata-rata 57 cm, jumlah 6 batang	0	6



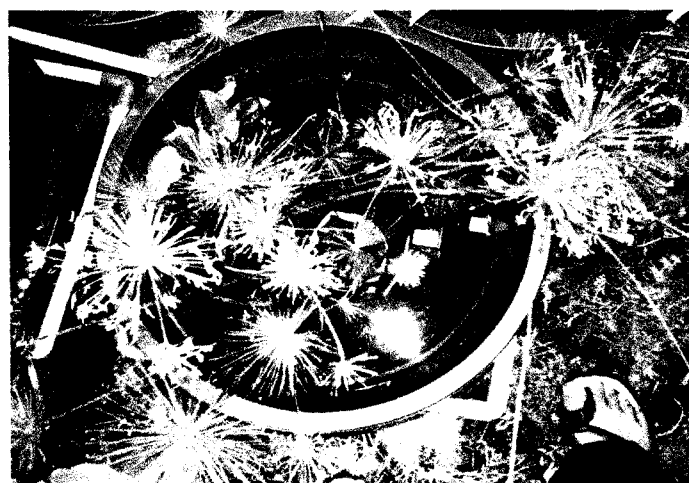
**Gambar 4.17** Jumlah Batang



**Gambar 4.18** Tinggi Tanaman

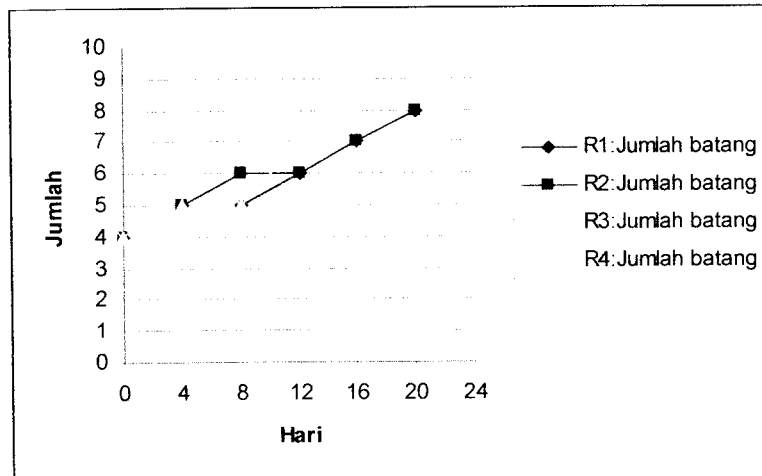


**Gambar 4.19** Reaktor Blanko Dengan Air Bersih Hari ke – 0

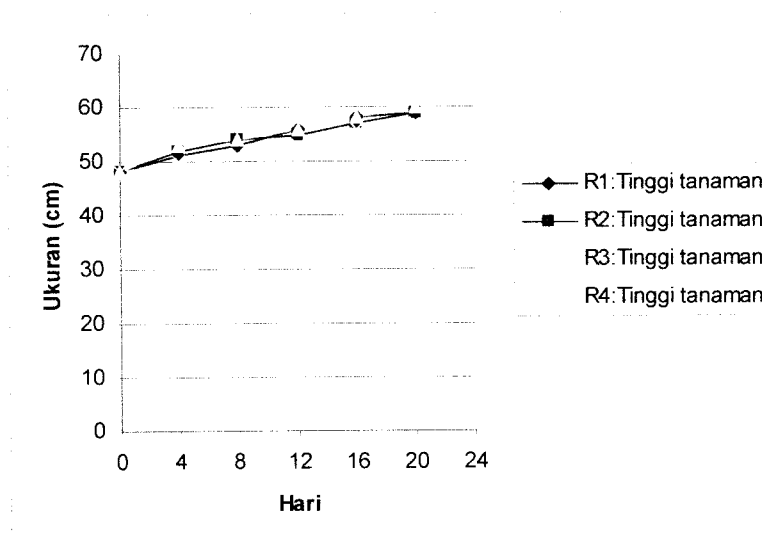


**Gambar 4.20** Reaktor Blanko Dengan Air Bersih Hari ke – 20

### 4.3 Analisa Pertumbuhan Tanaman Paling Optimum



Gambar 4.21 Jumlah Batang



Gambar 4.22 Tinggi Tanaman

Dari analisa pertumbuhan tanaman sebelumnya diperoleh hasil secara fisik pada tanaman secara visual, disimpulkan bahwa dari pertumbuhan tanaman ke empat reaktor yang ada pertumbuhan yang paling baik adalah pertumbuhan tanaman pada reaktor 3 dengan variasi menggunakan 4 tanaman, dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22. Dimana pertumbuhan tanaman pada reaktor 3 lebih cepat dibandingkan dengan reaktor 1 dan 2, hal ini dikarenakan jumlah tanaman

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisis, dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian tersebut:

1. Peranan tanaman Papyrus ( *Chyperus Papyrus* ) di dalam sistem pengolahan *Aquatic Plant Treatment* adalah sebagai media yang menguraikan bahan – bahan organik air limbah *septictank* menjadi nutrisi bagi pertumbuhannya dan sebagai tempat tumbuhnya berbagai mikroorganisme pengurai air limbah. Dengan penurunan parameter COD sebesar 17,47 % - 88,50 %, TSS sebesar 33,01 % - 96,03 %, Total N sebesar 3,063 % - 70,76 %, sedangkan untuk Total P tidaklah efektif.
2. Penurunan parameter COD, TSS, Total N dan P dalam *Aquatic Plant Treatment* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Papyrus (*Cyperus Papyrus*) terutama pada reaktor 3 dengan variasi 4 tanaman dimana pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah batang lebih cepat dibandingkan dengan reaktor lainnya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penelitian awal terhadap parameter Total N dan P untuk mengetahui kandungan yang ada serta siklus yang terjadi di dalamnya.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan memvariasikan tanaman yang lebih banyak serta lebih lebih spesifik pada satu tanaman saja.
3. Diperlukan penelitian yang lebih spesifik terhadap pengaruh tanaman yang digunakan dalam sistem pengolahan *Aquatic Plant Treatment*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, R, 2004, '*Kimia Lingkungan*', Kimia lingkungan, Andi, Jogjakarta.
- Aquatic Plant System, '*Waste water Treatment*', <http://www.google.com>, diakses tanggal 10 mei 2005
- Benfield, L.D., and and Randall C.W, 1980, *Biological Process Design For Wastewater Treatment*, dalam Kumalasari. N, 2005 *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Cair Tapioka dengan Contructed Wetlands Menggunakan Kangkung Air (Ipomoae Aquatica)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UH, Jogjakarta.
- Herskowitz, J., S. Black, and W. Lewandowski. *Listowel Artrticial Marsh Treatment Project*. In: *Aquatic P/ants for Water Treatment and Resource Recovery. Proceedings of the Conference on*.
- [Http://www.google.com/Kompas co-cetak](http://www.google.com/Kompas-co-cetak), diakses tanggal 10 Mei 2005.
- Kadlec, R.H., and R.L. Knight, 1996, *Treatment Wetlands*, dalam Kumalasari. N, 2005 *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Cair Tapioka dengan Contructed Wetlands Menggunakan Kangkung Air (Ipomoae Aquatica)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UH, Jogjakarta.
- Kompas, '*Jutaan Penduduk Bandung Buang Tinja Sembarangan*' : <http://google.com>, diakses tanggal 7 juli 2006.
- Mariato Lukito Adi, 2002, *Tanaman Air*, AgroMedia Pustaka, Jakarta
- Mayung Simpson – Hebert *Ecological Sanitation*, 2004, Stockholm Environment Institute.

Merz, S.K., 2000, *Using Free Water Surface Constructed Wetlands To Treat Municipal Sewage*, dalam Saputra, A, 2004 *Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L) IR-64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UH, Jogjakarta.

Metcalf and Eddy, 1991, "Wastewater and Engineering" 3<sup>rd</sup> ed, McGraw Hill International Engineering, Singapore

R.B. Brown, Emeritus. Prof, *Soil and Water Science Department*; M.V. Peart, associate professor, retired, Home Economics Department (renamed Family, Youth and Community Services Department); Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville FL 32611.

Reed, S.C.E.J, Middlebrooks, and R.W Crites, 1987, *Natural Systems For Waste Management and Treatment In U.S*, Enviromental Protection Agency, Desain Manual : Constructed Wetlands and Aquatic Palant System For Municipal Wastewater Treatment, EPA/625/1-88/022, Center For Enviromental

Reed, S.C.E.J, Middlebrooks, and R.W Crites, 1995, *Natural Systems For Waste Management and Treatment*, dalam Saputra, A, 2004 *Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L) IR-64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UH, Jogjakarta.

Septictank, 'septic system', <http://www.google.com> diakses tanggal 7 Mei 2005

Scout, N., 2004, *Algae, Cyanobacteria and Water Quality*, dalam Saputra, A, 2004  
*Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub>, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik  
dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L)  
IR-64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UH, Jogjakarta.

Steenis, van, G.G.G.J, *Flora*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1988

Stephenson, M.Et. Al. October 1980 “*The Use and Potential Aquatic Species For  
Wastewater Treatment*”, Appendix A. The Environmental Requirement of  
Aquatic Plant SWRCB publication No. 65 Sacramento, CA

Tchobanoglous, G. *Aquatic Plant Systems for Wastewater Treatment:  
Engineering Considerations*. 1987. In: *Aquatic Plants for Water  
Treatment and Resource Recovery*. Magnolia Publishing, Inc., Orlando, FL, pp.  
27-48, 1987.

# LAMPIRAN 1

# LAMPIRAN I

**Tabel 3.1 Hasil Analisa Efisiensi COD**

Reaktor	Minggu														
	I			II			III			IV			V		
	constr	Efisiensi		constr	Efisiensi		constr	Efisiensi		constr	Efisiensi		constr	Efisiensi	
Inlet	209,398			235,867			317,073			266,372			410,162		
Reaktor 1	141,419	32,46		169,719	28,04		205,837	35,08		88,496	66,77		67,13	83,63	
Reaktor 2	120,552	42,42		154,967	34,29		151,575	52,19		71,031	73,33		100,196	75,57	
Reaktor 3	127,175	39,26		194,645	17,47		185,319	41,55		78,32	70,59		82,561	79,87	
Blanko	621,379	-196,63		188,032	20,35		225,224	28,96		45,256	83,01		124,444	69,66	

**Tabel 3.2 Hasil Analisa Efisiensi TSS**

Reaktor	Minggu														
	I			II			III			IV			V		
	TSS	Efisiensi		TSS	Efisiensi		TSS	Efisiensi		TSS	Efisiensi		TSS	Efisiensi	
Inlet	391			247			116			308			206		
Reaktor 1	35	91,04		73	70,4		37	68,1		236	23,37		138	33,01	
Reaktor 2	15,5	96,03		66	73,2		56	51,72		184	40,25		38	81,55	
Reaktor 3	35	91,04		60	75,7		68	41,37		136	55,84		36	85,52	
Blanko	75	80,08		151	38,8		47	59,48		74	75,97		16	92,23	

**Tabel 3.3 Hasil Analisa Efisiensi Total N**

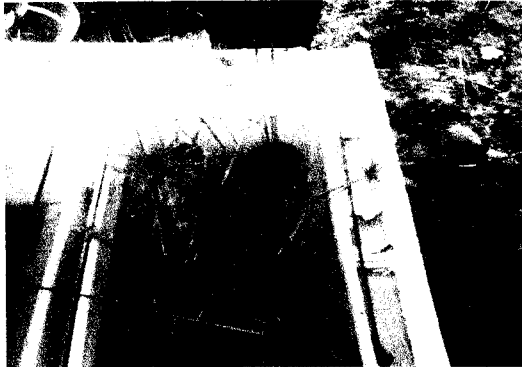
Reaktor	Minggu									
	I		II		III		IV		V	
	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi
Inlet	40,8		40,85		77		92,43		63,065	
Reaktor 1	35,14	13,87	38,24	6,38	36,065	52,16	27,021	70,76	34,46	45,35
Reaktor 2	41,615	-2	54,865	-34,3	45,92	40,36	27,055	70,73	25,74	59,18
Reaktor 3	39,55	3,063	55,8	-36,6	66,805	13,24	30,37	67,14	39,32	37,65
Blanko	41,33	-1,3	34,77	14,88	41,12	46,6	26,62	71,2	63,2	-0,2

**Tabel 3.4 Tabel Analisa Efisiensi Total P**

Reaktor	Minggu									
	I		II		III		IV		V	
	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi	constr	Efisiensi
Inlet	2,33		1,47		0,98		1,43		1,02	
Reaktor 1	7,64	-227,89	5,73	-289,79	4,04	-312,94	4,91	-245,77	3,19	-212,74
Reaktor 2	6,36	-172,53	4,49	-204,76	2,93	-206,12	0,15	89,43	16,44	-1511,76
Reaktor 3	6,52	-179,82	5,01	-240,81	3,41	-247,95	3,55	-150	2,32	-126,47
Blanko	7,71	-245,74	5,75	-291,15	3,94	-302,04	4,52	-217,6	3,02	-196,07

# LAMPIRAN 2

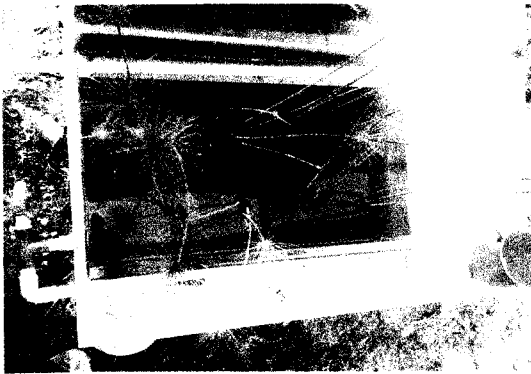
## LAMPIRAN 2



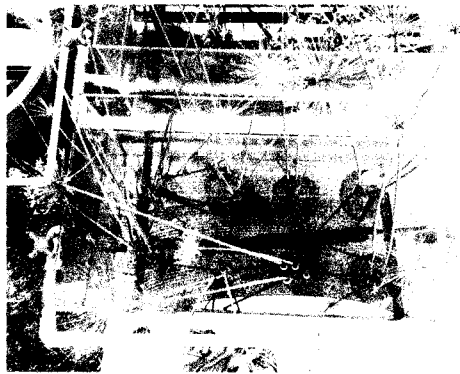
Gambar 1.1 Reaktor 1 hari ke - 0



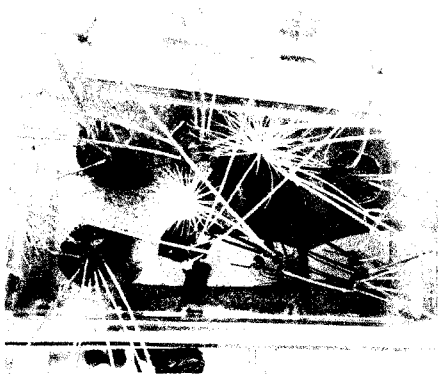
Gambar 1.2 Reaktor 1 hari ke - 4



Gambar 1.3 Reaktor 1 hari ke - 8



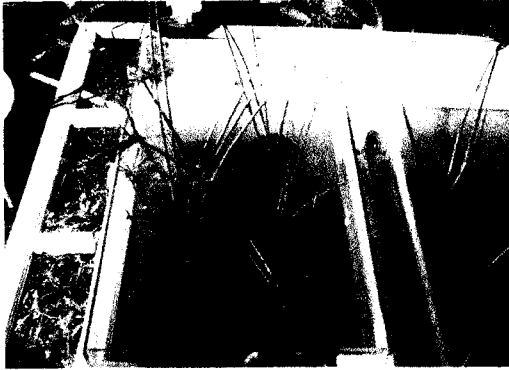
Gambar 1.4 Reaktor 1 hari ke - 12



Gambar 1.5 Reaktor 1 hari ke - 16



Gambar 1.2 Reaktor 1 hari ke - 20



Gambar 1.6 Reaktor 2 hari ke - 0



Gambar 1.7 Reaktor 2 hari ke - 4



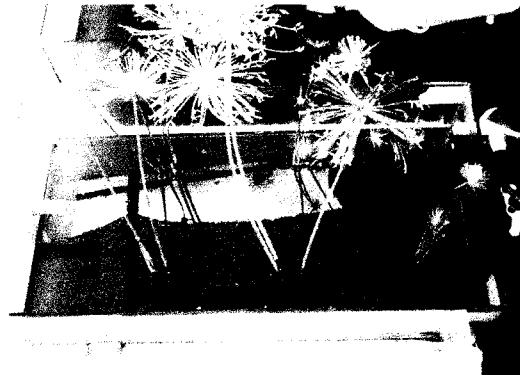
Gambar 1.8 Reaktor 2 hari ke - 8



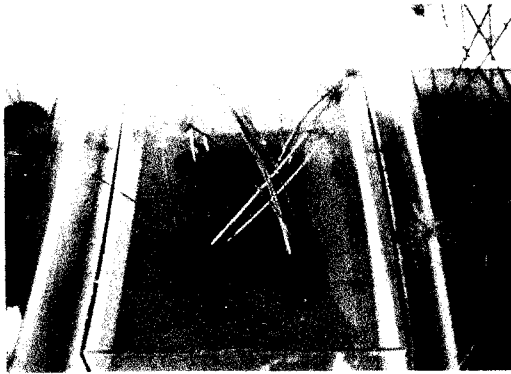
Gambar 1.9 Reaktor 2 hari ke - 12



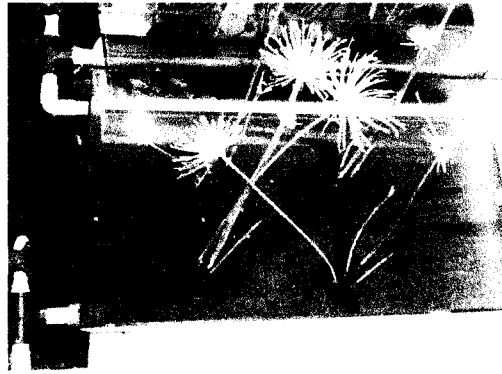
Gambar 1.10 Reaktor 2 hari ke - 16



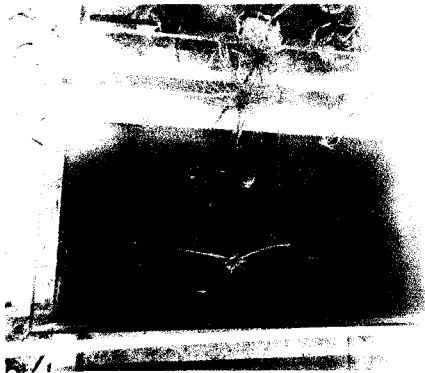
Gambar 1.11 Reaktor 2 hari ke - 20



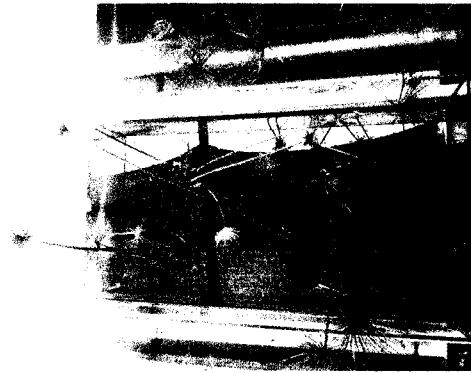
Gambar 1.12 Reaktor 3 hari ke - 0



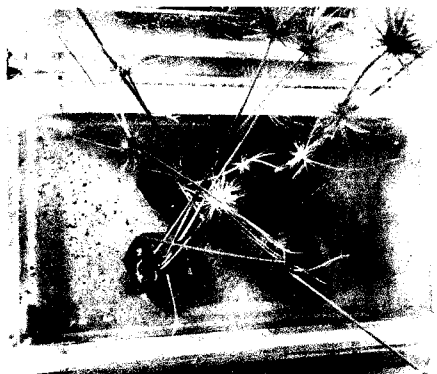
Gambar 1.13 Reaktor 3 hari ke - 4



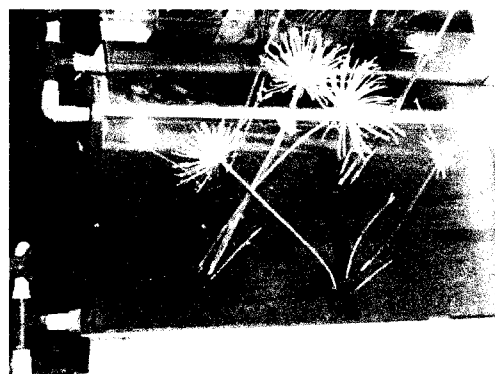
Gambar 1.14 Reaktor 3 hari ke - 8



Gambar 1.15 Reaktor 3 hari ke - 12



Gambar 1.16 Reaktor 3 hari ke - 16



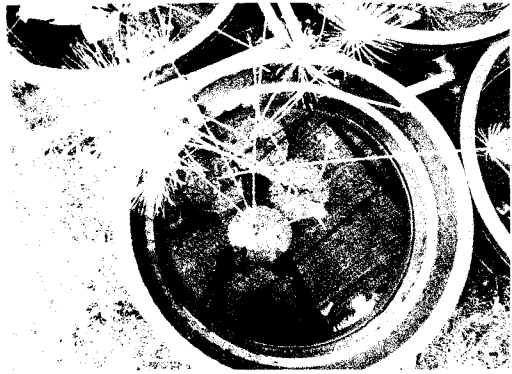
Gambar 1.17 Reaktor 3 hari ke - 20



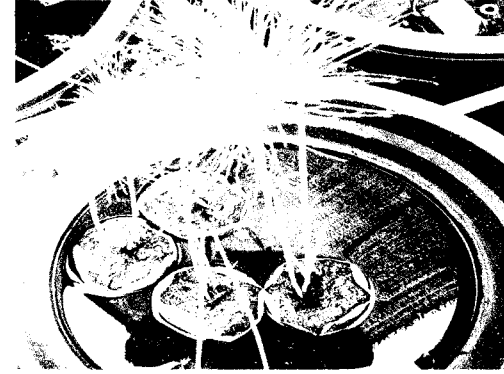
Gambar 1.7 Reaktor dengan Air Bersih  
Hari ke - 0



Gambar 1.14 Reaktor dengan air bersih  
Hari ke - 4



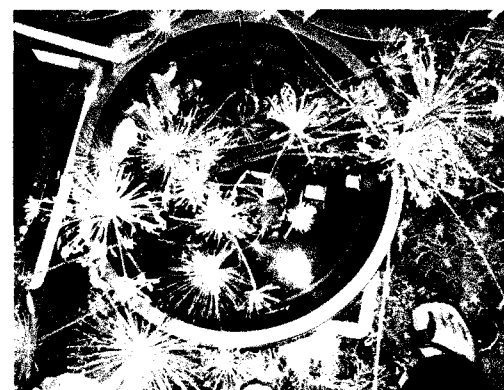
Gambar 1.7 Reaktor dengan Air Bersih  
Hari ke - 8



Gambar 1.7 Reaktor dengan Air Bersih  
Hari ke - 12



Gambar 1.7 Reaktor dengan Air Bersih  
Hari ke - 16



Gambar 1.7 Reaktor dengan Air Bersih  
Hari ke - 20

# LAMPIRAN 3

6. Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tata Kerja Menteri Negara;

#### MEMUTUSKAN:

Menetapkan: KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK.

#### Pasal 1

Dalam Keputusan ini yang dimaksud dengan:

1. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restoran*), perkantoran, perdagangan, apartemen dan asrama;
2. Baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan;
3. Pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan setara bersama-sama (*kollektif*) sebelum dibuang ke air permukaan;
4. Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan.

#### Pasal 2

- (1) Baku mutu air limbah domestik berlaku bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restoran*), perkantoran, perdagangan, apartemen, dan asrama.
- (2) Baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) berlaku untuk pengolahan air limbah domestik terpadu.

#### Pasal 3

Baku mutu air limbah domestik adalah sebagaimana tercantum dalam lampiran Keputusan ini.

#### Pasal 4

Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi :

- a. semua kawasan permukiman (real estate), kawasan perkantoran, kawasan perniagaan, dan apartemen;
- b. rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 meter persegi; dan
- c. asrama yang berpenghuni 100 (seratus) orang atau lebih.

#### Pasal 5

Baku mutu air limbah domestik untuk perumahan yang diolah secara individu akan ditentukan kemudian.

#### Pasal 6

- (1) Baku mutu air limbah domestik daerah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi dengan ketentuan sama atau lebih ketat dari ketentuan sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- (2) Apabila baku mutu air limbah domestik daerah sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) belum ditetapkan, maka berlaku baku mutu air limbah domestik sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

#### Pasal 7

Apabila hasil kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau hasil kajian Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan dari usaha dan atau kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 mensyaratkan baku mutu air limbah domestik lebih ketat, maka diberlakukan baku mutu air limbah domestik sebagaimana yang dipersyaratkan oleh Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup atau Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan.

#### Pasal 8

Setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama wajib :

- a. melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan;
- b. membuat saluran pembuangan air limbah domestik tertutup dan kedap air sehingga tidak terjadi perembesan air limbah ke lingkungan;
- c. membuat sarana pengambilan sample pada outlet unit pengolahan air limbah.

Pasal 9

- (1) Pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 dapat dilakukan secara bersama-sama (kolektif) melalui pengolahan limbah domestik terpadu.
- (2) Pengolahan air limbah domestik terpadu harus memenuhi baku mutu limbah domestik yang berlaku

Pasal 10

- (1) Pengolahan air limbah domestik terpadu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 menjadi tanggung jawab pengelola.
- (2) Apabila pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) tidak menuntuk pengelola tertentu, maka tanggung jawab pengolahannya berada pada masing-masing penanggung jawab kegiatan

Pasal 11

Bupati/Walikota wajib melaksanakan persyaratan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dalam izin pembuangan air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Pasal 12

Menteri meninjau kembali baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

Pasal 13

Apabila baku mutu air limbah domestik daerah telah ditetapkan sebelum keputusan ini:

- a. lebih ketat atau sama dengan baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut tetap berlaku;
- b. lebih longgar dari baku mutu air limbah sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini, maka baku mutu air limbah domestik tersebut wajib disesuaikan dengan Keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya Keputusan ini.

Pasal 14

Pada saat berlakunya Keputusan ini semua peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan baku mutu air limbah domestik bagi usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama yang telah ada, tetap berlaku sepanjang tidak bertentangan dengan Keputusan ini.

Pasal 15

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal : 10 Juli 2001

Menteri Negara  
Lingkungan Hidup,

Ha

Nabiel Makarim, MPA, MSN

