

No : TA / TL / 2006 / 0091

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HABIS/BELI	
TGL. TERIMA :	13 Juli 2006
NO. JUDUL :	002031
NO. INV. :	SI20002031001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KONSENTRASI COD, TSS, TOTAL
NITROGEN (TKN) DAN TOTAL PHOSPHAT
EFFLUENT SEPTIC TANK DENGAN AQUATIC PLANT
TREATMENT MENGGUNAKAN TANAMAN KELADI
(CALLADIUM)**

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



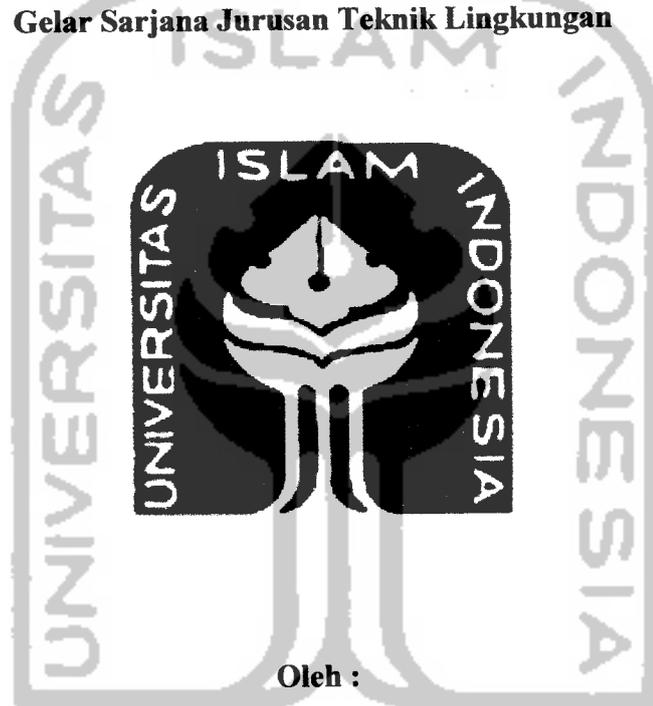
Oleh :

Nama : Ika Aprilya Sari. R
No. MHS : 01 513 007

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

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

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



Oleh :

Nama : Ika Aprilya Sari.R
No. MHS : 01 513 007

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

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KONSENTRASI COD, TSS, TOTAL NITROGEN (TKN) DAN TOTAL PHOSPHAT LIMBAH *EFFLUENT SEPTIC TANK* DENGAN *AQUATIC PLANT TREATMENT* MENGGUNAKAN TANAMAN KELADI (*CALLADIUM*)



Nama : Ika Aprilya Sari. R

No. MHS : 01 513 007

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I
Luqman Hakim, ST, M.Si


Tanggal : 16/7/06

Dosen pembimbing II
Hudori, ST


Tanggal : 8/7/06

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa juga sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **PENURUNAN KONSENTRASI COD, TSS, TOTAL NITROGEN (TKN) DAN TOTAL PHOSPHAT LIMBAH EFFLUENT SEPTIC TANK DENGAN AQUATIC PLANT TREATMENT MENGGUNAKAN TANAMAN KELADI AIR (CALLADIUM).**

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEC** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. **Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. **Bapak Luqman Hakim, ST, M.Si.** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing I Tugas Akhir.
4. **Bapak Hudori, ST** selaku pembimbing II Tugas Akhir.
5. **Mas Agus Adi Prananto,** selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.

6. **Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd** selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
7. **Pak Rahmat**, Tukang kebun kami. (*"Pak, Terima kasih banyak untuk tanaman dan perawatannya"*).
8. **Mas Denny Wahyudi**, yang selalu sabar ngadepin aku..yang selalu ada disampingku..terima kasih atas doa dan supportnya..cepat nyusul ya..
9. **BeRatZ GeNk..Si Bogel Arum** (*Bogeelllllllll..aku LULUS hehe thank's for everything gell*), **Medya** (*paling tua setelah bogel..akhirnya kita lulus med, gak nyangka dah jadi seorang ST*), **Novie** (*yang paling bratz,suka grusak-grusuk,dan paling dewasa diantara kami..cieeeee mbok de' kapan naik ke pelaminan??*) **Puput** (*Hiks Hiks temanku pertama di UII, teman KP, teman TA-ku, terima kasih untuk semua yang telah kita lalui*)..LoVe You Guys...
10. Teman-teman di teknik lingkungan : **Aan ST, Azri ST, Luki, Een, Warih ST, Yeyen ST, Kinoj ST, Pay, Mail, Mais ST, Wiwid, Mas Hakim TL'00** (*kapan main kartu lagi?*), **Retno, k' irma TL'00** (*makasih bahan pendadarannya*) **Nial, Yuyun Lombok, Alin ST, Ariyanti ST, Ida ST, Bayu ST, Agung ST, Adi ST, Anung, Arul** ; Anak-anak Basecamp '01 : **Indras, Dede, Fikor, Imam, Joxo**; Grup *Roughing Filter* : **Wisnu, Yuli, Nilam**, (*"Akhirnya kita bisa nyusul teman2 lainnya yang dah jadi ST"*), dan semua teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a bantuan, dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman kost Ds.Ralda ; **Ulil, Della, Pury, Ida, Erna, Umi, Ira, Dessy, Dina, Indie, Endah, Mega, Ana, Riska** (*"Selalu semangat dan by the way neh kapan kita maen kartu lagi..."*).
12. Teman-teman & Saudaraku ; **Yani** (*"Teman terbaikku dari kecil, yah so te bisa bagatal lagi leee"*) **Vega** (*"Jangan kapok2 maen ke jogja"*), **Ratni dan Rini** (*"Ngumpul kayak dulu lagi yuukkk"*), **K' ReQi** (*"Makasih dah bangunin aku tiap shubuh"*), **Agung** (*"Makasih selama"*

gempa kamu nemenin aku n' makasih juga atas supportnya"), **Aziz** (*"thank's to be heard me"*), **Nisa, Widya, K'Nony, Windi+Aya, Ayu, Irma, Dewi Ana, K'eenK, Fardhi, Aat, Jana, T'Nieta, Ebi, Om adhi, K'ichal, Nununk, Fita, Fain, Ama, Iman Bono, Iman Palu, Indon, Puji, Wisnu "Tompel"** dan semua yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a bantuan, dukungan serta motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

13. **Bang Eri ST, Devid ST, Tito ST, Jaya ST, Mas Ony ST.**(*"Makasih dah ngebantuin ngangkut limbah"*)
14. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogyakarta, Juli 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAKSI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Reuse	5
2.2 Sistem <i>Aquatic Plant Treatment</i> (APT)	8
2.3 Parameter yang terdapat di <i>Aquatic Plant Treatment</i> (APT)	9
2.3.1 Chemical Oxygen Demand (COD)	9

2.3.2	Padatan Tersuspensi (TSS).....	9
2.3.3	Siklus Nitrogen.....	11
2.3.3.1	Mineralisasi.....	13
2.3.3.2	Nitrifikasi.....	14
2.3.3.3	Denitrifikasi.....	16
2.3.3.4	Fiksasi Nitrogen.....	17
2.3.3.5	Asimilasi.....	17
2.3.3.6	Bakteri.....	18
2.3.3.7	Vegetasi di dalam Aquatic Plant Treatment.....	19
2.3.4	Siklus Phosphat.....	20
2.4	Tanaman Keladi (<i>Calladium</i>).....	23
2.5	Hipotesa.....	25
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Tempat, Waktu, Alat dan Bahan yang digunakan.....	27
3.2	Parameter yang diteliti	30
3.3	Cara Kerja	30
3.4	Analisa Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisa Kualitas Air Limbah <i>Effluent Septictank</i>	38
4.1.1	Penurunan Konsentrasi COD di APT.....	38
4.1.2	Penurunan Konsentrasi TSS di APT.....	42
4.1.3	Penurunan Konsentrasi Total N (TKN) di APT.....	45
4.1.3	Penurunan Konsentrasi Total Phosphat di APT.....	48

4.2	Analisa Pertumbuhan Tanaman Dalam Reaktor.....	50
4.3	Analisa Pertumbuhan Tanaman Paling Optimum.....	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian <i>Aquatic Plant Treatment</i> Yang Telah Dilakukan.....	8
Tabel 2.2	Proses Transformasi Nitrogen	18
Tabel 3.1	Metode pengujian Sampel.....	30
Tabel 3.2	Perhitungan Dimensi reaktor.....	32
Tabel 3.3	Masa Penanamandan Pengambilan Sampel Air Buangan	36
Tabel 4.2.1	Kondisi Tanaman Keladi Pada Reaktor 1 Hari Ke- 0 Sampai Hari Ke- 20.....	52
Tabel 4.2.7	Kondisi Tanaman Keladi Pada Reaktor 2 Hari Ke- 0 Sampai Hari Ke- 20.....	55
Tabel 4.2.13	Kondisi Tanaman Keladi Pada Reaktor 3 Hari Ke- 0 Sampai Hari Ke- 20.....	59
Tabel 4.2.19	Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi Dengan Menggunakan Air Bersih.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Aquatic Plant Treatment</i>	8
Gambar 2.2	Daur Phosphat	21
Gambar 2.3	Tanaman Keladi (<i>Calladium</i>).....	25
Gambar 3.1	Reaktor 1 Dengan Variasi 6 Tanaman keladi.....	33
Gambar 3.2	Reaktor 2 Dengan Variasi 4 Tanaman Keladi.....	34
Gambar 3.3	Reaktor 3 Dengan Variasi 2 Tanaman Keladi Air	35
Gambar 4.1	Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada Inlet Dan Outlet.....	38
Gambar 4.2	Grafik Penurunan Konsentrasi TSS Pada Inlet Dan Outlet.....	42
Gambar 4.3	Grafik Penurunan Konsentrasi TKN Pada Inlet Dan Outlet	45
Gambar 4.4	Grafik Penurunan Konsentrasi Total Phosphat Pada Inlet Dan Outlet	48
Gambar 4.5	Grafik Fisiologi Tanaman Pada Reaktor 1	54
Gambar 4.6	Kondisi Tanaman Keladi Di reaktor 1 Hari Ke- 0	54
Gambar 4.7	Kondisi Tanaman Keladi Di Reaktor 1 Hari Ke- 20	54
Gambar 4.8	Grafik Fisiologi Tanaman Pada Reaktor 2.....	57
Gambar 4.9	Kondisi Tanaman Keladi Di Reaktor 2 Hari Ke- 0.....	57
Gambar 4.10	Kondisi Tanaman Keladi Di Reaktor 2 Hari Ke- 20	58
Gambar 4.11	Grafik Fisiologi Tanaman Pada Reaktor 3	60
Gambar 4.12	Kondisi Tanaman Keladi Di Reaktor 3 Hari Ke- 0.....	61
Gambar 4.13	Kondisi Tanaman Keladi Di Reaktor 3 Hari Ke- 20	61

Gambar 4.14 Grafik Fisiologi Tanaman Pada Reaktor Yang Menggunakan Air Bersih.....	63
Gambar 4.15 Kondisi Tanaman Pada Reaktor Yang Menggunakan Air Bersih Pada Hari Ke- 0	63
Gambar 4.16 Kondisi Tanaman Pada Reaktor Yang menggunakan Air Bersih Pada Hari Ke- 20	64
Gambar 4.17 Grafik Lebar Daun Pada Tiap Reaktor.....	64
Gambar 4.18 Grafik Panjang Daun Pada Tiap Reaktor	64
Gambar 4.19 Grafik Tinggi Batang Pada Tiap Reaktor.....	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data nilai konsentrasi inlet, outlet, serta efisiensi penurunan parameter

Lampiran 2 Kondisi tiap reaktor dari hari ke- 0 hingga hari ke- 20

Lampiran 3 Kep. Men. LH tentang Baku Mutu Limbah Domestik



ABSTRAKSI

Sistem pengolahan limbah cair memberikan pengaruh yang besar untuk menjaga kualitas perairan. *Aquatic Plant Treatment* merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah cair konvensional yang mudah, murah dan efisien. Prinsip dasar *Aquatic Plant Treatment* adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman pada area tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian effluent septic tank terhadap pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*) dan untuk Mengetahui penurunan konsentrasi COD, TSS, TKN dan Total Phosphat (PO_4) dalam effluent septic tank dengan reaktor *Aquatic Plant Treatment*.

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *Aquatic plant treatment* dengan metode *Batch* yang memanfaatkan tanaman Keladi (*Calladium*). Adapun dimensi reaktor 0,60 m x 0,45 m x 0,35 m dengan waktu detensi 4 hari. Reaktor terbagi menjadi 5 yaitu : reaktor 1 dengan 6 tanaman, reaktor 2 dengan 4 tanaman, reaktor 3 dengan 2 tanaman, reaktor dengan air limbah *effluent septic tank* tanpa tanaman serta reaktor dengan tanaman tanpa air limbah.

Dari penelitian ini diketahui bahwa effluent septic tank dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*) dan reaktor *Aquatic Plant Treatment* dengan tanaman tersebut efektif dalam menurunkan COD, TSS, dan TKN. Adapun persen efisiensi pada parameter yang diteliti adalah COD 5,18 % hingga 85,28 %, TSS sebesar 8,62 % hingga 87,80 %, dan TKN sebesar 32,75 % hingga 77,41 %. Tetapi pada penelitian ini tidak efektif untuk menurunkan total phosphat.

Kata kunci : *Aquatic plant treatment*, COD, *Effluent septic tank*, Keladi (*Calladium*), Total Phosphat TSS, TKN.

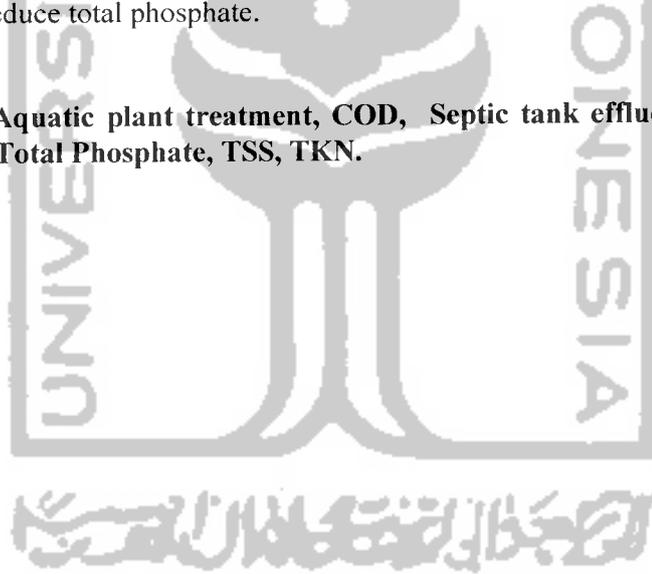
ABSTRACT

Liquid waste treatment system provides greater influences to maintain aquatic quality. Aquatic Plant Treatment has been one of simple, low-cost and efficient conventional liquid waste alternatives. Basic principle of Aquatic Plant Treatment is to exploit activities of ground and aquatic microorganisms in the area. The present research aimed to identify the influences of the effluent water plant and identify reduced concentrations of COD, TSS, TKN and Total Phosphate (PO_4) in septic tank effluent using Aquatic Plant Treatment reactor.

Batch method-based aquatic plant treatment reactor exploiting Caladium was used in the research. Reactor dimensions were 0.60 m x 0.45 m x 0.35 m and 4 days detention time. The reactor was divided into 5 (five), namely: reactor 1 with 6 plants, reactor 2 with 4 plants, reactor 3 with 2 plants, reactor with septic tank effluent but with no plant and reactor with plant, but with no effluent.

It was found that septic tank effluent was able to improve the growth of caladium and Aquatic treatment system of septic tank effluent was effective to reduce COD, TSS, and TKN concentration. Efficiency percentage of parameters studied were 5.18 % to 85.28 % , 8.62 % to 87,80 % and 32.75 % for 77.41 % , for COD, TSS, and TKN, respectively. However, the this researc was not effective to reduce total phosphate.

Key words: **Aquatic plant treatment, COD, Septic tank effluent, caladium, Total Phosphate, TSS, TKN.**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air limbah yang dihasilkan dari aktifitas manusia tidak saja mempengaruhi aspek lingkungan dan kesehatan, bahkan akan mempengaruhi produktifitas kerja manusia yang tinggal di dalam lingkungan yang tidak sehat disebabkan meningkatnya populasi, perubahan gaya hidup dan aktivitas lainnya, sehingga diperlukan adanya pengolahan air buangan untuk memperbaiki kualitas air buangan yang akan dibuang ke lingkungan.

Sistem Pembuangan kotoran manusia sangat erat kaitannya dengan kondisi lingkungan dan risiko penularan penyakit khususnya penyakit saluran pencemaran. Hal ini terjadi di DKI Jakarta, Sering dijumpai penduduk di 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 tiadanya sistem resapan, septic tank berlantai tanah sehingga mencemari sumur di sekitarnya, saluran drainase kotor dan berbau berasal dari septic tank yang sudah penuh (Tempo, 2003).

Umumnya pengolahan air buangan yang dimiliki oleh penduduk adalah sistem *on-site* yang terdiri dari *septic tank* untuk mengendapkan padatan. Penggunaan *effluent septic tank* merupakan konsep pembangunan dan 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.

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 menggunakan tanaman yang mempunyai kemampuan mengolah limbah organik.. Tanaman Keladi (*Calladium*) salah satu tanaman air yang mampu mengolah limbah domestik dimana menggunakan *effluent septic tank* untuk pertumbuhan dan menurunkan kandungan yang berbahaya untuk meminimalisasinya agar aman untuk dibuang.

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

Pemanfaatan kembali *effluent septic tank* dapat membuat rancangan sistem pengolahan limbah domestik yang mudah, murah dan efisien dalam rangka memperbaiki kualitas sanitasi lingkungan melalui pemanfaatan tanaman Keladi (*Calladium*) untuk menurunkan kadar COD, TSS, Total N dan Total Phosphat dengan menggunakan sistem *Aquatic Plant Treatment*.

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh pemakaian *effluent septic tank* terhadap pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*).
2. Mengetahui penurunan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P dalam *effluent septic tank* dengan reaktor *Aquatic Plant Treatment*.

1.4 Manfaat

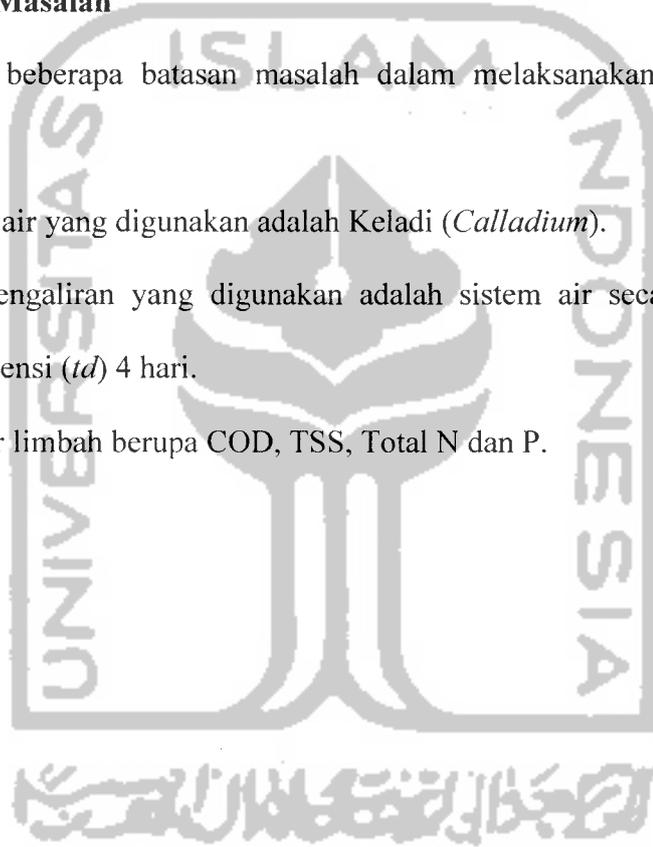
Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Agar *effluent septictank* dapat dimanfaatkan kembali sebelum dibuang.
2. Sebagai tambahan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*).

1.5 Batasan Masalah

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

1. Tanaman air yang digunakan adalah Keladi (*Calladium*).
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 P.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem *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 produk-produk yang aman untuk tujuan hasil dari *Agricultural*.

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.

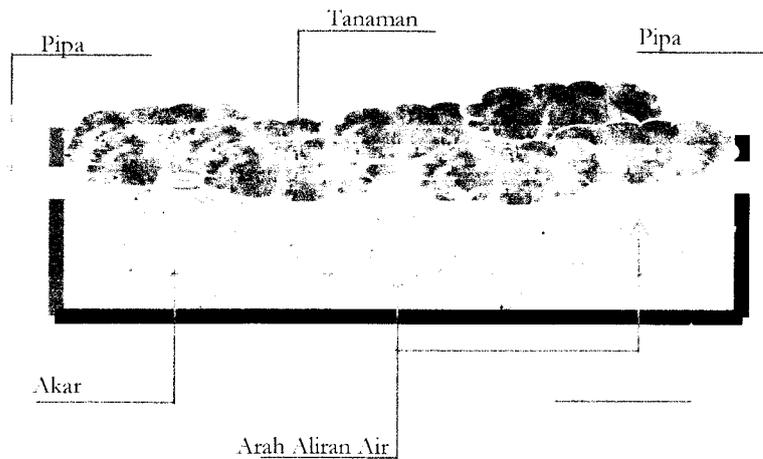
Ekologi sanitasi menggantikan alam dengan cara mengembalikan nutrisi tanaman yang terkandung dalam *urine* dan kotoran manusia kembali ke tanah. Jadi *urine* dan kotoran manusia dimanfaatkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan dan struktur tanah serta kandungan nutrisinya. (Mayung, 2004)

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 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* :



Gambar 2.1 Aquatic Plant Treatment

2.2 Sistem Aquatic Plant Treatment

Sistem ini telah banyak digunakan diberbagai negara untuk meningkatkan kualitas air buangan, salah satu negara yang telah meneliti *Aquatic Plant Treatment* adalah Amerika dengan menggunakan tanaman bakung (*Elchhomia Crasslpes*). Alasan penggunaan tanaman bakung (*Elchhomia Crasslpes*) karena mempunyai sistem akar yang banyak dan tingkat pertumbuhan tinggi.

Tabel 2.1 Penelitian Aquatic Plant System yang telah dilakukan

Project	Flow (m ³ /d)	Plant type	BOD ₅ mg/ L		SS mg/ L		Percent Reduction		Hydraulic Surface Loading rate m ³ / ha-d
			influent	effluent	influent	effluent	BOD5	SS	
Orlando, FL	30.280	Water Hyacinth	4.9	3.1	3.8	3	37	21	2.525
San Diego, CA	378	Water Hyacinth	160	15	120	20	91	83	590
NSTL, MS	8	Duckweed & Penny-wart	35	5.3	47.7	11.5	85	76	504
Austin, TX	1.700	Water Hyacinth	42	12	40	9	73	78	140
N.Biloxi, MS (Cedar Lake)	49	Duckweed	30	15	155	12	50	92	700
Disney World, FL	30	Water Hyacinth	200	26	50	14	87	72	300

Sumber : Penelitian di Cincinnati, (1988)

2.3. Parameter yang terdapat di *Aquatic Plant Treatment*

2.3.1 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 teroksidasi diukur dengan menggunakan senyawa oksidator 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 buangan perantara oksidasi kuat dalam suasana asam (Benfield dan Randall, 1980).

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

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

2.3.2 Padatan Tersuspensi (TSS)

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

sisa-sisa tanaan dan invertebrata serta aktivitas vertebrata. Sisa-sisa tanaman meliputi : biji, serbuk, daun dan batang yang mati dan jatuh ke dalam *aquatic plant treatment*. Padatan tersuspensi di dalam *aquatic plant treatment* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam air, alga atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfide (USEPA, 1999).

Tanaman dalam *aquatic plant treatment* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat di dalam *aquatic plant treatment* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot atau *flok-flok* (Merz, 2000). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *aquatic plant treatment* (Merz, 2000).

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 plant treatment* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi dan proses adhesi dari partikel yang halus dan kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan (Kadlec and Knight, 1996).

Hubungan yang terjadi di lapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *aquatic plant treatment* secara umum dapat menggunakan persamaan (Reed, 1995).

$$\text{SS effluent} = \text{SS influent} \times (A \times B \times \text{HLR}) \dots\dots\dots ()$$

- Dimana : A = 0.1139
 B = 0.00213
 SS = padatan tersuspensi (mg/l)
 HLR = hydraulic loading rate (cm/hari)

2.3.3 Siklus Nitrogen

Proses transformasi dan interaksi dan nitrogen dalam tanah, sedimen, permukaan air dan substrat yang berada di dalam *aquatic plant treatment* sangat kompleks. Formasi dari nitrogen dalam tanah dan sedimen adalah tanaman dan sisa tanaman serta protein bakteri yang hidup dan mati (Novotny dan Ote, 1994). Beberapa penelitian berhubungan dengan kandungan dari nitrogen pada suatu kawasan dinyatakan sebagai *Total Kjeldhal N* (TKN) atau sebagai Total N. Total Kjeldal N adalah jumlah untuk reduksi nitrogen sama dengan jumlah organik dan anorganik dan pada dasarnya merupakan penjumlahan dari TKN, NO₃, dan NO₂-N (Kadlec and Knight, 1996). Sumber N dalam *aquatic plant treatment* berasal dari :

- a. Proses presipitasi 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 system pengolahan Aquatic
- (Reddy and Patrick, 1984).

Beberapa proses dapat *en-transport* dan mentranslokasi kandungan N dari satu sifat kesifat lain dalam *aquatic plant treatment* tanpa adanya proses transformasi molukel, proses tersebut diantaranya adalah (Kadlec and Knight, 1996) :

- a. Proses pengendapan partikel dan resuspensi,
- b. Proses difusi dari bentuk terlarut,
- c. Proses pembusukan,
- d. Proses penyerapan oleh tanaman dan tranlokasi,
- e. Proses penguapan dari NH_3 ,
- f. Penyerapan N terlarut dala substrat,
- g. Pelepasan benih, dan
- h. Migrasi dari organisme

Proses transformasi nitrogen terdiri dari mineralisasi (*aminonification*), nitrifikasi, 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 ammonia *volatillisation* 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).

2.3.3.1 Mineralisasi (Ammonifikasi)

Mineralisasi merupakan proses transformasi bahan organik menjadi bahan an-organiknya (Merz, 2000). Mineralisasi merupakan proses transformasi dan N organik secara biologis menjadi NH_4^+ yang terjadi selama proses degradasi bahan organik berlangsung (Gambrell and Patrick, 1978). Mineralisasi terjadi melalui 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 (Kadlec 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 (optial pada pH 6.5 dan 8.5), perbandingan karbon dan nitrogen (C/N ratio) dari *substrate*, tersedianya *nutrient* di dalam tanah dan sifat dari tanah seperti struktur dan tekstur tanah (Reedy and Patrick, 1988). Proses mineralisasi bahan organik melepaskan ion ammonium. Ammonium berada dala kesetimbangan dengan bebas dari ammonia dan dikontrol oleh pH. Ammonia mudah menguap pada pH tinggi, sehingga kehilangan gas

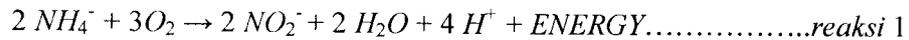
ammonia dapat melalui penguapan, tetapi dalam kondisi alamiah kehilangan nitrogen proses tersebut biasanya minimal.

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 bisa terjadi dengan signifikan (Merz, 2000).

2.3.3.2 Nitrifikasi

Setelah ion NH_4^+ terbentuk melalui proses mineralisasi masih ada beberapa perjalanan dari nitrogen yang akan terjadi, diantaranya di serap oleh akar tanaman atau digunakan oleh mikroorganisme an-aerobik dan diubah menjadi bahan organik, terjadi proses *ion exchange* oleh partikel tanah, atau akan mengalami proses nitrifikasi (Mitsch and Gosselink, 1993). Nitrifikasi merupakan proses oksidasi secara biologi dari ammonium-N menjadi nitrat-N (NO_2^-) sebagai produk *intermediate* (Lee, 1999).

Sebagian besar mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai 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 kemoautotrophik 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 nitrite menjadi nitrate :



Dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* sp.

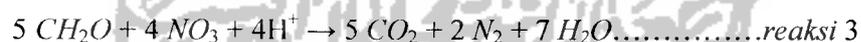
Bakteri nitrifikasi memerlukan karbondioksida sebagai sumber karbon dan akan berhenti berkembang serta melakukan proses nitrifikasi apabila persediaan karbondioksida terbatas (Merz, 2000). Pertumbuhan bakteri nitrifikasi relatif sangat lambat dibandingkan dengan bakteri heterotrophik, oleh karena itu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

Tanaman air *Macrophyte Emergent* merupakan elemen paling penting di dalam *wetlands* 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 karbondioksida, kepadatan populasi dan bakteri nitrifikasi, temperatur, pH dan alkalinitas (Merz, 2000). Dalam *wetlands* proses nitrifikasi dapat terjadi apabila 1) Kolom air berada di atas tanah basah (Reedy and Patrick, 1984), 2) Ketebalan lapisan untuk oksidasi pada permukaan tanah dalam *wetlands*, 3) Adanya oksidasi pada lapisan rhizosfer tanaman (Mitsch and Gosselink, 1993). Proses nitrifikasi

dapat terus berlangsung keadaan tingkat DO berada sekitar 0.3 mg/L (Reedy and Patrick, 1984).

2.3.3.3 Denitrifikasi

NO_3^- lebih aktif bergerak dibandingkan NH_4^+ didalam larutan. Jika NO_3^- mengalami asimilasi oleh tanaman, mikroba atau mengalir menuju air tanah dengan pergerakan yang cepat, tetapi NO_3^- mengalami proses denitrifikasi (Lee, 1999). Denitrifikasi adalah proses reduksi dari NO_3^- secara biologi menjadi bentuk gas seperti molekul N_2 , NO , NO_2 , dan N_2O (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*, *micrococcus*, *alcaligenes*, dan *spirillum* dapat menggunakan nitrat sebagai elektron akseptor selama proses respirasi. Organisme ini mengoksidasi bahan karbohidrat dengan dikonversi oleh NO_3^- menjadi karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan N dalam bentuk gas dan bahan oksida gas lainnya yang dapat dihasilkan dalam proses denitrifikasi (Reedy 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 (Reedy and Patrick, 1984).

2.3.3.4 Fiksasi Nitrogen

Fiksasi nitrogen merupakan proses yang sangat penting baik secara khusus maupun umum. Proses utamanya adalah untuk menjaga keseimbangan kehilangan N pada saat denitrifikasi. Fiksasi nitrogen adalah proses di mana gas N_2 di atmosfer didifusikan ke dalam larutan dan di reduksi lagi menjadi bahan N organik oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph*, alga biru-hijau, dan tanaman tinggi lainnya (Kadlec and Patrick, 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.

2.3.3.5 Asimilasi (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 (Kadlec and Knight, 1996). Tidak seperti tanaman darat, tanaman air dapat menggunakan ammonium sebagai sumber nitrogen dan penyerapan secara biologis dapat menghilangkan konsentrasi secara signifikan. Tanaman juga mengambil nitrogen dalam bentuk nitrat.

Mikroorganisme mengasimilasi *nutrient* untuk pertumbuhan, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph* (Kadlec 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 :

$$N_{total} \text{ effluent} = A \times B \times \ln(\text{HLR}) - C \dots \dots \text{eq. 2.6}$$

Dimana $A = 0.193$, $B = 1.55$ dan $C = 1.75$

N_{total} dalam mg/L

HLR dalam cm/hari

Tabel 2.2 Proses Transformasi Nitrogen

Proses	Substrat	Produk
Mineralisasi (1)	Bahan Organik	Ammonium
Biological Uptake (2)	Amonium, Nitrat	Organik Nitrogen
Nitrifikasi (3)	Ammonium	Nitrat
Dentrifikasi (4)	Nitrat	Gas Nitrogen
DNRA (5)	Nitrat	Ammonium
Volatilisasi (5)	Ammonium + pH tinggi	Gas Ammonium
Nitrogen fiksasi (6)	Ammonium + pH tinggi	Organik Nitrogen

Sumber : Ready and Patrick , 1984⁽¹⁾, Tijeje 1988⁽²⁾, Rysgaard et al. 1993⁽³⁾, Kaldec and Knight 1996⁽⁴⁾, IWA Spesialisasi Group 2000⁽⁵⁾, in Merz 2000⁽⁶⁾

2.3.3.6 Bakteri

Sebagian besar proses transformasi yang terjadi di dalam wetland berhubungan dengan proses metabolisme dari mikrobiologi dan secara langsung berhubungan dengan pertumbuhan mikrobiologi (Tanji, 1983). Nitrogen dan karbon merupakan sumber energi bagi mikroba, dimana karbon digunakan untuk membentuk biomassa dari mikroba dengan rumus $C_5H_7O_2N$ (Parnas, 1975).

Secara umum perlakuan di dalam wetland dilakukan oleh mikroorganisme *autotroph* dan *heterotroph*, partikulat dan bahan organik terlarut yang labil digunakan sebagai sumber karbon dan elektron donor bagi bakteri *heterotroph* (Gidley, 1995).

Pertumbuhan mikrobiologi ditentukan oleh keberadaan elektron donor dan akseptor, jumlah C dan N, serta kondisi lingkungan (temperatur, pH, ruang yang cukup dan sebagainya) (Grads and Lim, 1980 ; Reedy and Patrick, 1983). Kondisi optimal dari pertumbuhan bakteri umumnya berada pada pH antara 6-9, dengan temperatur antara 15 °C-40 °C (Fyock, 1977 ; Reedy and Patrick, 1983).

2.3.3.7 Vegetasi di Dalam *Aquatic Plant Treatment*

Fungsi dari tanaman di dalam *aquatic plant treatment* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan masa secara vegetatif yang dapat menghambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempelnya dan berkembangnya mikrobiologi, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepasnya karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba (USDA-NRCS, 2000). Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *treatment* ini adalah tanaman dapat mentransfer oksigen sampai ke lapisan akar (*root zone*). Karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam jika dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz, 2000).

2.3.4 Siklus Fosfat

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 organis. Orthofosfat adalah senyawa monomer seperti $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , sedangkan polifosfat (yang biasa disebut fosfat) merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksa metafosfat), $\text{P}_3\text{O}_{10}^{3-}$ (tripolifosfat) dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat). Fosfat organis adalah P yang terikat dengan senyawa-senyawa organis sehingga tidak berada dalam larutan secara lepas (Anonim, 1994).

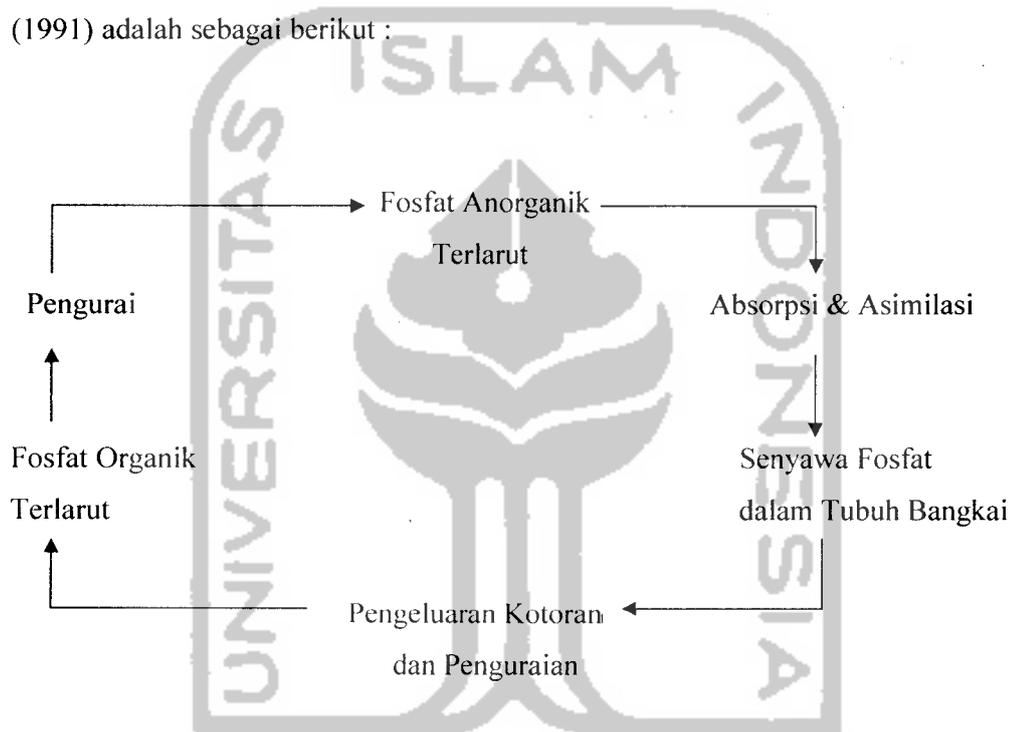
Berdasarkan ikatan kimia senyawa fosfat dibedakan sebagai yang disebut diatas yaitu, orthofosfat, polifosfat dan fosfat organis. Sedangkan klasifikasi penting lainnya berdasarkan kepada sifat fisisnya yaitu fosfat terlarut, fosfat tersuspensi (tidak terlarut) dan fosfat total (fosfat terlarut dan tersuspensi).

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 hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat organis yang terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organis dapat pula terjadi dari

orthofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena bakteri maupun tanaman menyerap bagi pertumbuhannya.

Umumnya tumbuhan menyerap P dalam bentuk PO_4^{3-} , HPO_4^- , H_2PO_4^- . pH tanah mengendalikan perimbangan 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 2.2 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 akuatik 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.

2.4 Tanaman Keladi (*Calladium*)

Tanaman ini merupakan tumbuhan yang tumbuh dengan baik di daerah tropis maupun sub tropis. Keladi dapat tumbuh di kolam maupun areal pertanaman padi, dengan tinggi batang kira-kira 25-45 cm.

Tanaman ini tumbuh memanjat ditunjang oleh akar angin yang juga menyuburkan tanaman sehingga ukuran daun menjadi lebih sehat.

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 siang hari $23^{\circ}C$ – $29^{\circ}C$ dan suhu malam hari sekitar $18^{\circ}C$ – $21^{\circ}C$.

3. Air

Air berperan penting dalam proses fotosintesis dan mengangkut bahan makanan ke seluruh 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 50%.

5. Udara

Kondisi lingkungan yang berudara segar sangat sangat penting bagi kehidupan tanaman *Calladium*. Dalam lingkungan yang berudara segar, tanaman dapat memperoleh O₂ untuk bernapas dan untuk membakar cadangan makanan agar dapat menghasilkan energi untuk pertumbuhan.

6. Perbanyak Tanaman

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

Pemilihan tanaman keladi air pada *Aquatic plant treatment* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman keladi air merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia.
2. Dari segi ekonomi tanaman keladi air relative murah.



Gambar 2.3 Tanaman Keladi (*Calladium*)

2.5 HIPOTESA

Pengaruh tanaman Keladi (*Calladium*) terhadap penggunaan *effluent septi tank* yaitu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*) dan dapat menurunkan konsentrasi kontaminan air buangan. Oleh karena itu disusun dua hipotesa, yaitu :

1. *Effluent septictank* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*)
2. Tanaman Keladi (*Calladium*) dapat menurunkan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P.

Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :

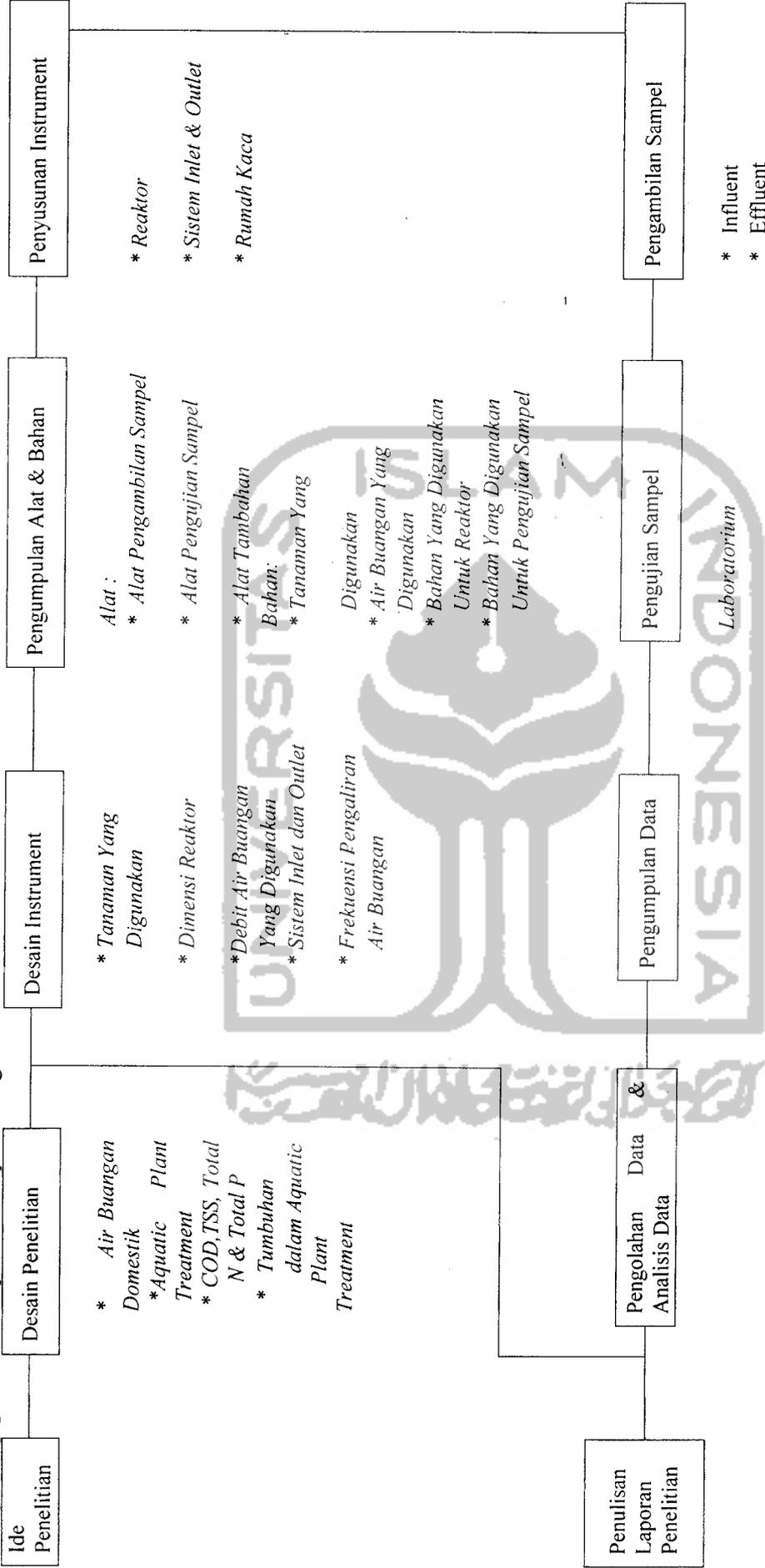


Diagram Alir Metode Penelitian

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

Waktu penelitian

Penelitian dilakukan selama 5 bulan :

Dari bulan November 2005 sampai dengan bulan April 2006

Alat dan Bahan yang digunakan

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

1. Alat dan bahan sampel
 - a. Tanaman Keladi (*Calladium*)
 - b. Air *septic tank* FTSP, UII
 - c. Reaktor *batch*

2. Alat untuk pengujian TSS

- a. Cawan Goch / penyaring lain yang dilengkapi penghisap atau penekan.
- b. kertas berpori 0.45 μm
- 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. Spektrofotometri
- b. Tabung pencernaan
- c. Pemanas dengan lubang- lubang penyangga tabung
- d. Mikroburet
- e. Labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, dan 1000 mL
- f. Pipet volum 5 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL
- g. Gelas piala

4. Alat untuk pengujian Total Nitrogen (TKN)

- a. Spektrofotometri dengan panjang gelombang 420 nm

- b. Alat penyuling yang terbuat dari gelas boroksilat dengan kapasitas labu 500 mL dan dilengkapi dengan alat pengatur suhu.
- c. Labu kjeldahl 500 mL
- d. Labu ukur 500 dan 1000 mL
- e. Gelas ukur 100 mL
- f. Pipet ukur 10 mL
- g. Labu Erlenmeyer 100 dan 250 mL
- h. Gelas piala 100 mL
5. Alat untuk pengujian Total Phosphat (Total P)
- a. Spektrofotometri dengan panjang gelombang 660 nm
- b. Pemanas listrik dengan kapasitas pemanasan 300° C dan dilengkapi pengatur suhu.
- c. Labu ukur 100 dan 1000 mL
- d. Gelas piala 100 mL
- e. Pipet ukur 10 mL
- f. Pipet seukuran 1,5,10, dan 25 mL
- g. Labu mikro kjeldahl 250 mL

3.2 Parameter yang diteliti

Tabel 3.1 Metode Pengujian Sampel

Parameter	Metode Pengujian
Umur tanaman	-
Lebar dan jumlah daun	-
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.

3.3 Cara kerja

1. Analisis parameter.

- a) **Konsentrasi COD.** Analisa konsentrasi **COD** dilakukan dengan menggunakan SNI 06-6989.2-2004.
- b) **Umur tanaman.** Umur tanaman dianalisa secara langsung berdasarkan kalender dan hasil yang didapat secara Visual.
- c) **Total N.** Kandungan yang terserap dalam tanaman dilakukan dengan menggunakan SK SNI M-47-1990-03.
- d) **Total P.** Kandungan yang terserap dalam tanaman dilakukan dengan menggunakan SK SNI M-52-1990-03.

- e) **Konsentrasi TSS.** Analisa konsentrasi TSS dilakukan dengan menggunakan SNI.

2. Reaktor *Aquatic Plant Treatment*

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan 3 unit reaktor *batch* dengan dimensi yang sama untuk setiap reaktor dengan setiap reaktor adalah sebagai berikut:

- a. Reaktor 1 dialiri konsentrasi 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Keladi Air (*Calladium*) sebanyak 6 tanaman.
- b. Reaktor 2 dialiri konsentrasi 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Keladi Air (*Calladium*) sebanyak 4 tanaman.
- c. Reaktor 3 dialiri konsentrasi 100 % air buangan dengan ditanami tanaman Keladi Air (*Calladium*) sebanyak 2 tanaman.
- d. Reaktor blanko dengan 2 tanaman Keladi Air (*Calladium*) dialiri konsentrasi 100 % air buangan.
- e. Reaktor dengan 2 tanaman keladi Air (*Calladium*) dialiri dengan air bersih.

a. Perencanaan reaktor *continue Aquatic Plant Treatment*

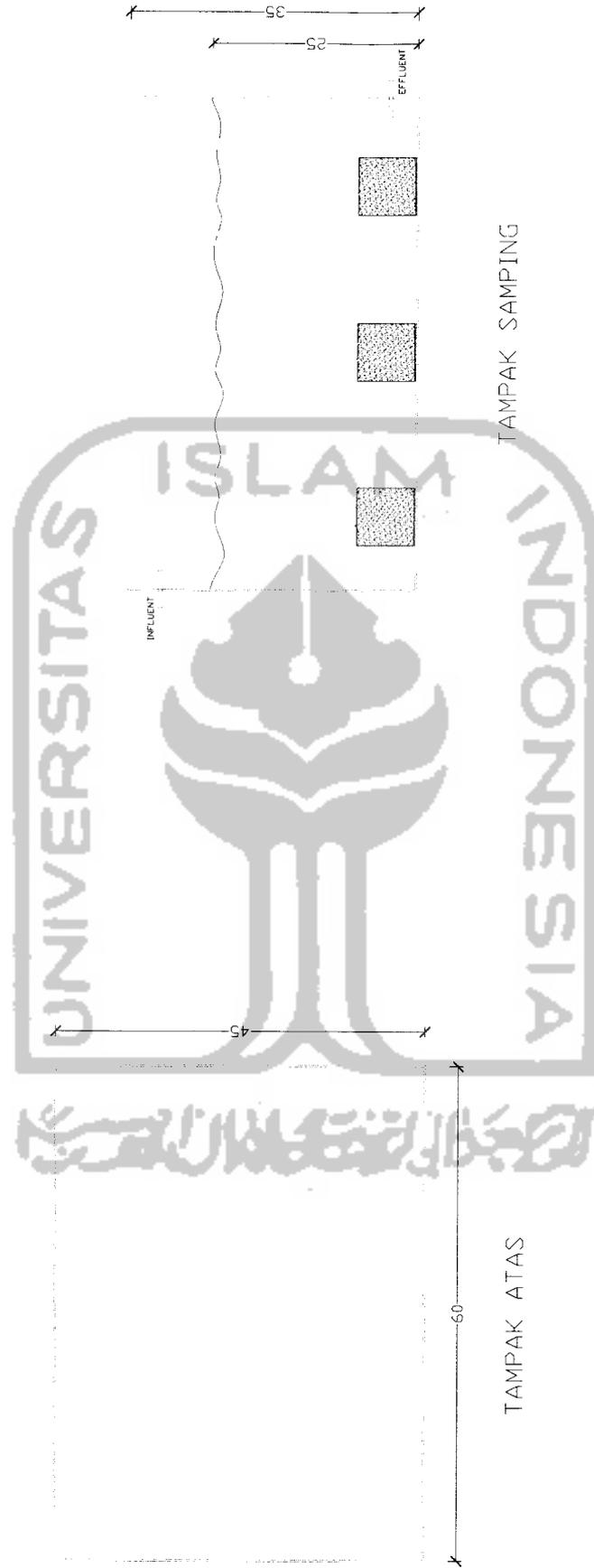
- Hydraulic detention time, $t = 4$ hari
- Kedalaman air, $d = 20$ cm
- Lebar = 45 cm
- Panjang = 60 cm
- Freeboard = 10 cm

Tabel 3.2 Perhitungan Dimensi Reaktor

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Panjang	L	0.60	m		
Lebar	W	0.45	m		
Ketinggian Air	d	0.25	m		
Volume Reaktor	V	0.0945	m ³	$P \times l \times t$	
Debit	Q	0.0236	m ³ /hari	$Q = \frac{V}{td}$	

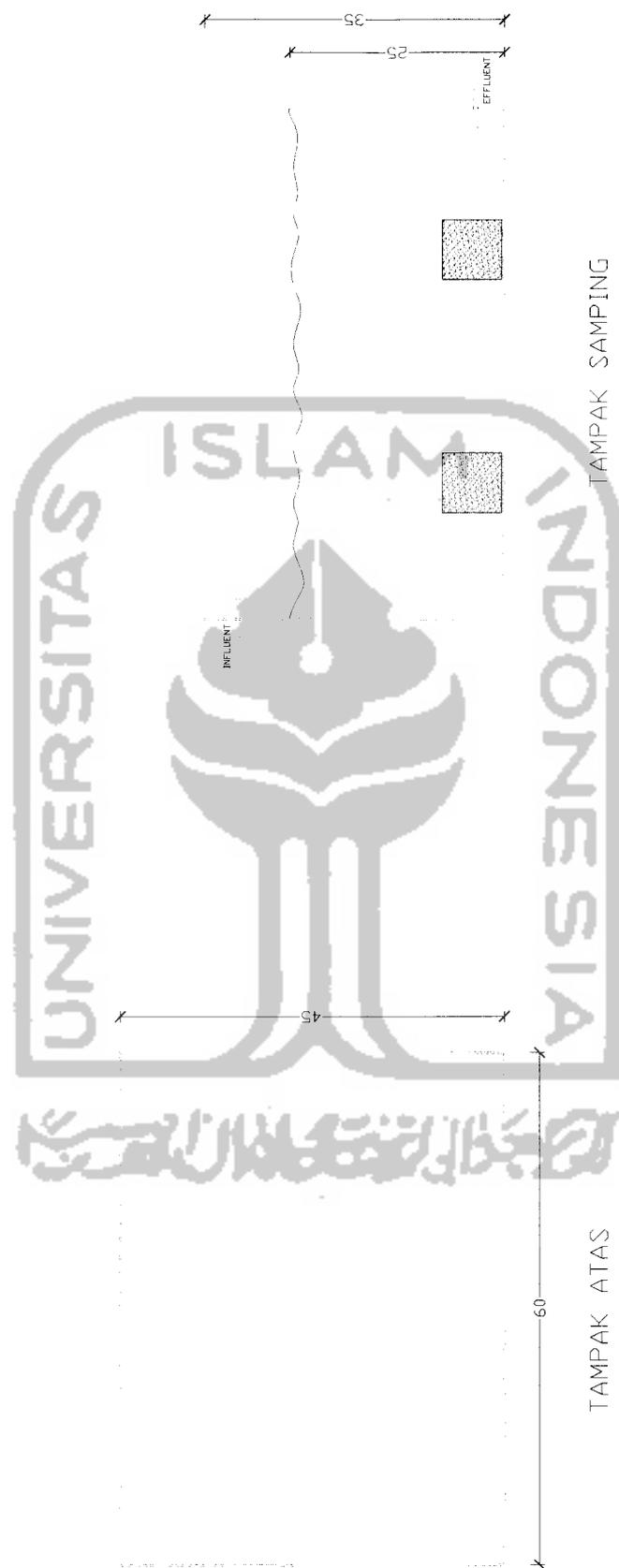


REAKTOR I



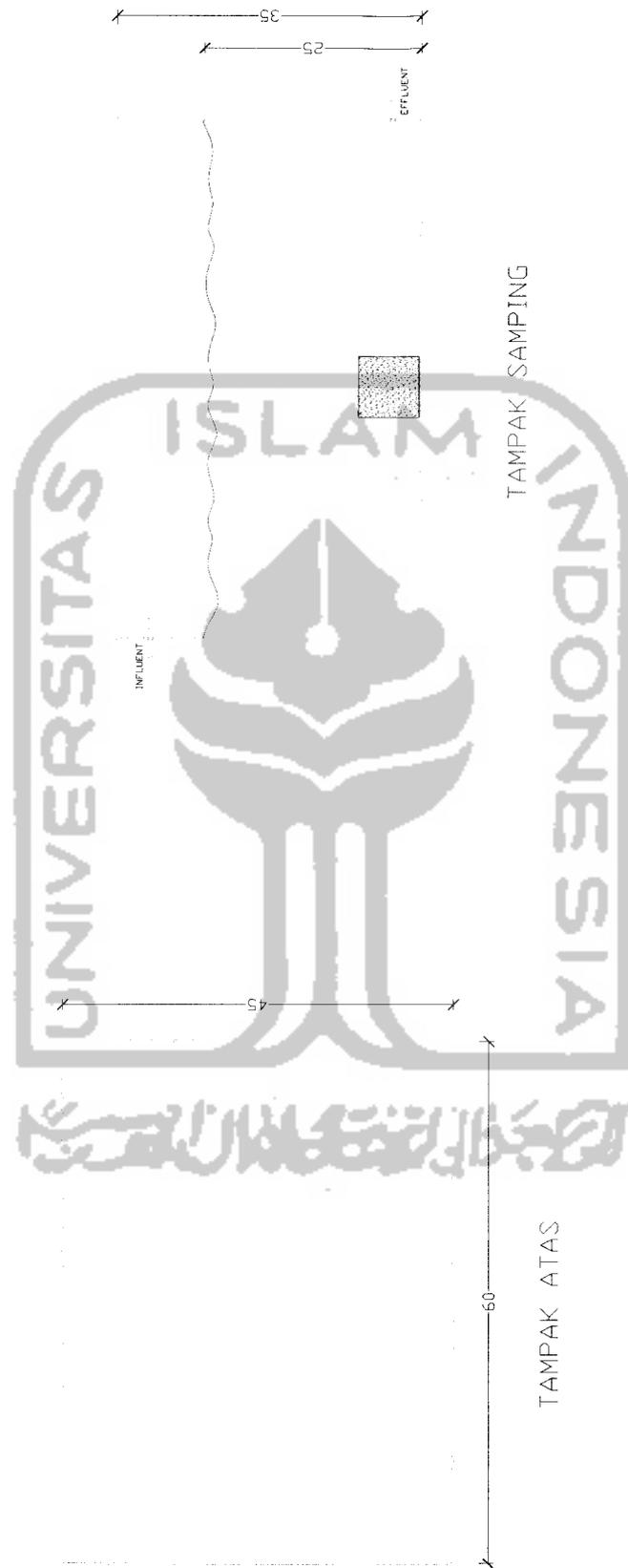
Gambar 3.1 Reaktor 1 dengan Variasi 6 Tanaman

REAKTOR 2



Gambar 3.2 Reaktor 2 dengan Variasi 4 Tanaman

REAKTOR 3



Gambar 3.3 Reaktor 3 dengan Variasi 2 Tanaman

b. Perencanaan sistem Inlet:

- Inlet menggunakan pipa PVC dengan diameter ½ in
- Tinggi pipa inlet, $h_i = 22$ cm

c. Perencanaan sistem outlet:

- Outlet menggunakan pipa PVC dengan diameter ½ in
- Tinggi pipa outlet, $h_o = 5$ cm

3. Frekwensi Pengambilan Sample

Penganbilan sampel air buangan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Dalam melakukan pengambilan sample 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						√

3.4 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: η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)



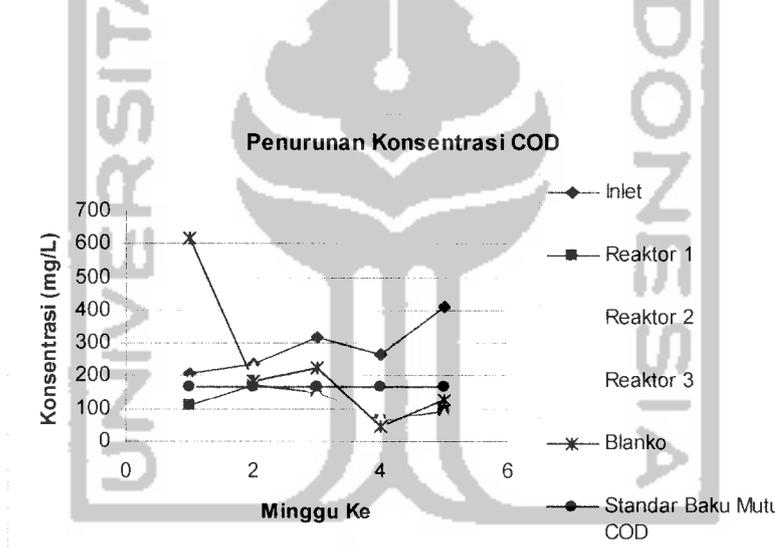
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kualitas Air Limbah *Effluent Septictank*

4.1.1 Penurunan Konsentrasi COD di *Aquatic Plant Treatment*

Proses penurunan kandungan pencemar COD dalam air limbah *septic tank* dengan menggunakan sistem pengolahan *aquatic* yang menggunakan variasi tanaman yaitu 6, 4, dan 2 tanaman dengan waktu detensi (*td*) 4 hari. Di bawah ini dapat dilihat grafik hasil analisa laboratorium terhadap penurunan COD masing-masing reaktor :



Gambar 4.1 Grafik penurunan konsentrasi COD pada inlet dan outlet

Berdasarkan gambar 4.1 efisiensi penurunan konsentrasi menunjukkan variasi penurunan COD berdasarkan tingkat konsentrasi air limbah dalam reaktor berbeda-beda, dengan variasi tanaman dan waktu detensi (*td*), yaitu pada reaktor 1 dengan variasi 6 tanaman mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar

58,99% dengan konsentrasi awal (C_0) 287,77 mg/L menjadi 118,00 mg/L. Untuk reaktor 2 dengan variasi 4 tanaman, penurunan konsentrasi sebesar 51,31 % dengan konsentrasi awal (C_0) 287,77 mg/L menjadi 140,11 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan variasi 2 tanaman menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 56,51% dengan konsentrasi awal (C_0) 287,77 mg/L menjadi 124,86 mg/L. Pada reaktor control (*Blanko* air limbah *effluent septic tank* tanpa tanaman) menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 16,33 % dengan konsentrasi akhir (C_a) 240,79 mg/L. Data nilai konsentrasi inlet dan outlet serta efisiensi penurunan COD dapat dilihat pada lampiran (1).

Gambar 4.1 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi COD pada minggu pertama. Untuk reaktor *blanko* (tanpa tanaman), peningkatan terjadi dari konsentrasi 209,39 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 Saefumillah. A (Kompas,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

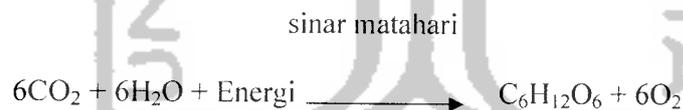
bakteri yang menggunakan oksigen untuk mendegradasi bahan organik. Dengan proses respirasi sebagai berikut:



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.

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*.

Proses fotosintesis :



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 nutrient 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.

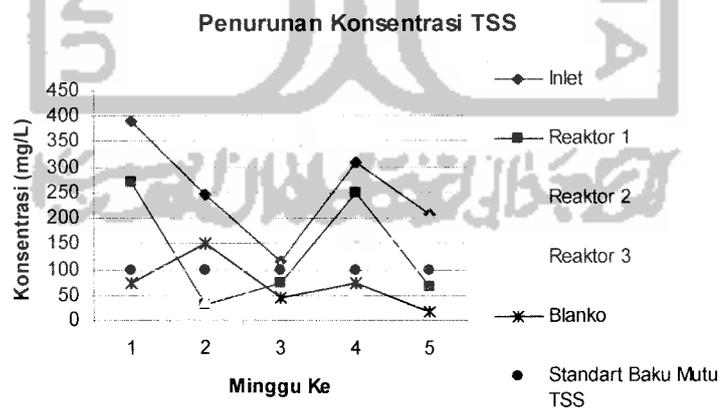
Penurunan konsentrasi COD pada reaktor 1 (variasi 6 tanaman) karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman yang ada dalam sistem *aquatic plant treatment*. Karena tanaman sangat berperan dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam limbah *septic tank*. Penguraian bahan organik oleh bakteri dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis. Pada reaktor *blanko* (Limbah tanpa tanaman) mengalami peningkatan konsentrasi disebabkan karena populasi alga dan bakteri. Tersedianya nutrisi dan sinar matahari yang cukup sangat mendukung pertumbuhan alga. Pertumbuhan alga dapat dicegah dengan menanam tanaman air. Untuk reaktor 3 (variasi 2 tanaman) penurunan konsentrasi COD sama halnya dengan reaktor 1, hanya saja penurunannya masih lebih baik pada reaktor 1 dengan 6 tanaman. Hal ini dikarenakan pada reaktor 3 jumlah tanaman sedikit (2 tanaman) sehingga hanya mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 56,61 %. Reaktor 2 (variasi 4 tanaman) penurunan konsentrasi limbah tidak secepat bila dibandingkan dengan reaktor 1 dan reaktor 3 disebabkan adanya daun tanaman yang mati jatuh ke kolom air sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan bahan organik yang berakibat meningkat pula konsentrasi COD dalam *aquatic plant treatment*.

Dari pembahasan di atas dapat diketahui bahwa penurunan konsentrasi COD paling baik terdapat pada reaktor 1 dengan efisiensi penurunan sebesar

58,99 % dengan konsentrasi akhir 118,00 mg/L yang berarti hipotesa mengenai tanaman keladi air (*Calladium*) dapat menurunkan konsentrasi COD adalah benar dan tidak melebihi standart baku mutu limbah cair domestic yaitu sebesar 167 mg/L.

4.1.2 Penurunan Konsentrasi TSS di *Aquatic Plant Treatment*

Proses penurunan kandungan partikel – partikel *solids* dalam air limbah yang diolah dengan menggunakan sistem pengolahan *natural treatment aquatic plant* ini terjadi dikarenakan adanya proses flokulasi, sedimentasi, dan proses filtrasi, intersepsi serta proses absorbent dalam reaktor. Hasil analisa laboratorium dalam penelitian ini, dimana dilakukan pengolahan air limbah septic tank dengan memanfaatkan tanaman air yaitu tanaman Keladi Air dengan melakukan variasi tanaman yaitu 6, 4, dan 2 tanaman dengan waktu detensi (*td*) 4 hari. Berikut grafik hasil analisa laboratorium terhadap variasi tanaman:



Gambar 4.2 Grafik penurunan konsentrasi TSS pada inlet dan outlet

Berdasarkan gambar 4.2 dari efisiensi penurunan konsentrasi TSS pada reaktor 1 menggunakan variasi tanaman 6 mampu menurunkan konsentrasi sebesar 45,58 % dengan konsentrasi awal (C_0) 253,6 mg/L menjadi 138 mg/L. Begitu juga yang terjadi pada reaktor 2 dengan 4 tanaman terjadi penurunan yang nyata yaitu sebesar 57,97 % dengan konsentrasi awal yang sama menjadi 106,6 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan 2 tanaman juga terjadi penurunan yaitu sebesar 51,81% dengan konsentrasi akhir (C_a) 122,2 mg/L. Pada reaktor control (*Blanko* air limbah *effluent septic tank* tanpa tanaman) juga terjadi penurunan pada konsentrasi sebesar 71,37 % dengan konsentrasi akhir (C_a) 72,6 mg/L. Data nilai konsentrasi inlet dan outlet serta efisiensi penurunan TSS dapat dilihat pada lampiran (1).

Proses removal partikel – partikel *solids* (TSS) dalam penelitian ini terjadi akibat adanya peranan tanaman, media tanah serta mikroorganisme dalam *aquatic plant treatment*. Proses yang paling berperan adalah proses fisika meliputi proses sedimentasi, agregasi, filtrasi dan intersepsi. Dengan aliran yang pelan maka padatan tersuspensi membentuk flok-flok dengan diameter yang semakin lama semakin membesar (proses flokulasi) dan semakin berat yang akhirnya mengendap di dasar dan membentuk sedimen (proses sedimentasi). Proses flokulasi terjadi pada semua reaktor *aquatic* baik yang ada tanamannya maupun tidak. Partikel yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan tanah dan kolom air. Proses

intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *aquatic*.

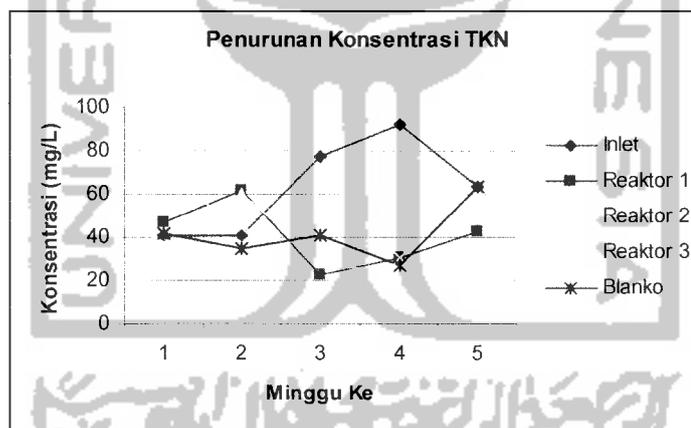
Penurunan kadar TSS juga dapat disebabkan karena padatan atau partikel – partikel solid dalam sistem pengolahan *aquatic* membentuk gumpalan partikel yang lebih besar (*flok*) atau disebut dengan proses flokulasi yang kemudian mengendap diatas permukaan tanah (proses sedimentasi) (Merz, 2000). Temperatur dan hembusan angin tidak berpengaruh secara langsung terhadap terjadinya resuspensi padatan yang sudah mengendap karena lapisan sedimentasi berada di bawah permukaan air.

Proses penurunan parameter TSS terlihat stabil terjadi pada reaktor control (*blanko*) tanpa tanaman Keladi Air yaitu disebabkan adanya aktivitas mikroba dalam mengubah bahan organik dan anorganik menjadi nutrient dan energi. Sedangkan pada proses penurunan konsentrasi TSS pada reaktor 2 variasi 4 tanaman lebih baik dibandingkan pada reaktor 1 variasi 6 tanaman hal ini dikarenakan pada proses sedimentasi tanaman dengan variasi 4 tanaman mampu meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi mixing pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan lapisan sedimentasi. Begitu juga pada perbandingan reaktor 2 dan reaktor 3 (variasi 2 tanaman), Penurunan konsentrasi masih lebih baik pada reaktor 2 yang juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya oleh formasi bakteri, alga, dan tanaman yang ada pada reactor. Pada reaktor 3 (2 tanaman) penurunan konsentrasi juga lebih baik bila dibandingkan dengan reaktor 1 (6 tanaman) karena tanah yang tersedia pada reaktor 3 lebih sedikit.

Dari uraian diatas, diketahui bahwa proses penurunan TSS yang paling baik terdapat pada reaktor blanko (tanpa tanaman) sebesar 71,37 % dari konsentrasi awal 253,6 mg/l menjadi 72,6 mg/l maka hal tersebut tidak sesuai dengan hipotesa dimana tanaman dapat menurunkan konsentrasi TSS. Penurunan pada blanko (tanpa tanaman) dapat dikatakan baik, sebab memenuhi standar baku mutu untuk TSS sebesar 100 mg/l..

4.1.3 Penurunan Total Nitrogen (TKN) di *Aquatic Plant Treatment*

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



Gambar 4.3 Grafik penurunan konsentrasi TKN pada inlet dan outlet

Berdasarkan gambar 4.3 efisiensi penurunan Total N (TKN) pada reaktor 1 dengan menggunakan variasi 6 tanaman mampu menurunkan konsentrasi sebesar 35,23 % dengan konsentrasi awal (C_0) 62.83 mg/L menjadi 40,69 mg/L.

Untuk reaktor 2 dengan variasi 4 tanaman penurunan konsentrasi yang didapat dari hasil rata-rata sebesar 26,31% dengan konsentrasi akhir (Ca) 46,298 mg/L. Sedangkan pada reaktor 3 dengan variasi 2 tanaman penurunan konsentrasi rata-rata adalah sebesar 33,67% dengan konsentrasi akhir (Ca) 41,674 mg/L dan pada reaktor *control* (*Blanko* air limbah *effluent septic tank* tanpa tanaman) penurunan konsentrasi sebesar 34,10% dengan konsentrasi akhir (Ca) 41,406 mg/L. Data nilai konsentrasi inlet dan outlet serta efisiensi penurunan dapat dilihat 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 *aquatic plant treatment* 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*.

Proses penurunan konsentrasi TKN (total N) pada reaktor 1 (6 tanaman) lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor 2 (4 tanaman), reaktor 3 (2 tanaman)

serta pada reactor blanko (limbah tanpa tanaman) karena jumlah tanaman berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi nitrogen. Hal ini juga tidak berbeda jauh dengan reactor blanko (tanpa tanaman) yang mampu menurunkan konsentrasi nitrogen lebih baik dibandingkan dengan reactor 2 dan reactor 3 karena adanya alga yang tumbuh dengan cepat, sebab sinar matahari dapat masuk ke dalam reactor dan di dalam reactor terdapat nutrisi untuk pertumbuhannya. Pada reactor 3 (2 tanaman) hanya berbeda sedikit dengan reactor blanko dikarenakan jumlah tanaman yang sedikit kemampuan menyerap kandungan nitrogen tidak maksimal. Sedangkan untuk reactor 2 dengan 4 tanaman tidak mampu menyerap semua kandungan nitrogen yang ada di dalam reactor tersebut.

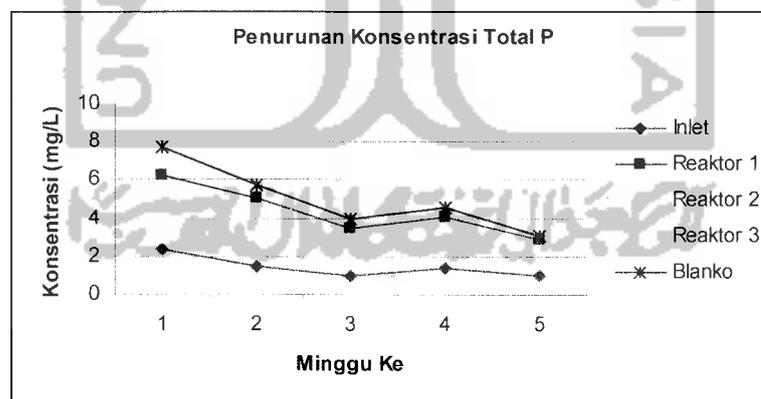
Dari pembahasan di atas maka dapat diketahui bahwa dalam penurunan konsentrasi TKN yang paling baik terdapat pada reactor 1 lebih efektif dibandingkan dengan reactor 2 dan reactor 3, maka hal tersebut sesuai dengan hipotesa dimana tanaman dapat menurunkan konsentrasi TKN.

Tanaman air mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, batang, akar dan kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran tanaman. Hal ini dimungkinkan karena jenis tanaman air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transformasi oksigen di atmosfer ke bagian perakaran. Terjadinya daerah *Rhizosphere* yang bersifat aerob memungkinkan aktivitas pertumbuhan genetik bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (nitrogen, fosfor) meningkat. (Anonim, 1997)

Siklus nitrogen merupakan salah satu siklus yang sangat sulit untuk dipelajari karena ada banyak sekali formasi dari nitrogen yang sangat penting serta peranan mikroorganismenya yang berperan didalamnya. Total nitrogen merupakan hasil dari penjumlahan dari organik N, ammonia, nitrit, dan nitrat (Kaldec and Knight, 1996). Bakteri yang ada di dalam *aquatic* mengubah bahan organik menjadi ammonia, ammonia kemudian dikonversi menjadi nitrit dan nitrat dalam proses nitrifikasi kemudian nitrat diubah menjadi gas nitrogen melalui proses denitrifikasi.

4.1.4 Penurunan Phosphat (Total P) di *Aquatic Plant Treatment*

Proses penurunan kandungan fosfat dalam *effluent septictank* yang diolah dengan menggunakan sistem pengolahan *Aquatic Treatment* ini menunjukkan hasil analisa yang naik. Berikut grafik hasil analisa laboratorium terhadap penurunan phosphat :



Gambar 4.4 Grafik penurunan konsentrasi Total P pada inlet dan outlet

Berdasarkan gambar 4.4 efisiensi penurunan konsentrasi Total Phosphat (Total P) pada minggu pertama sampai minggu kelima mengalami kenaikan yang cukup tinggi, baik pada reaktor 1, 2, 3 maupun reaktor kontrol (tanpa tanaman). Pada reaktor 1 dengan 6 tanaman, kenaikan yang paling tinggi dari hasil rata-rata yang diperoleh sebesar -198,89% dengan konsentrasi awal (C_0) 1,44 mg/L menjadi 4,32 mg/L. Untuk reaktor 2 dengan 4 tanaman, mengalami kenaikan efisiensi sebesar -76,73% dengan konsentrasi awal yang sama menjadi 2,55 mg/L sedang pada reaktor 3 dengan 2 tanaman nilai efisiensi yang diperoleh sebesar -131,99% dengan konsentrasi akhir (C_a) 3,35 mg/L dan untuk reaktor *blanko* air limbah effluent septictank tanpa tanaman, nilai effisiensinya sebesar -245,29% dengan konsentrasi akhir (C_a) 4,99 mg/L. Data nilai konsentrasi inlet dan outlet serta efisiensi penurunan Total Phosphat dapat dilihat pada lampiran (2).

Pada penelitian ini menggunakan bantuan media tanah yang di tempatkan dalam polybag, dimana tanah tersebut sudah mengandung unsur phosphat buatan sehingga terjadi peningkatan. Sebab proses penghilangan phosphat lebih banyak terjadi dalam tanah daripada yang terjadi dalam air. Selain itu juga phosphat dapat meningkat karena pada tanaman *Aquatic* akan mengeluarkan phosphat dengan sendirinya (Standart Methode, 1997). Tanaman air mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, akar, batang, dan kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran tanaman. Hal ini dimungkinkan karena jenis tanaman air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transformasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran. Terjadinya daerah *Rizosphere* yang bersifat aerob memungkinkan aktivitas pertumbuhan genetik bakteri pengurai

bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (nitrogen, fosfat) meningkat. (Anonim, 1997). 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 (Rukaesih, 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.

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa tidak adanya proses penurunan terhadap Total P, proses yang terjadi malah sebaliknya yaitu penambahan konsentrasi. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesa dimana tanaman Keladi Air (*Calladium*) dapat menurunkan Total P.

4.2 Analisa Pertumbuhan Tanaman dalam Reaktor

Proses pengolahan kembali *effluent septictank* dengan sistem *Aquatic Plant Treatment* yang menggunakan tanaman Keladi Air (*Calladium*) sebagai media utama didalam menyerap nutrisi yang terkandung dalam limbah *septictank*, serta *removal* kandungan yang ditentukan dengan terjadinya penurunan konsentrasi dari parameter-parameter COD, TSS, Total N dan Total P Dengan variasi dan kondisi tanaman dalam reaktor sebagai berikut :

a. Reaktor 1 dengan 6 tanaman Keladi dalam reaktor ini dapat diharapkan terjadinya penyerapan nutrisi untuk pertumbuhan Keladi Air, serta proses meremoval kandungan limbah oleh media tanaman dan media dalam reaktor. Dalam pengambilan sampel yang dilakukan selama 5 minggu, ternyata reaktor dengan 6 tanaman ini mampu hidup dengan kondisi yang berhimpitan satu dengan yang lain, yang mengakibatkan terjadi perebutan dalam melakukan penyerapan oksigen, sehingga pertumbuhan dari tanaman tersebut tidak maksimal dengan jarak yang terlalu berdekatan. Proses-proses yang terjadi adalah penguraian limbah menjadi nutrisi bagi tanaman yaitu bahan organik yang terkandung dalam air limbah 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 terjadinya proses filtrasi limbah oleh media tanam. Penguraian limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh dalam reaktor ini sangat efektif hal ini dipengaruhi oleh daya serap akar terhadap limbah sangat baik. Berikut gambaran kondisi pertumbuhan Keladi Air pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2.1 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-0

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	4(1)	L= 5; T= 23; P= 5
2	4	L= 5,5; T= 30; P= 5
3	5	L= 5; T= 31; P= 5
4	3(1)	L= 5; T=31; P= 5
5	4(1)	L= 5; T= 23; P= 5
6	3	L= 5; T= 32; P= 5

Tabel 4.2.2 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-4 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	5	L= 5.5; T= 25; P= 6,5
2	4	L= 6.5; T= 32; P= 6,5
3	5	L= 6; T= 31; P= 6,5
4	4	L= 6; T=31; P= 6,5
5	5	L= 6; T= 25; P= 6,5
6	3	L= 6; T= 34; P= 6,5

Tabel 4.2.3 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-8 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	3	L= 6; T= 26,5; P= 8,5
2	4(1)	L= 7; T= 34; P= 8,5
3	6(1)	L= 6.5; T= 33; P= 8,5
4	5(1)	L= 6.5; T= 33; P= 8,5
5	6(2)	L= 6 ; T= 28; P= 8,5
6	4(1)	L= 6; T= 39; P= 8,5

Tabel 4.2.4 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-12 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	5(1)	L=6.5; T= 28; P= 10
2	5(1)	L= 7; T= 34,5; P= 10
3	5	L= 7; T= 34; P= 10
4	6	L= 7; T= 34; P= 10
5	4(3)	L= 7; T= 31; P= 10
6	5	L=7; T= 40; P= 10

Tabel 4.2.5 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-16 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	5	L= 7; T= 30; P= 11,5
2	5	L= 7; T= 36; P= 11,5
3	6(1)	L= 7; T= 35; P= 11,5
4	5	L= 7; T= 35; P= 11,5
5	5	L= 7; T= 33; P= 11,5
6	5	L= 7; T= 40; P= 11,5

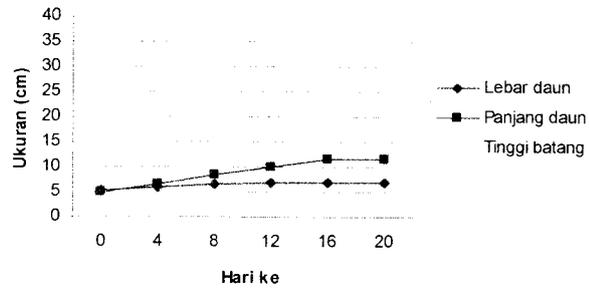
Tabel 4.2.6 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-20 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	4	L= 7; T= 32; P= 11,5
2	4	L= 7; T= 38; P= 11,5
3	6	L= 7; T= 36; P= 11,5
4	5	L= 7; T= 36; P= 11,5
5	4	L= 7; T= 35; P= 11,5
6	6	L= 7; T= 43; P= 11,5

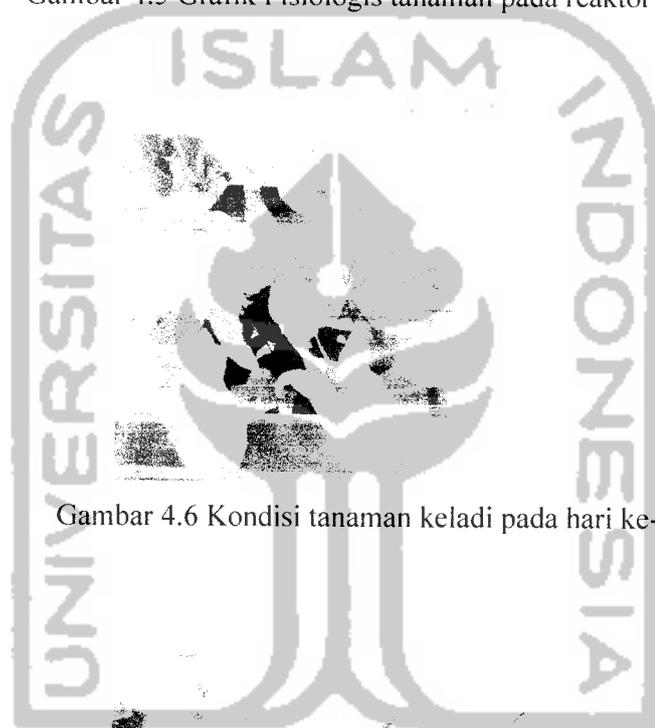
Keterangan : L = Lebar Daun; T = Tinggi Batang; P = Panjang daun

Jumlah daun berkurang karena layu tetapi ada tunas yang mau tumbuh.

Fisiologi Tanaman Keladi pada reaktor 1



Gambar 4.5 Grafik Fisiologis tanaman pada reaktor 1



Gambar 4.6 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-0



Gambar 4.7 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-20

b. Reaktor 2 dengan 4 tanaman Keladi dalam reaktor ini dapat diharapkan terjadinya penyerapan nutrisi untuk pertumbuhan Keladi Air, serta proses meremoval kandungan limbah oleh media tanaman dan media dalam reaktor. Proses yang terjadi dalam reaktor 2 ini dengan ditanami 4 tanaman juga sama dengan reaktor 1. Dalam pengambilan sampel yang dilakukan selama 5 minggu, ternyata reaktor dengan 4 tanaman ini mampu hidup dengan jarak yang sesuai kondisi tanaman satu dengan yang lain. Proses-proses yang terjadi adalah penguraian limbah menjadi nutrisi bagi tanaman yaitu bahan organik yang terkandung dalam air limbah 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 terjadinya proses filtrasi limbah oleh media tanam. Penguraian limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh dalam reaktor ini sangat efektif hal ini dipengaruhi oleh daya serap akar terhadap limbah sangat baik. Berikut gambaran kondisi pertumbuhan Keladi Air pada tabel dibawah ini

Tabel 4.2.7 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-0 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	5(1)	L= 6,5; T= 32; P= 5
2	3	L= 4,5; T= 24; P= 5
3	4	L= 6,5; T= 34; P= 5
4	2(1)	L= 4; T= 22; P= 5

Tabel 4.2.8 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-4 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 8; T= 34; P= 6,5
2	3	L= 5; T= 26; P= 6,5
3	4	L= 8; T= 36; P= 6,5
4	3	L= 5; T= 27; P= 6,5

Tabel 4.2.9 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-8 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 8; T= 35; P= 9
2	4	L= 5; T= 28; P= 9
3	5	L= 8; T= 41; P= 9
4	3	L= 5; T= 27; P= 9

Tabel 4.2.10 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-12 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 9 ; T= 39; P= 11,5
2	3(1)	L= 5; T= 27; P= 11,5
3	6	L= 9; T= 41; P= 11,5
4	3	L= 5; T= 28; P= 11,5

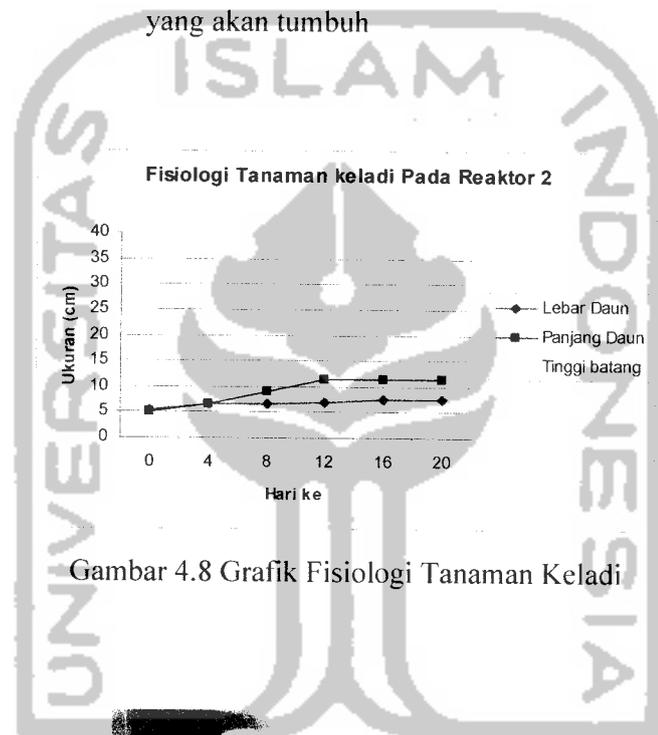
Tabel 4.2.11 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-16 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 9; T= 40; P= 11,5
2	4	L= 6; T= 28; P= 11,5
3	8	L= 9; T= 40,5; P= 11,5
4	3(1)	L= 6; T= 28,5; P= 11,5

Tabel 4.2.12 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-20 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	7	L= 9; T= 43; P= 11,5
2	4	L= 6; T= 28.5; P= 11,5
3	7	L= 9; T= 42; P= 11,5
4	2(1)	L= 6; T= 29; P= 11,5

Keterangan : L = Lebar Daun T = Tinggi Batang P = Panjang daun
 Jumlah daun berkurang karena layu tetapi ada tunas yang akan tumbuh



Gambar 4.8 Grafik Fisiologi Tanaman Keladi



Gambar 4.9 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-0



Gambar 4.10 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-20

c. Reaktor 3 dengan 2 tanaman Keladi juga diharapkan mampu menyerap nutrisi yang terkandung dalam *effluent septic tank*. Pertumbuhan yang terjadi pada reaktor 3 ini berkembang dengan baik. Dalam waktu detensi 4 hari saja, secara visual tanaman mampu tumbuh dengan maksimal walaupun terdapat daun yang layu. Sedangkan untuk proses yang terjadi didalamnya tidak berbeda dengan proses sebelumnya yang terjadi pada reaktor 1 dan 2, yaitu penguraian limbah menjadi nutrisi bagi tanaman yaitu bahan organik yang terkandung dalam air limbah 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 terjadinya proses filtrasi limbah oleh media tanam. Penguraian limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh dalam reaktor ini sangat efektif hal ini dipengaruhi oleh daya serap akar terhadap limbah sangat

baik. Berikut gambaran kondisi pertumbuhan Keladi Air pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2.13 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari Ke-0 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	4(1)	L= 7; T= 36; P= 7,5
2	4	L= 5; T= 24; P= 7,5

Tabel 4.2.14 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-4 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	5	L= 9; T= 38; P= 8
2	4	L= 5; T= 26.; P= 8

Tabel 4.2.15 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-8 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 9; T= 38; P= 10
2	4(1)	L= 5; T= 27; P= 10

Tabel 4.2.16 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-12 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	6	L= 9; T= 39; P= 11,5
2	3	L= 6; T= 30; P= 11,5

Tabel 4.2.17 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-16 :

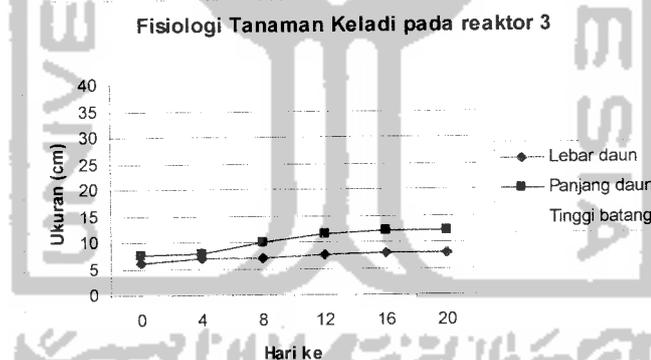
No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	7	L= 9; T= 40; P= 12
2	3	L= 6.5; T= 31,5; P= 12

Tabel 4.2.18 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi pada Hari ke-20 :

No.	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	8	L= 9; T= 40; P= 12
2	4	L= 6.5; T= 33; P= 12

Keterangan :L = Lebar Daun; T= Tinggi Batang; P = Panjang Daun

Jumlah daun berkurang karena layu tetapi ada tunas yang akan tumbuh.



Gambar 4.11 Grafik Fisiologi Tanaman Keladi



Gambar 4.12 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-0



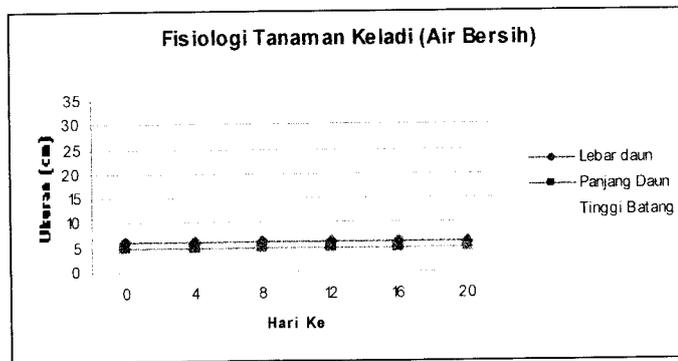
Gambar 4.13 Kondisi tanaman keladi pada hari ke-20

- d. Reaktor dengan 2 Tanaman Keladi menggunakan air bersih juga dilakukan pengamatan secara visual dengan waktu tedensi 4 hari dalam 5 minggu. Proses pertumbuhan tanaman dalam reaktor ini tidak terlalu terlihat dari hari ke- 0 hingga hari ke-20. mulai dari tinggi batang, jumlah daun serta panjang daun yang relatif tetap. Berikut gambaran kondisi pertumbuhan tanaman Keladi.

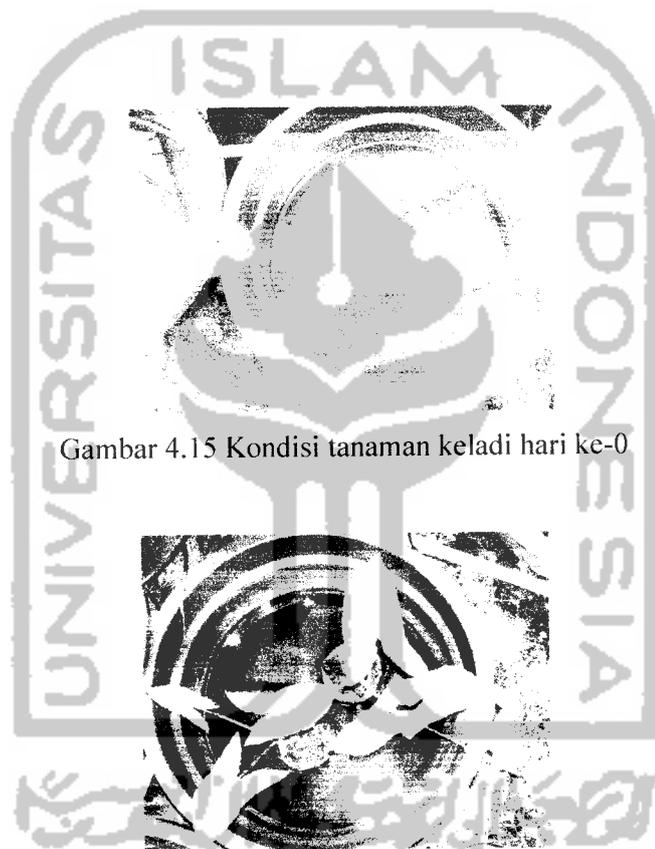
Tabel. 4.2.19 Kondisi Pertumbuhan Tanaman Keladi dengan Menggunakan Air Bersih :

No	Hari Ke	Tanaman Ke	Jumlah Daun	Ukuran (cm)
1	0	1	3	L= 6; T= 30; P=5
		2	3	
2	4	1	4	L= 6; T=33; P=5
		2	4	
3	8	1	4	L= 6; T= 33; P=5
		2	4	
4	12	1	3	L= 6; T=33; P=5
		2	4	
5	16	1	3	L= 6; T=33; P=5
		2	5	
6	20	1	2	L= 6; T= 33; P=5
		2	6	

Keterangan : L= Lebar Daun; T =Tinggi Batang; P =Panjang Daun
 Jumlah daun berkurang karena layu tetapi ada tunas yang akan tumbuh.



Gambar 4.14 Grafik Fisiologi Tanaman Keladi menggunakan Air Bersih



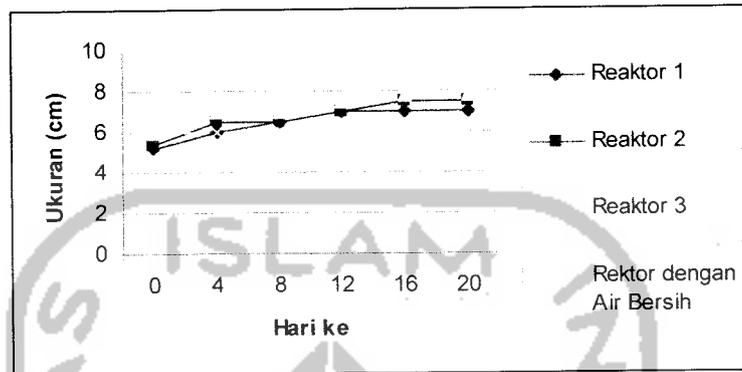
Gambar 4.15 Kondisi tanaman keladi hari ke-0

Gambar 4.16 Kondisi tanaman keladi hari ke-20

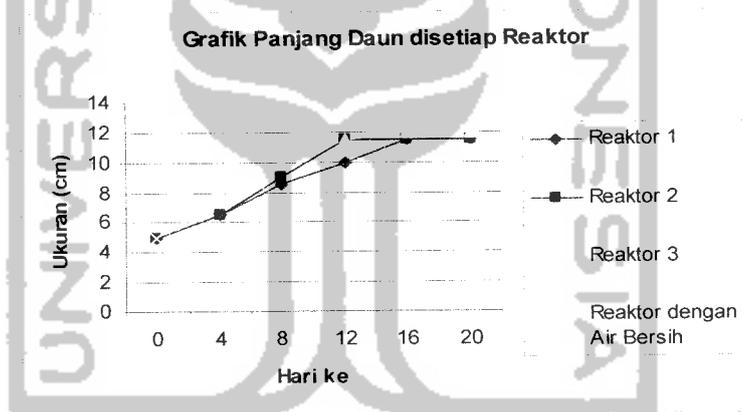
4.3 Analisa Pertumbuhan Tanaman Paling Optimum

Grafik perbandingan fisiologis tanaman dari reaktor 1, reaktor 2, reaktor 3

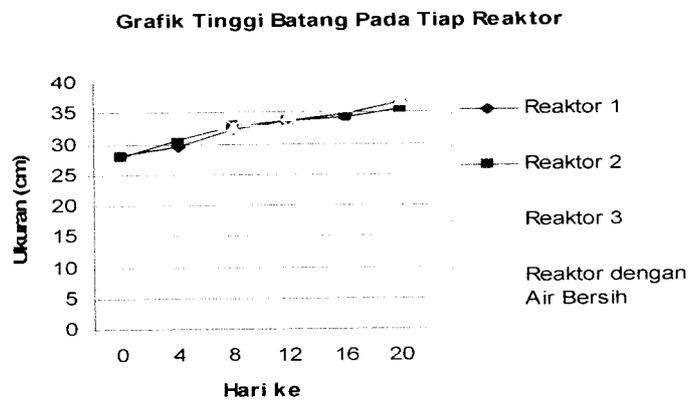
serta reaktor tanaman yang menggunakan air bersih :



Gambar 4.17 Grafik Lebar daun pada tiap reaktor



Gambar 4.18 Grafik panjang daun pada tiap reaktor



Gambar 4.19 Grafik tinggi batang pada tiap reaktor

Pertumbuhan tanaman keladi air dari 4 reaktor dapat dilihat dengan jelas pertumbuhan paling baik terdapat pada reaktor 3 (2 tanaman) karena dengan debit air yang sama tanaman keladi mampu menyerap oksigen dengan baik. Jumlah tanaman yang sedikit, memberikan keleluasaan dalam menyerap oksigen, sinar matahari, serta unsure hara yang terkandung dalam limbah *effluent septic tank* . sehingga secara fisiologis dari tinggi tanaman, lebar daun, dan panjang daun, ukurannya lebih besar dibandingkan dengan reaktor 1 dan reaktor 2 dengan luasan yang sama. Pada reaktor control (tanaman dengan air bersih) pertumbuhannya juga cukup baik, tapi masih lebih baik lagi tanaman yang menggunakan air *effluent septic tank*. Hal ini dapat terlihat pada ukuran daun, panjang daun dan tinggi batang yang relative sama dari hari ke-0 hingga hari ke-20.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tanaman Keladi (*Calladium*) berperan dalam penurunan konsentrasi dari *effluent septic tank*, karena memanfaatkan bahan organik dan unsur yang lain yang terkandung dalam *effluent septic tank* sebagai unsur hara yang digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman terlihat pada meningkatnya pertumbuhan tanaman di reaktor 3 (2 tanaman).
2. Sistem pengolahan *Aquatic Treatment* dari *effluent septic tank* efektif dalam menurunkan COD, TSS, dan TKN. Adapun persen efisiensi rata-rata pada parameter yang diteliti adalah COD 5,18 % hingga 85,28 %, TSS sebesar 8,62 % hingga 87,80 %, dan TKN sebesar 32,75 % hingga 77,41 %. Tetapi pada penelitian ini tidak efektif untuk menurunkan total phosphat.

5.2 Saran

1. Memperbanyak variasi tanaman agar dapat mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi yang ada pada *effluent septic tank* sehingga dapat lebih terlihat perbedaannya antara tanaman satu dengan tanaman yang lain.
2. Perlu kajian lebih lanjut tentang limbah cair domestik yang diolah dengan sistem *Aquatic Plant Treatment* kaitannya dengan tingkat produktifitas tanaman air.



DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad. R. 2004, Kimia Lingkungan, Andi Jogjakarta.
- Benefield, 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 (Ipomoe Aquatica)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.
- Herbert R.A, 1999, Nitrogen Cycling in coastal marine ecosystem. FEMS. Microbiology reviews in
- Herskowitz, J., S. Black, and W. Lewandowski. *Listowel Artrticial Marsh Treatment Project*. In: *Aquatic P/lants for Water Treatment and Resource Recovery. Proceedings of the Conference on*.
- 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 (Ipomoe Aquatica)*, Jjurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.
- Metcalf and Eddy, 1991, "Wastewater and Engineering" 3rd ed, McGraw Hill International Engineering, Singapore
- 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 BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L) IR-64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.

R.B. Brown, Professor Emeritus, *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, 1995, *Natural Systems For Waste Management and Treatment*, dalam Saputra, A, 2004 *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L) IR-64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.

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

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

Scout, N., 2004, *Algae, Cyanobacteria and Water Quality*, dalam Saputra, A, 2004
*Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik
dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa, L)*
IR-64, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.

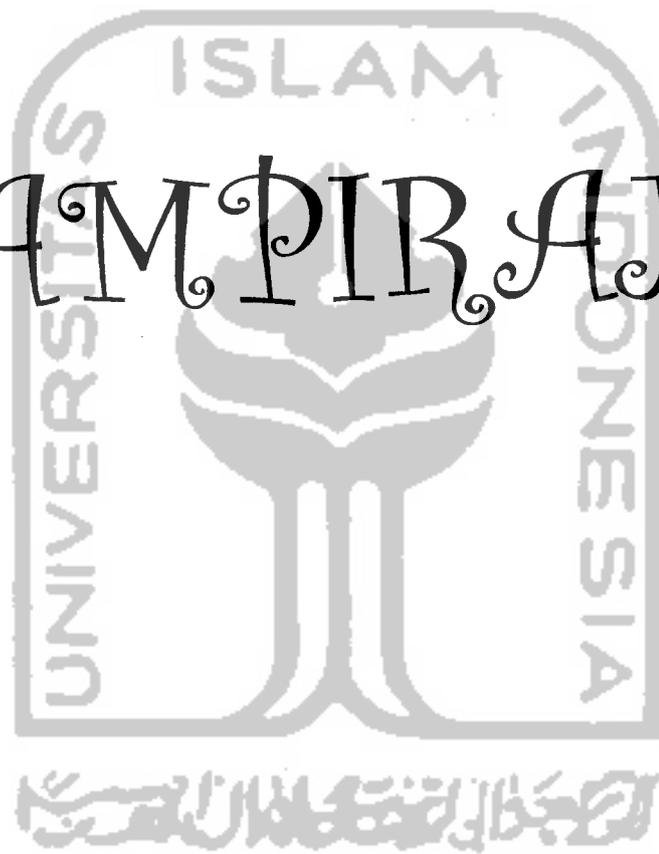
Tchobanoglous, G. *Aquatic Plant Systems for Wastewater Treatment:
Engineering Considerations*. 1987. In: *Aquatic Plants for Water
Treatment and Resource Recovery*. www.google.com/aquatic-plant-system/

Tempo, 2003, “Muntaber Menyerang Kawasan Ciliwung” Jakarta www.tempo.co –
cetak, diakses tgl 7 Juli 2006

www.kompas.co – cetak, diakses tgl 3 juli 2006



LAMPIRAN



Lampiran 1. Data Nilai Konsentrasi Inlet, Outlet dan Efisiensi Penurunan

COD		I		II		III		IV		V	
Minggu Ke	(in-out)	(constr)	Efisiensi (%)								
Inlet		209.39		235.867		317.073		266.372		410.165	
Reaktor 1		108.862	48.01%	174.127	26.17%	149.201	52.94%	64.418	75.81%	93.414	77.22%
Reaktor 2		184.15	11.80%	223.641	5.18%	144.266	54.45%	67.63	23.82%	80.865	80.20%
Reaktor 3		154.137	34.74%	180.402	23.51%	176.162	44.44%	53.226	80.01%	60.348	85.28%
Blanko		621.38	-196.26%	187.69	20.43%	225.167	28.98%	45.26	83.01%	124.44	69.66%

TSS		I		II		III		IV		V	
Minggu Ke	(in-out)	(constr)	Efisiensi (%)								
Inlet		391		247		116		308		206	
Reaktor 1		272	30.40%	30	87.80%	74	36.20%	248	19.48%	66	67.96%
Reaktor 2		134	65.70%	37	85.02%	106	8.62%	56	81.80%	200	2.91%
Reaktor 3		170	56.50%	102	58.70%	19	83.62%	178	42.20%	142	31.06%
Blanko		75	80.80%	151	38.80%	47	59.48%	74	75.97%	16	92.23%

Lampiran 1. Data Nilai Konsentrasi Inlet, Outlet dan Efisiensi Penurunan

TKN										
Minggu Ke (in-out)	I (constr)	Efisiensi (%)	II (constr)	Efisiensi (%)	III (constr)	Efisiensi (%)	IV (constr)	Efisiensi (%)	V (constr)	Efisiensi (%)
Inlet	40.8		40.85		77		92.43		63.07	
Reaktor 1	46.625	-14.27%	61.755	-51.17%	22.27	71.07%	30.38	67.13%	42.43	32.75%
Reaktor 2	90.755	-121.81%	60.035	-46.96%	29.92	61.13%	20.87	77.41%	29.91	52.56%
Reaktor 3	69.15	-69.48%	44.42	-8.73%	34.12	55.68%	30.53	66.96%	30.15	52.19%
Blanko	41.33	-1.30%	34.77	14.88%	41.11	46.61%	26.63	71.19%	63.19	-0.19%

TOTAL P										
Minggu Ke (in-out)	I (constr)	Efisiensi (%)	II (constr)	Efisiensi (%)	III (constr)	Efisiensi (%)	IV (constr)	Efisiensi (%)	V (constr)	Efisiensi (%)
Inlet	2.33		1.47		0.98		1.42		1.02	
Reaktor 1	6.2	-166.09%	5.03	-244.93%	3.46	-253.06%	4.05	-185.21%	2.84	-178.43%
Reaktor 2	3.83	-64.63%	2.73	-86.98%	1.65	-68.36%	2.82	-98.59%	1.73	-69.60%
Reaktor 3	4.87	-109.01%	3.79	-159.58%	2.5	-155.10%	3.44	142.25%	2.15	-110.78%
Blanko	7.71	-230.90%	5.75	-291.16%	3.94	-302.04%	4.51	-217.61%	3.02	-196.07%

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

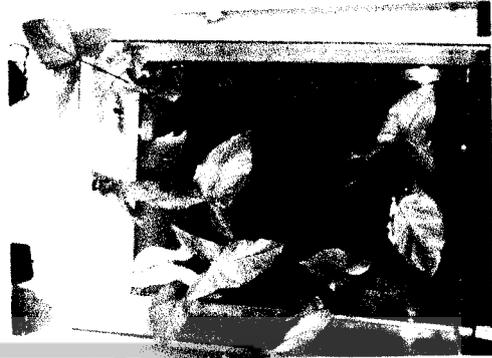


Gambar 1.6 Reaktor 1 hari ke-20

LAMPIRAN 2



Gambar 1.7 Reaktor 2 hari ke-0



Gambar 1.8 Reaktor 2 hari ke-4



Gambar 1.9 Reaktor 2 hari ke-8



Gambar 1.10 Reaktor 2 hari ke-12



Gambar 1.11 Reaktor 2 hari ke-16



Gambar 1.12 Reaktor 2 hari ke-20

LAMPIRAN 2



Gambar 1.13 Reaktor 3 hari ke-0



Gambar 1.14 Reaktor 3 hari ke-4



Gambar 1.15 Reaktor 3 hari ke-8



Gambar 1.16 Reaktor 3 hari ke-12

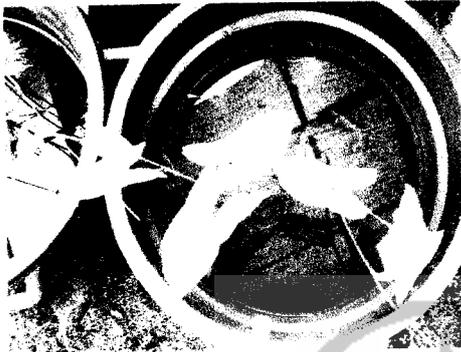


Gambar 1.17 Reaktor 3 hari ke-16



Gambar 1.18 Reaktor 3 hari ke-20

LAMPIRAN 2



Gambar 1.19 Reaktor Air bersih hari ke-0



Gambar 1.20 Reaktor Air bersih hari ke-4



Gambar 1.21 Reaktor Air bersih hari ke-8



Gambar 1.22 Reaktor Air bersih hari ke-12



Gambar 1.23 Reaktor Air bersih hari ke-16



Gambar 1.24 Reaktor Air bersih hari ke-20

6. Keputusan Presiden Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perubahan Atas Keputusan Presiden Nomor 101 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, Dan Tam 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 (restaurant), perkantoran, perniagaan, 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 secara 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 (restaurant), perkantoran, perniagaan, 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.

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 yaitu:

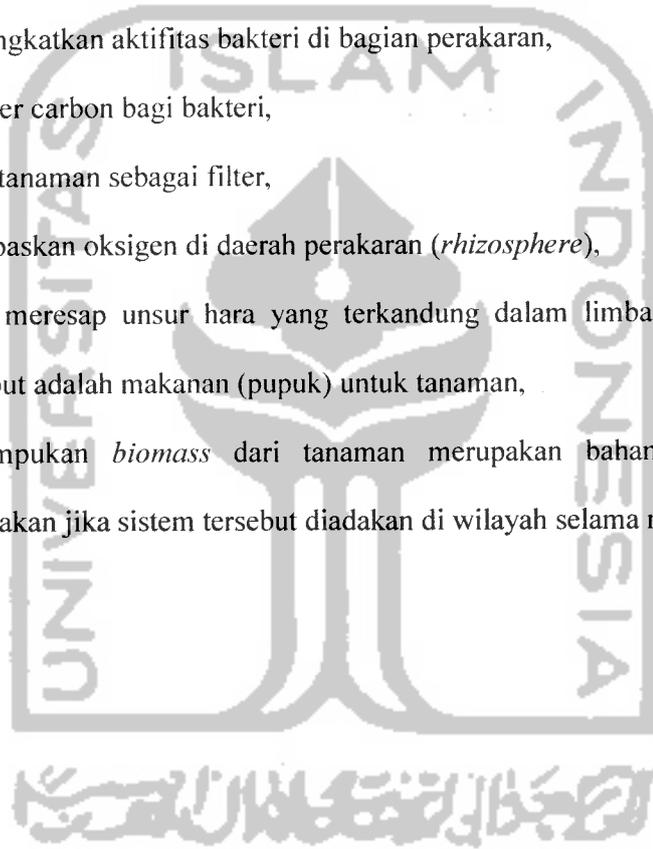
1. Pengenalan fungsi alami dari *aquatic plant system* dan *wetland* sebagai penyerap nutrisi untuk tanaman.
2. Munculnya aplikasi estetika, sehingga tanaman air dapat dimanfaatkan menjadi tanaman hias.
3. Sistem pengolahannya mudah dan murah.
4. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.

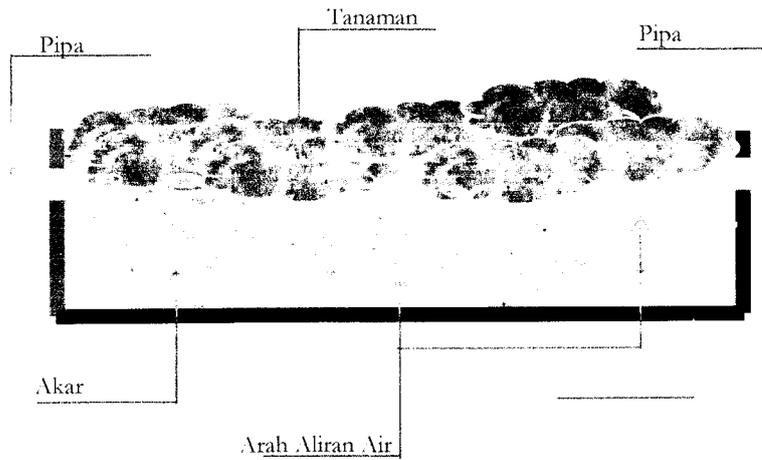
Penggunaan kembali *effluent septic tank* pada tanaman air merupakan komponen terpenting dari *Aquatic plant treatment* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan mikrobial. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi. Mulai dari tanaman jenis *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.

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*),
6. Akar meresap unsur hara yang terkandung dalam limbah dimana hara tersebut adalah makanan (pupuk) untuk tanaman,
7. Penumpukan *biomass* dari tanaman merupakan bahan isolasi yang digunakan jika sistem tersebut diadakan di wilayah selama musim dingin.





Gambar 2.1 Aquatic Plant Treatment

2.2 Sistem Aquatic Plant Treatment

Sistem ini telah banyak digunakan diberbagai negara untuk meningkatkan kualitas air buangan, salah satu negara yang telah meneliti *Aquatic Plant Treatment* adalah Amerika dengan menggunakan tanaman bakung (*Elchhomia Crassipes*). Alasan penggunaan tanaman bakung (*Elchhomia Crassipes*) karena mempunyai sistem akar yang banyak dan tingkat pertumbuhan tinggi.

Tabel 2.1 Penelitian Aquatic Plant System yang telah dilakukan

Project	Flow (m ³ /d)	Plant type	BOD ₅ mg/ L		SS mg/ L		Percent Reduction		Hydraulic Surface Loading rate m ³ / ha-d
			influent	effluent	influent	effluent	BOD5	SS	
Orlando, FL	30.280	Water Hyacinth	4.9	3.1	3.8	3	37	21	2.525
San Diego, CA	378	Water Hyacinth	160	15	120	20	91	83	590
NSTL, MS	8	Duckweed & Penny-wart	35	5.3	47.7	11.5	85	76	504
Austin, TX	1.700	Water Hyacinth	42	12	40	9	73	78	140
N. Biloxi, MS (Cedar Lake)	49	Duckweed	30	15	155	12	50	92	700
Disney World, FL	30	Water Hyacinth	200	26	50	14	87	72	300

Sumber : Penelitian di Cincinnati, (1988)

2.3. Parameter yang terdapat di *Aquatic Plant Treatment*

2.3.1 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 teroksidasi diukur dengan menggunakan senyawa oksidator 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 buangan perantara oksidasi kuat dalam suasana asam (Benefield dan Randall, 1980).

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

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

2.3.2 Padatan Tersuspensi (TSS)

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