

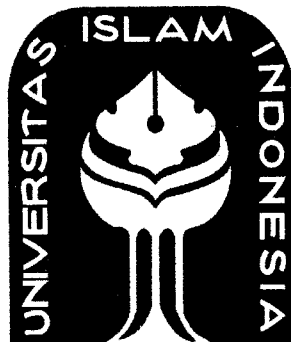
TA/ TL/ 2006/ 0133

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HARIAN BELI	
TGL. TERIMA :	10 Mei 2007
NO. JUDUL :	002119
NO. INV. :	62000249001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH PABRIK TAHU DENGAN
MEMANFAATKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMEA
AQUATICA FORSK*) DALAM SISTEM *CONSTRUCTED
WETLAND***

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

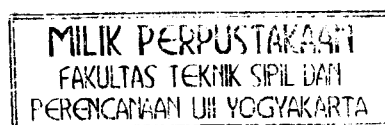


Nama : Baiq Diana Amalia Murty

No. Mahasiswa : 02 513 103

Program Studi : Teknik Lingkungan

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



HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN AIR LIMBAH PABRIK TAHU DENGAN
MEMANFAATKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMEA*
AQUATICA FORSK*) DALAM SISTEM *CONSTRUCTED
WETLAND

Nama : Baiq Diana Amalia Murty
No. Mahasiswa : 02 513 103
Program Studi : Teknik Lingkungan


Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

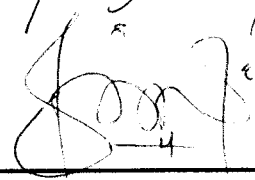
Ir. Kasam, M.T

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST



Tgl : 7 - 3 - 2007



Tgl : 7 - 3 - 2007

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penyusun sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul PENGOLAHAN AIR LIMBAH PABRIK TAHU DENGAN MEMANFAATKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMEA AQUATICA FORSK*) DALAM SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* ini tepat pada waktunya. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa tingkat akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari masih begitu banyak kekurangan dalam penyusunan karya tulis Tugas Akhir ini dan masih jauh dari kesempurnaan, walau dengan segala pengetahuan dan kemampuan telah penyusun curahkan. Oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya sangat membangun dari semua pihak.

Terima kasih penyusun sampaikan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST. M.Si selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.

2. Bapak Ir. H. Kasam, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Lingkungan, Dosen Pembimbing II dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan sebagai Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Hudori, ST. Makasih ya pak atas masukannya dan pinjeman bukunya.
5. Mas Agus, Makasih ya mas atas bantuannya.
6. Mas Iwan, Makasih atas bimbingannya selama penyusun melakukan penelitian di Laboratorium, maaf ya dah banyak ngerepotin.
7. Kedua orang tuaku, Drs. H. Ll. Murtiady dan Hj. Bq. Murniati S. Makasih banyak atas doa, saran dan bimbingannya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dan insyaallah janji nanda telah terpenuhi dan menjadi kebanggaan keluarga.
8. All my big family (K ijang, K sis, K budi, and my big family in Suangi thanks atas doa dan supportnya biar cepat lulus).
9. My big family in Palembang, Thanks a lot for every thing, buat te Ani Rajin belajar n buat te Sari tetap semangat biar cepet lulus.
10. Andarwin T, cST. Makasih ya atas dukungan dan bantuannya selama ini apalagi selama nyusun tugas akhir ini, maaf sering ngeselin.
11. Two liltle angel, maman n putri, makasih telponnya ya tiap bibi Lia ngerasa pusing.
12. Big family of EB 2002 (Unhy, Dian_The unk, Bani, Rintis, Rani, Rina, Dian_Thio, Lala, Tia , Nelly, Nefa, Dian_Bona, Lia, Desi, Nisa)

13. Teman terbaikku, M Evi, S.si, akhirnya Lia nyusul juga jadi sarjana.
14. Pihak-pihak dan teman-teman yang tidak dapat penyusun tulis namanya satu persatu terima kasih banyak atas persahabatan dan persaudaraan kita selama kuliah di jurusan tercinta. Love u all..

Kepada banyak pihak baik yang penyusun sebutkan maupun tidak, penyusun mengucapkan banyak rasa terima kasih yang tak terhingga, karena dengan dukungannya tugas akhir ini dapat selesai penulisannya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

Sesungguhnya kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, Amien...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, 2 Desember 2006

Penyusun

MOTTO

"Sesungguhnya shalatku, ibadahku, (kegiatanku), hidupku dan malikku semuanya bagi Allah, Rabb semesta alam".

(Q.S. Al An'am : 162)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmu lah hendaknya kamu berharap"

(Q.S Al Mujadilah : 11)

"Ilmu yang bermanfaat adalah ilmu yang memancarkan cahaya dalam dada dan dapat menyingkap tutup dari hati"

(Ma'rifat)

Pemenang mengalami satu atau dua, bahkan beratus-ratus bahkan ribuan kali merasakan kegagalan, sebab itu pemenang berhasil karena tidak berkecil hati dengan hambatan-hambatan tersebut. Next time will be better.

(B.C. Forbes, 1990)

Don't give up ,because you are love.. (Josh G song's)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk Ayah dan Bunda Tercinta yang selalu memberikan dukungan disetiap langkah dan keputusan yang nanda ambil, semoga ini membuat Ayah dan Bunda bangga pada ananda, terima kasih banyak atas doa, dukungan dan seluruh pengorbanan yang telah diberikan untuk ananda, Ayah dan Bunda adalah anugerah terindah bagi Ananda dalam hidup ini,
you are the best.

Seluruh keluarga besar-ku yang telah banyak memberikan doa dan dukungan moral yang tak ternilai.

Jurusan tercinta, Teknik Lingkungan, UII, dimana selama ini penulis banyak mendapatkan ilmu yang sangat bermanfaat.



LIA THANKS TO :

1. Bapak Luqman Hakim, ST. M.Si, selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.
2. Bapak Ir. H. Kasam. MT, selaku dosen pembimbing I. Pak terima kasih banyak atas kesabarannya dalam membimbing saya menyelesaikan tugas akhir ini dan terima kasih banyak atas ilmu dan masukan yang bapak berikan.
3. Bapak Eko Siswyo, ST, selaku dosen pembimbing II dan sekretaris jurusan Teknik Lingkunga. Terima kasih banyak ya pak atas bimbingan bapak dan atas judul TA nya.
4. Mas Agus, FO-nya jurusan tercinta. Matur nuwun ya mas atas bantuannya.
5. Mas Iwan, empunya Laboratorium Kualitas Air. Thanks banget ya mas atas bimbingannya dan bantuannya selama ngelab disana, maaf sering banget ngerepotin mas dan kadang bikin kesel ya, tapi kan jadi ada kenangannya.
6. Ayahanda Drs. H. L. Murtiady dan bunda tercinta Hj. Bq. Murniati S. terima kasih yang tak terhingga ananda sampaikan atas doa,

kesabaran, bimbingan dan pengertian yang telah nanda terima dari ayahanda dan ibunda, sekarang nanda dah bisa jadi kebanggaan keluarga kan dan sudah tiba saatnya nanda membalas semuanya. You are the best spirit in my life. You always give me spirit and suggestion when I stuck.

7. Keluarga Besarku (Wak upik, Bibi Dang, Mamiq Unir, Mamiq Yon, Kak Sis dan Kak Ijang), makasih banyak atas doanya buat Lia, you are the best thing I ever had.
8. Two little angel, Maman and Putri, you give me new spirit to do the best thing in my life, give me spirit when I stuck. Putri yang ceriwis n pinter tahun ini masuk sekolah ya, luv u so much.
9. K endar n K Idir, akhirnya adik Lia duluan yang jadi Sarjana, cepetan nysusul y kak, kasian mamiq biarkan mamiq menikmati hari tuanya, kini saatnya kita balas jasa.
10. Andarwin cST, try to make us approud of you, keep spirit. Rajin belajar biar cepet nyusul jadi ST. u always beside me eventhought I made u angry, thank a lot for all support and suggestion, because of you I,m be like now.

11. My Family in Palembang, mama dan papa, makasih ya atas dukungannya, te ani rajin belajar y, te sari keep spirit biar cepet nyusul, te fitri makasih dah mau dengerin curhat lia, bt mb vidi n dimas
12. Big family of EB 2002 : Dian-The unk, unhy, Bani, Dian-Thio, Tia, Rintis, Nelly, Dian_Bona, Nefa, Rani, Rina, Lala, Lia, Desi, Nisa. Khususnya yang baru aja jadi ST, akhirnya kece nyusul juga ya friends. Thanks for the best moment we ever had together. You are always be my friends for ever. Ntar kalo dah dapat kerja kasi tau ya.
13. My best Friend, Evi Ratna Dewi, S.si, akhirnya lia nyusul juga jadi sarjana. M evi thank ya atas persudaraan dan kehangatan yang m evi berikan, makasih banyak.
14. My friends, IGA Yunia Arini, say thanks ya atas persaudaraannya.
15. Teman-teman masa kecilku yang sampai saat ini masih setia menjadi sahabat bahkan saudara ku (M Ida, Opix cSH, Tatak cSH, Karim sang pengusaha Komputer, Brother Son cSE, Bu Bidan Intan). I love u all, you give me the best moment when we share our spare time together. Always be my Bro n Sis forever.
16. Teman-teman kos Wisma Puspa Indah (WPI), makasih atas kebersamaan yang telah kalian berikan, keceriaan dan persaudaraan yang telah terjalin. Spesiasial buat Rini (R4) thanks banget ya dah ngajarin Anova

tetap semangat ya biar cepet nyusul brg mas Tio, buat Aliya makasih dah boleh berantakin kamarmu jangan males belajar n cepet tentukan pilihan P or E ntar keburu diambil orang lo, Indah makasih buat semuanya, Ela yang ceriwis yang selalu care sama semua orang, selalu kasi perhatian buat semua hal-hal kecil yang ak buat kalo g ada kamu kos-an jadi sepi, bt kalian berdua ayo semangat biar cepet jadi Dr, Ari makasih ya pinjaman bukunya bermanfaat banget. Pokoknya buat smuanya (Bunda, Ayu, Vivie, Tika, Dina, Astrie, Dian, Clara, Aprilia, Mitha, Selly, Linda, Hany), thanks a lot for everything that we sare together.

17. Anak-anak RB kelas A, P ketua Prasta, Pita, Ida, Niensa, Eka, Rita, Grace, Wita, Hendri, dmakasih ya kerja sama dan kekompakkannya berkat kerja sama kita RB selesai n aku bias jadi ST sekarang, kalian cepet nyusul ya.

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH PABRIK TAHU DENGAN
MEMANFAATKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomea Aquatica Forks*)
DALAM SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND***

Kasam ¹⁾, Eko Siswoyo ²⁾, Baiq Diana Amalia M ³⁾

INTISARI

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan pabrik tahu adalah pencemaran badan air baik sungai, danau maupun air tanah. Hal ini disebabkan karena hampir seluruh pabrik tahu tidak melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah yang telah dihasilkan sebelum membuangnya ke badan air. Padahal kandungan bahan organik dalam limbah pabrik tahu sangat tinggi. Penelitian ini menggunakan system *Constructed Wetland* dengan tanaman kangkung air sebagai media tumbuh bagi mikroorganisme. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas tanaman dalam menurunkan pH, konsentrasi BOD₅, Nitrat dan Total Phosfat.

Penelitian ini menggunakan reaktor yang terbuat dari kayu yang dilapisi dengan plastik sebagai lapisan kedap air dengan ukuran reaktor 0,5m x 1,0m. Setiap reaktor diberi tanah sebagai media tumbuh kangkung air dengan ketebalan 10 cm, reaktor diberi limbah dengan sistem batch dengan konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan debit limbah 37,5 L dengan waktu sampling 0, 3, 6, 9 dan 12 hari. Dengan menggunakan metode analisa sesuai SNI (M-69-990-03) untuk pengujian BOD SNI (M-49-1990-03) untuk pengujian parameter nitrat dan untuk kandungan fosfat menggunakan metode analisa sesuai SNI (M-52-1990-03).

Karakteristik limbah pada hari ke-12 sudah lebih stabil sehingga memungkinkan mikroorganisme bekerja secara optimal untuk mereduksi limbah. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini untuk konsentrasi limbah 100% untuk tiap-tiap parameter pada hari ke-12 adalah : 1) Reaktor dengan kangkung air nilai pH input 4, output 4,5, BOD₅ input 1147,3 mg/L dan BOD₅ output 777,3 mg/L dengan nilai efisiensi 32,25%, Nitrat input 150,33 mg/L, output 97,7 mg/L, efisiensi 35%, dan Total P input 100,18 mg/L, output 3,14 mg/L, efisiensi 96,86%. 2) Reaktor tanpa kangkung air nilai pH input 4 output 3,5, BOD₅ output 1263,4 mg/L nilai efisiensi -10,12%, Nitrat output 86,68mg/L, efisiensi 42,34% dan Total P output - 3,67 mg/L, efisiensi 103,66%. Kualitas limbah untuk nilai BOD₅ dan Nitrat melampaui baku mutu air minum yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, sedangkan untuk nilai pH dan Total P telah memenuhi baku mutu air minum yang tersebut diatas.

Kata kunci: *constructed wetlands*, kangkung air, limbah tahu, pH, BOD₅, nitrat, Total Phosfat.

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

WASTEWATER TREATMENT OF SOYBEAN INDUSTRI USING *IPOMEA AQUATICA FORKS* IN CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM

Kasam ¹⁾, Eko Siswoyo ²⁾, Baiq Diana Amalia M ³⁾

ABSTRACT

One of environmental problem is caused from soybean industry is causing a pollution in water body like as river, lake and ground water. Most of the soybean industrials does not treat their wastewater before throw out to the water body. This research is doing wastewater using constructed wetlands system with ipomoea aquatica plant as absorbent material nitrat and phosphate. The purpose of research is to know the absorption capacities of material nitrat and phosphate by plant, to know the plant which is used that treatment is safe if reconsumed by human being, and to know the efficiency removal of material nitrat and phosphate found on sludge in constructed wetlands.

This research is using reactor made from wood that covered with plastics as a permeable barrier with dimation of reactor is 0.5 m as width and 1 m as length. Soil was given to each of reactor which is 10 cm as depth for *Ipomea aquatica forks*, wastewater was given to each reaktor with concentration 0%, 25%, 50%, 75% and 100% with flow 37,5 L and sampling time 0, 3, 6, 9, 12 days. The analysis method according with SNI (M-69-1990-03) for BOD test, SNI (M-49-1990-03) for nitrat test and phosphate test is using analysis method according with SNI (M-52-1990-03).

Wastewater characteristic in 12 days of process has change experience so mikroorganisme can be optimum reduce of wastewaters. Research result for consentration 100% of wastewater in 12 days are: 1) reactor with *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) pH input 4, output 4,5, BOD₅ input 1147,3 mg/L dan BOD₅ output 777,3 mg/L dengan nilai efisiensi 32,25%, Nitrat input 150,33 mg/L, output 97,7 mg/L, efisiensi 35%, dan Total P input 100,18 mg/L, output 3,14 mg/L, efisiensi 96,86%. 2) Reactor without IAF nilai pH input 4 output 3,5, BOD₅ output 1263,4 mg/L nilai efisiensi -10,12%, Nitrat output 86,68mg/L, efisiensi 42,34% dan Total P output - 3,67 mg/L, efisiensi 103,66%. Quality wastewater for BOD₅ and Nitrat are higher than than the quality standard for drinking water in PP no 82/ 2001 but for pH and Phosfat according to the quality standard for drinking water These concentrations is higher than the quality standard for drinking water in PP no 82/ 2001.

Keyword: *constructed wetlands*, *ipomoea aquatica*, pH, BOD₅, nitrat, Total Phosfat.

¹ Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

² Staf Pengajar, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
INTISARI	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2	Rumusan Masalah.....	4
1.3	Batasan Masalah.....	4
1.4	Tujuan Penelitian.....	5
1.5	Manfaat Penelitian.....	6
1.6	Sistematika Tugas Akhir.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Definisi Limbah.....	8
2.2	Gambaran umum proses pembuatan tahu.....	8
2.3	Limbah Pabrik Tahu.....	11
2.4	<i>Constructed Wetlands</i>	13
2.4.1	Definisi <i>Constructed Wetlands</i>	13
2.4.2	Macam-macam <i>Constructed Wetland</i>	14
2.4.3	Mekanisme Pengolahan.....	17
2.4.4	Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Pengolahan.....	19
2.5	Nitrat (NO_3) Pada <i>Constructed Wetland</i>	24
2.6.	Fosfat (PO_4^{3-}) Pada <i>Constructed Wetland</i>	25
2.7	BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>) Pada <i>Constructed Wetland</i>	26
2.8	pH Pada <i>Constructed Wetland</i>	28
2.9	Kriteria Desain <i>Constructed Wetlands</i>	29
2.10	Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica Forsk</i>).....	30
2.10.1	Gambaran Umum Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea aquatica Forsk</i>).....	32
2.10.2	Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomea aquatica Forsk</i>) Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	36

2.11	Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Enceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>) dan Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>) dalam Sistem <i>constructed wetlands</i> .	38
2.11	Hipotesis	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian.....	42
3.2	Bahan Penelitian.....	42
3.3	Waktu Penelitian.....	43
3.4	Karakteristik Awal Limbah Cair.....	43
3.5	Parameter Penelitian.....	43
3.6	Metode Penelitian.....	44
3.7	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	45
3.8	Pelaksanaan Penelitian.....	47
	3.8.1 Persiapan Penelitian.....	47
	3.8.2 Pelaksanaan penelitian.....	48
3.9	Analisa Kualitas Air Limbah.....	49
	3.9.1 Analisa BOD ₅	49
	3.9.2 Analisa Nitrat.....	50
	3.9.3 Analisa Total P.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram alir proses pembuatan tahu	10
Gambar 2.2	<i>Constructed wetland</i> tipe FWS	15
Gambar 2.3	<i>Constructed wetland</i> tipe SSF	16
	Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>constructed</i>	
Gambar 2.4	<i>wetland</i> (Kadlec & Knight, 1995)	18
	Mekanisme pengolahan N pada <i>constructed wetland</i> (Kadlec &	
Gambar 2.5	<i>Knight, 1995)</i>	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	44
Gambar 3.2	Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)	47
Gambar 3.3	Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)	47
Gambar 4.1	Nilai pH dgn IAF	54
Gambar 4.2	Nilai pH Non IAF	54
Gambar 4.3	Effisiensi Penurunan Parameter BOD ₅ dgn IAF	59
Gambar 4.4	Effisiensi Penurunan Parameter BOD ₅ Non IAF	59
Gambar 4.5	Effisiensi Penurunan Nitrat dgn IAF	65
Gambar 4.6	Effisiensi Penurunan Nitrat Non IAF	66
Gambar 4.7	Perubahan Tanaman Secara Visual pada Hari ke-9	68
Gambar 4.8	Effisiensi Removal Total Phosfat Dengan IAF	72
Gambar 4.9	Effisiensi Removal Total Phosfat Tanpa IAF	72

2.11	Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Enceng Gondok (<i>Eichornia Crassipes</i>) dan Tanaman Kiapu (<i>Pistia Stratiotes</i>) dalam Sistem <i>constructed wetlands</i> .	38
2.11	Hipotesis	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian.....	42
3.2	Bahan Penelitian.....	42
3.3	Waktu Penelitian.....	43
3.4	Karakteristik Awal Limbah Cair.....	43
3.5	Parameter Penelitian.....	43
3.6	Metode Penelitian.....	44
3.7	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	45
3.8	Pelaksanaan Penelitian.....	47
	3.8.1 Persiapan Penelitian.....	47
	3.8.2 Pelaksanaan penelitian.....	48
3.9	Analisa Kualitas Air Limbah.....	49
	3.9.1 Analisa BOD ₅	49
	3.9.2 Analisa Nitrat.....	50
	3.9.3 Analisa Total P.....	50

3.10	Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	50
3.11	Analisa Data.....	51

BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa pH.....	53
4.2	Analisa BOD ₅	58
4.3	Analisa Nitrat.....	64
4.4	Analisa Total P	71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan.....	77
5.2.	Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA

xvi

LAMPIRAN

- 1. DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM**
- 2. STANDAR BAKU MUTU**
- 3. DATA HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN TANAMAN
KANGKUNG AIR SECARA VISUAL**
- 4. DOKUMENTASI**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Organik Limbah Tahu	12
Table 2.2	Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands</i> Tipe FWS	29
Tabel 3.1	Karakteristik Awal Limbah Cair Pabrik Tahu	43
Tabel 3.2	Perhitungan Dimensi Reaktor <i>batch constructed wetlands</i> ...	46
Table 4.1	Nilai pH dengan IAF	53
Table 4.2	Nilai pH tanpa IAF	53
Tabel 4.3	Hasil <i>Tests of Between-Subjects Effects</i> Nilai pH	57
Table 4.4	Konsentrasi BOD ₅ dengan IAF	58
Table 4.5	Konsentrasi BOD ₅ tanpa IAF	58
Tabel 4.6	Hasil <i>Tests of Between-Subjects Effects</i> Konsentrasi BOD ₅ ...	63
Table 4.7	Konsentrasi Nitrat dengan IAF	65
Table 4.8	Konsentrasi Nitrat tanpa IAF	65
Tabel 4.9	Hasil <i>Tests of Between-Subjects Effects</i> Konsentrasi Nitrat ..	70
Table 4.10	Konsentrasi Total Fosfat dengan IAF	71
Table 4.11	Konsentrasi Total Fosfat tanpa IAF	71
Table 4.12	Hasil <i>Tests of Between-Subjects Effects</i> Konsentrasi Total P ..	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan lingkungan selalu meningkat seiring dengan perkembangan zaman, karena berbagai kegiatan industri baik yang berskala besar maupun kecil terus bertambah guna menghasilkan barang-barang kebutuhan manusia. Salah satu permasalahan lingkungan yang saat ini masih menjadi permasalahan yang sangat penting adalah masalah pencemaran badan air. Pencemaran ini disebabkan oleh pembuangan limbah ke badan air tersebut tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu.

Pencemaran air merupakan salah satu permasalahan serius yang sedang kita hadapi saat ini disamping pencemaran udara dan pencemaran daratan yang juga tidak kalah pentingnya. Pengertian dasar pencemaran air dapat diartikan sebagai masuknya bahan atau zat asing didalam air yang menyebabkan perubahan susunan/komposisi air dari keadaan normalnya. Pencemaran air terjadi karena limbah cair langsung dibuang ke badan air tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu atau sudah melalui proses pengolahan limbah namun belum memadai (Wardhana, 1995).

Salah satu jenis kegiatan industri yang dewasa ini sangat menjamur keberadaannya adalah industri tahu, baik yang berskala besar maupun kecil. Sebagai penghasil makanan yang cukup bergizi dengan harga yang relative murah, maka keberadaan pabrik tahu terus bertambah dengan pesat. Salah satu dampak dari kegiatan tersebut adalah munculnya permasalahan lingkungan, yaitu pencemaran

terhadap badan air baik sungai, danau maupun badan air lainnya dan bahkan air tanah. Hal ini karena hampir semua pabrik tahu yang ada tidak ada yang mengolah limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, padahal kandungan bahan organik dari limbah tahu tersebut sangat tinggi. Jogjakarta yang merupakan Kota Pelajar juga memiliki pabrik tahu yang sangat banyak, padahal hampir semua pabrik tahu tersebut tidak memiliki sistem pengolahan limbah

Permasalahan klasik yang selalu muncul adalah mengenai biaya untuk mengolah limbah tersebut cukup mahal dan tidak terjangkau oleh pengelola pabrik tahu, apalagi yang berskala kecil. Untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk menghasilkan sistem pengolahan limbah tahu yang mudah, murah dan efisiensinya tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan yang timbul karena pembuangan limbah tahu yang belum diolah ke badan air, maka pada kesempatan ini akan dilakukan penelitian tentang pengolahan air limbah industri tahu dengan memanfaatkan tanaman sebagai media untuk mereduksi kandungan BOD, NO_3 dan PO_4^{3-} yang terdapat dalam limbah pabrik tahu.

Penelitian ini ingin menganalisa kemampuan kangkung air untuk meremoval kandungan limbah pabrik tahu sehingga dapat diketahui kemampuan dari kangkung air, disamping juga memberikan wawasan bahwa kangkung air bermanfaat bukan hanya sebagai makanan tetapi juga dapat digunakan untuk mengolah limbah. Karena sebagian besar pengusaha industri tahu banyak yang tidak melakukan pengolahan

terhadap limbah yang dihasilkan namun dibuang begitu saja ke sungai atau badan air lainnya.

Pemilihan kangkung sebagai tanaman pada penelitian ini karena peneliti ingin mengetahui seberapa besar efektivitas removal kangkung terhadap bahan-bahan pencemar yang terkandung dalam limbah industri tahu seperti: BOD, pH, Nitrai dan Phosphor.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah ini berisi masalah-masalah yang ingin diteliti dalam yang menjadi tujuan utama penelitian. Adapun rumusan masalahnya adalah :

1. Apakah sistem *Constructed Wetland* mampu menurunkan kandungan BOD, Nitrat dan fosfor yang terdapat dalam limbah industri tahu.
2. Seberapa besar konsentrasi BOD, Nitrat dan fosfor optimal yang terdapat dalam limbah industri tahu dalam *Constructed Wetland* dengan tanaman kangkung air (*Ipomea aquatica*).
3. Apakah limbah tahu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kangkung air (*Ipomea aquatica*).

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ini berisi tentang sejauh mana penelitian ini akan dilakukan sehingga dalam pelaksanaannya tidak akan melampaui batasan yang telah ditetapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah tahu yaitu *constructed wetland* dengan tanaman kangkung air (*Ipomea aquatica*).
2. *Constructed wetland* memiliki dua jenis yaitu *Free Water Surface* (FWS) *Subsurface Flows* (SSF).
3. Pada penelitian ini sistem yang digunakan adalah FWS.
4. Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah dari industri tahu.

5. Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah BOD, Nitrat dan Fosfor.
6. Penelitian ini akan dilakukan dalam skala laboratorium.
7. Waktu pengujian konsentrasi BOD, Nitrat dan Fosfor dilakukan pada : 0 hari, 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari. Dengan konsentrasi limbah pada reaktor adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini berisi maksud dan tujuan penelitian ini dilakukan sehingga dapat diketahui pula manfaat dari penelitian yang dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat penurunan bahan organik (BOD, Nitrat, Total Fosfat dan pH) dengan menggunakan sistem *natural treatment (Constructed Wetland)*.
2. Mengetahui konsentrasi limbah tahu yang paling optimal dalam sistem *constructed wetland* dengan tanaman kangkung.
3. Mengetahui pengaruh limbah pabrik tahu terhadap pertumbuhan tanaman kangkung air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini berisi tentang keuntungan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan keilmuan peneliti dalam bidang pengolahan air limbah sesuai dengan kompetensinya.
2. Membantu mengatasi permasalahan lingkungan yang sampai saat ini masih menjadi permasalahan yang cukup serius bagi lingkungan di sekitar daerah pabrik tahu.
3. Membantu pabrik tahu untuk mengolah limbahnya secara mudah, murah dan efisien.
4. Mendapatkan terobosan baru untuk mengolah limbah industri sejenis.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Pada tugas akhir ini dibagi dalam lima bab yang dimaksudkan untuk memberikan suatu kerangka tentang isi dari tugas akhir ini, sehingga dapat dihubungkan antara bab yang satu dengan yang lainnya.

Sistematika penulisan Tugas Akhir secara garis besar adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar permasalahan yang dibahas, seperti latar belakang masalah, identifikasi masalah, perumusan masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan penjelasan mengenai teori – teori yang dipergunakan sebagai landasan untuk pemecahan permasalahan.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai metode – metode yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan penelitian, mulai dari pengumpulan data sekunder dan primer, sampai pada tahapan pengerjaan.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data – data hasil sampling, hasil pengolahan data dengan berbagai metode perhitungan yang diperoleh dari analisa laboratorium.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian terakhir yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dianjurkan untuk pengembangan penelitian yang selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah merupakan sesuatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan serta lingkungan, dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. (UU RI.No.23/97,1997 pasal 1)

Secara umum limbah dibagi dua, yaitu :

- Limbah ekonomis, yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku.
- Limbah non ekonomis, yaitu limbah yang dapat merugikan dan membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

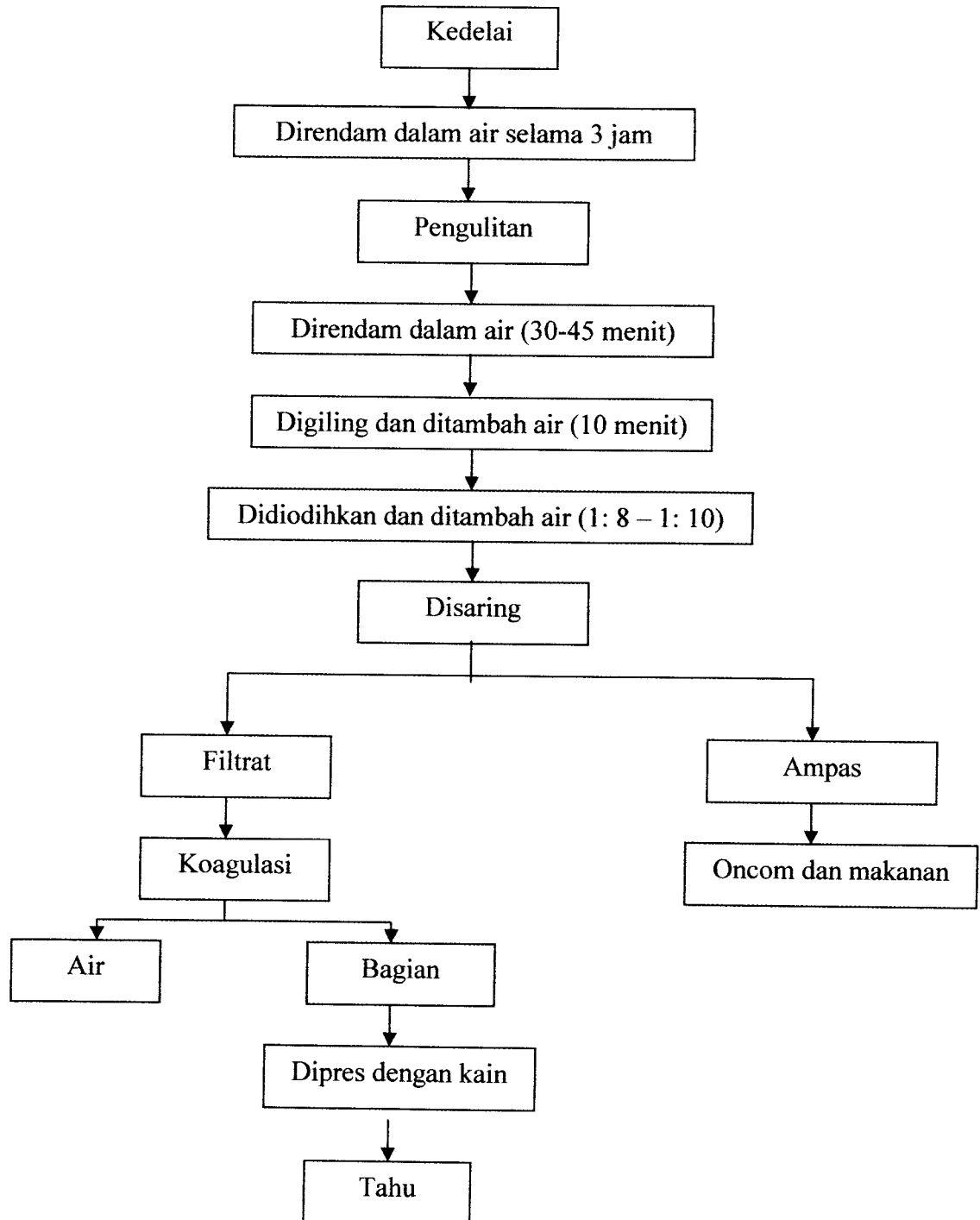
2.2 Gambaran Umum Proses Pembuatan Tahu

Tahu adalah hasil olahan dari ekstrak kedelai, dimana ekstraknya diperlakukan dengan kalsium sulfat atau batu tahu, atau bisa juga dengan asam asetat (asam cuka). Tahu merupakan makanan yang kaya akan protein, karena bahan utamanya adalah ekstrak kedelai.

Karena tingginya kadar air dan protein dalam tahu, maka mudah terjadi pembusukan oleh organisme pembusuk. Adapun proses pembuatan tahu adalah sebagai berikut :

- Merendam kedelai dalam air bersih selama \pm 3 jam untuk memudahkan penggilingan
- Merendam kembali kedelai selama 30 – 45 menit untuk menghilangkan kulit dan kotoran lainnya
- Melakukan pemecahan dan penggilingan kedelai dengan penambahan air selama 10 menit
- Mendidihkan kedelai yang sudah halus selama 30 – 45 menit dan dilakukan penambahan air secara bertahap sebanyak 8 – 10 kali jumlah kedelai
- Menyaring kedelai yang telah dididihkan, ampasnya dibuat oncom dan makanan ternak dan filtratnya dikoagulasikan dengan asam cuka, dibungkus dengan kain tipis dan dipres untuk meniriskan air dan memadatkan tahu
- Membungkus hasil koagulasi tersebut dengan kain tipis, lalu dipres untuk memadatkan dan meniriskan airnya
- Setelah tiris dan padat, tahu dipotong kecil-kecil dan siap dipasarkan.

Secara lebih jelas mengenai proses pembuatan tahu dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.1. Diagram alir proses pembuatan tahu

2.3 Limbah Pabrik Tahu

Tahu dan tempe merupakan makanan yang digemari masyarakat, baik masyarakat kalangan bawah hingga atas. Keberadaannya sudah lama diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan harganya murah. Hampir di tiap kota di Indonesia dijumpai industri tahu dan tempe. Umumnya industri tahu dan tempe termasuk kedalam industri kecil yang dikelola rakyat.

Air banyak digunakan sebagai bahan pencuci dan merebus kedelai untuk proses produksinya. Akibat dari besarnya pemakaian air pada proses pembuatan tahu, limbah yang dihasilkan juga cukup besar.

Limbah pabrik tahu mempunyai kandungan bahan organik yang sangat tinggi dan mempunyai pH asam. Kandungan organik yang sangat tinggi ini jika langsung dibuang ke badan air akan berakibat terjadinya pencemaran badan air tersebut yang cukup berat, sehingga akan mengganggu komunitas di badan air tersebut. Namun bagi tanaman tertentu kandungan organik tersebut justru bisa berfungsi sebagai makanan yang sangat berguna bagi pertumbuhannya.

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik didalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Di antara senyawa-senyawa tersebut lemak dan minyak lah yang jumlahnya paling besar (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), yang mencapai 40-60% protein, 25-50 karbohidrat, dan 10 lemak (Sugiharto, 1987). Uji BOD merupakan parameter yang sering digunakan untuk

mengetahui tingkat pencemaran bahan organik, baik dari industri maupun rumah tangga (Greyson, 1990; Welch, 1992).

Air buangan industri tahu kualitasnya tergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya

Besarnya kandungan bahan organik dari pabrik tahu dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1. Kandungan Organik Limbah Tahu

Parameter	Nilai
BOD ₅ ²⁰	3550 mg/L
N total	69,28 mg/L
P total	39,83 mg/L
K	616 mg/L
pH	4,9

Sumber : Data Sekunder

2.4 *Constructed Wetlands*

2.4.1 *Definisi Constructed Wetland*

Definisi dari *wetlands* secara umum adalah tanah dimana kejenuhan air merupakan faktor dominan dari perkembangan tanah dan tipe dari tanaman dan binatang yang hidup padanya. Definisi lain dari *wetlands* adalah tanah transisi antara bagian daratan dan sistem perairan dimana keberadaan air merupakan suatu keharusan, atau tanah yang diselimuti atau digenangi dengan air. *Constructed Wetland* juga dapat didefinisikan sebagai suatu ekosistem lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang dapat ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya dapat dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme atau komunitas hewan (Cowardin dkk, 1979).

Pengolahan limbah dengan *Constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, *gas transfer*, *adsorpsi*, pengolahan kimiawi dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis*, *phooksida* dan *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1993).

Constructed wetland dapat diartikan sebagai suatu jenis pengolahan yang strukturnya direncanakan. Variabel-variabel yang direncanakan meliputi debit yang mengalir, beban organiknya tertentu, kedalaman media tanah maupun air serta ada pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan.

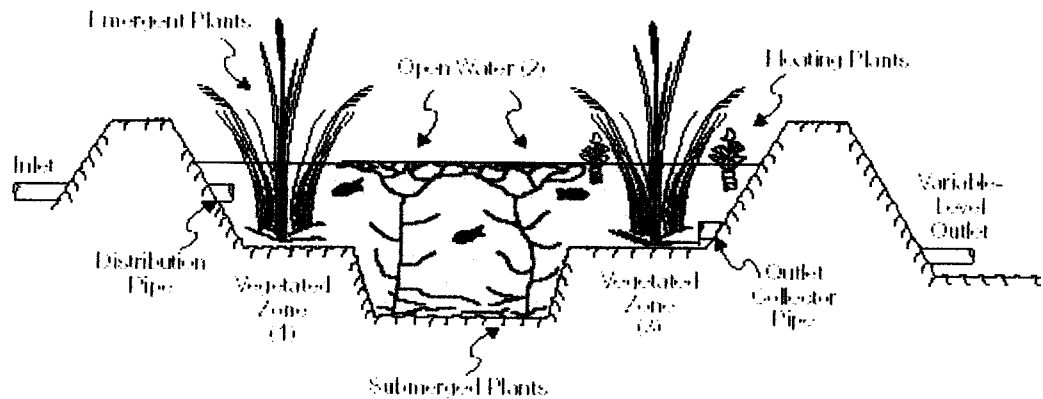
Mekanisme perlakuan yang terjadi dalam *constructed wetland* adalah mengendapkan partikel tersuspensi, terjadi proses filtrasi dan presipitasi kimiawi melalui kontak antara air buangan dengan substrat (tanah, pasir, dan kerikil pendukung tanaman). Proses *adsorpsi* dan *ion exchange* pada *constructed wetland* dapat terjadi pada lapisan permukaan tanaman, substrat, dan sedimen. Proses yang terjadi di dalam *constructed wetland* adalah penguraian dan transformasi *pollutant* oleh mikroorganisme dan tanaman, penyerapan dan proses transformasi nutrient oleh tumbuhan dan mikroorganisme.

2.4.2 Macam-macam *Constructed wetland*

Adapun jenis *constructed wetland*

1. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

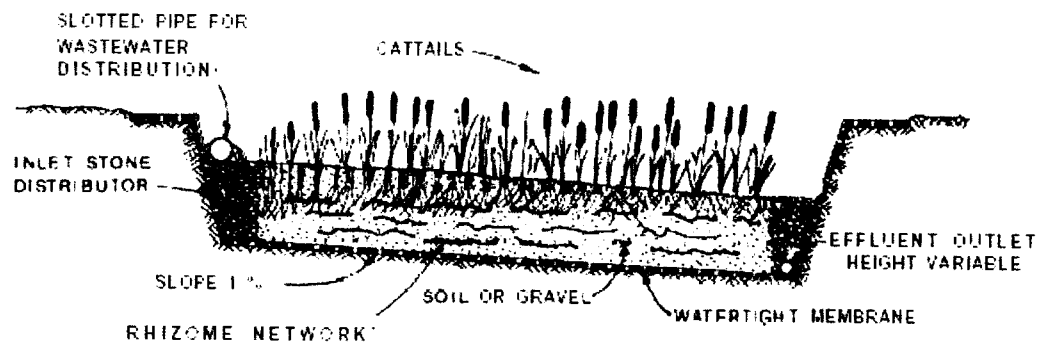
Sistem ini berupa kolam atau saluran yang dilapisi oleh lapisan impermeabel alami atau tanah liat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya rembesan air ke luar kolam atau saluran. Didalam kolam tersebut terdapat tanah sebagai tempat hidup tanaman air dan pada umumnya terdapat genangan air yang berada diatas permukaan tanah (Prof. C. Polprasert, 2005). Tanaman yang biasanya digunakan dalam sistem ini adalah *cattail*, *reed*, *sedge*, dan *rush* (Crites dan Tchobanoglous, 1998).



Gambar 2.2 *Constructed wetland tipe FWS*

2. Sistem *Subsurface Flows* (SSF)

Sedangkan pada sistem ini, pengolahan terjadi ketika air limbah mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori. Media yang digunakan mempunyai batasan dari kerikil sampai pasir kasar (Crities dan Tchobanoglous, 1998). Proses yang terjadi adalah filtrasi, adsorpsi oleh mikroorganisme, adsorpsi oleh akar tanaman terhadap tanah dan bahan organik (Novotny dan Olem, 1994).



Gambar 2.3 *Constructed wetland* tipe SSF

Pada sistem pengolahan *constructed wetland* terdapat dua jenis pengaliran air limbah yaitu secara horizontal (*sub surface flow wetland*) dan jenis pengaliran secara vertikal (*vertical flow wetland*).

Sistem *constructed wetland* dirancang sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tumbuhan seperti *cattail*, *reed*, *sedge*, dan *rush*. Sistem *constructed wetland* mempunyai kelebihan dibanding dengan sistem pengolahan konvensional yang menggunakan sistem *ponds* atau *lagoon*. Kendala-kendala yang sering ditemui pada sistem *ponds* atau *lagoon* antara lain sebagai berikut:

1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Tempat berkembangnya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *constructed wetland* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu:

1. Sistem pengolahan di dalam tanah , genangan air dapat diminimalkan sehingga timbulnya bau dapat dihindari.
2. Tingkat *removal* atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.
4. Sistem pengolahannya mudah dan murah.

2.4.3 Mekanisme Pengolahan

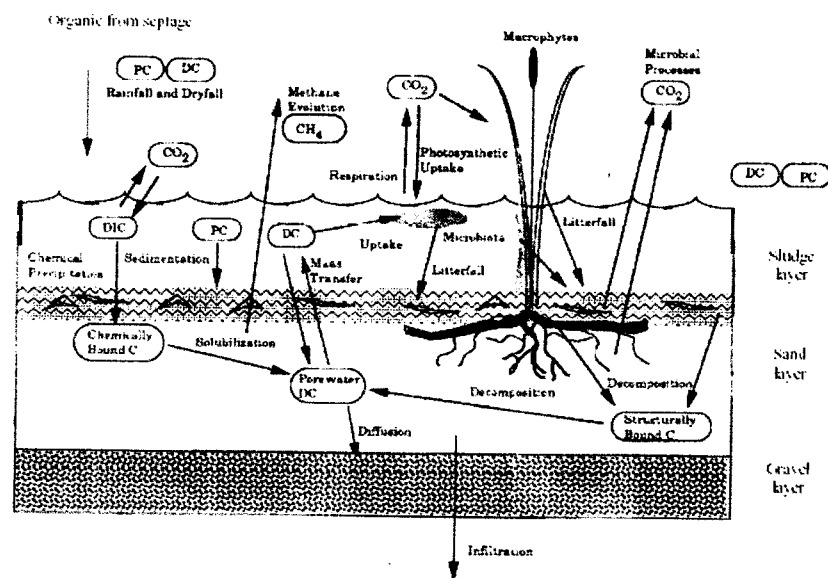
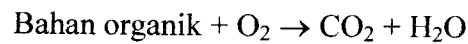
Pengolahan limbah dengan *Constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Adapun air limbah yang akan diolah biasanya mengandung *solid* dan bahan organik dalam jumlah tertentu dengan mekanisme pengolahan sebagaimana berikut :

1. *Solid* (padatan)

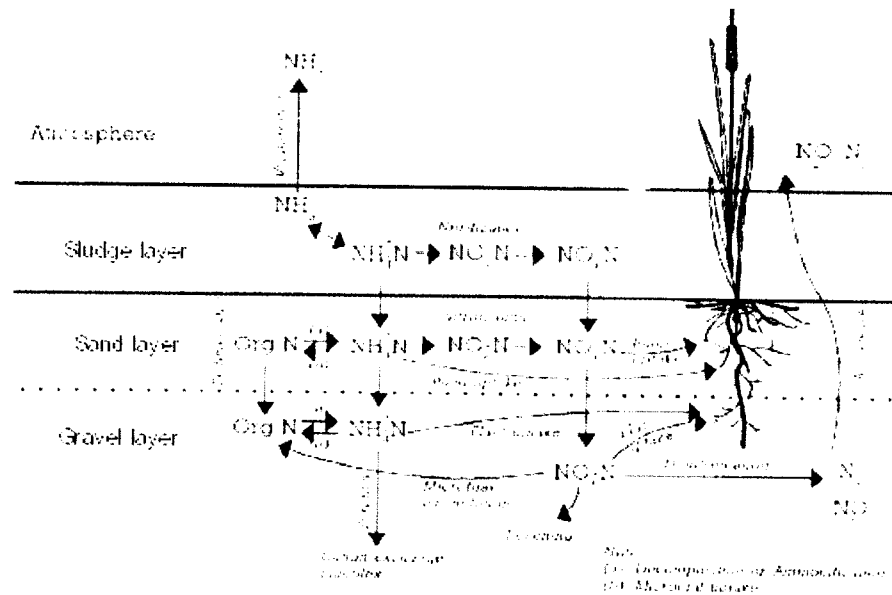
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi *solid* dalam air limbah (Gopal, 1999).

2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan biologis dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999). Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



Gambar 2.4 Mekanisme penguraian bahan organik pada *constructed wetland* (Kadlec & Knight, 1995)



Gambar 2.5 Mekanisme pengolahan N pada *constructed wetland* (Kadlec & Knight, 1995)

2.4.4 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Pengolahan

Dalam proses pengolahan dengan sistem *Constructed wetland* ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu :

1. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari wetland dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan mikrobial. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel *suspended*. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *Constructed wetland*. Jika

menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1999).

Pada umumnya tanaman yang dipergunakan dalam *wetlands* adalah tanaman yang cepat tumbuh, mempunyai kandungan lignin yang besar, dan dapat beradaptasi dengan kedalaman air yang bervariasi. Tanaman yang umum dipergunakan dalam *wetlands* seperti: *scirpus (bulrush)*, *phragmites (giant reed)*, *typha (cattail)*, *carex (sedges)*, *lemna (duckweed)* dan lain-lain.

Tanaman di dalam *wetlands* tidak didesain untuk penyerapan nutrisi tetapi untuk meningkatkan sedimentasi dan pertumbuhan bakteri. Fungsi dari tanaman di dalam *wetlands* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan massa secara vegetatif yang dapat memperlambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempel dan berkembangnya mikroorganisme, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepaskan karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba (USDA-NRCS, 2000).

Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *constructed wetlands* adalah tanaman dapat mentransfer oksigen dari daun sampai kelapisan akar (*root zone*). Karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz, 2000).

Pengolahan dalam *wetlands* bergantung pada proses siklus tanaman dalam menyediakan oksigen untuk bakteri aerobik dan struktur dari tanaman dalam

menyediakan substrat untuk bakteri aerobik dan anaerobik (fakultatif). Proses tidak sempurna tanpa pembentukan lapisan humus (filter) pada dasar *wetlands*, karena lapisan ini merupakan sumber karbon organik yang digunakan mikroorganisme sebagai substrat untuk tumbuh. Lapisan humus terbentuk dari kematian daun atau batang tanaman yang jatuh ke permukaan air.

2. Media Tanah

Fungsi tanah dalam sistem *Constructed wetland* sangat penting, yaitu :

- Sebagai tempat hidup dan tumbuh tanaman.
- Sebagai tempat berkembang baiknya mikroorganisme.
- Sebagai tempat terjadinya proses fisik, yaitu sedimentasi untuk penurunan konsentrasi solid dalam air limbah.

Pengolahan air limbah dipengaruhi oleh waktu detensi, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang dikeluarkan akar tanaman dan air limbah. Keadaan tanah seperti permeabilitas tanah dan konduktivitas hidrolis sangat berpengaruh pada waktu detensi air limbah (Wood, 1993).

3. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang biak dalam sistem ini adalah mikroorganisme heterotropik aerobik, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara anaerobik (Vymazal, 1999). Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanam tanaman cattail. Dengan jarak yang diatur sedemikian rupa diharapkan tanaman cattail akan mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan mikroorganisme yang hidup dalam tanah.

Mikroorganisme dalam *wetland* meliputi : bakteri, fungi, ragi, protozoa dan alga. Peran mikroba dalam *wetland* adalah mengubah bahan organik dan anorganik menjadi bahan yang mudah larut / tidak berbahaya, mengubah kondisi reduksi / oksidasi (redox) dari suatu bahan, mempengaruhi kapasitas dari proses *wetland*, dan terlibat dalam penggunaan kembali nutrien.

Mikroba dapat berfungsi sebagai predator, menguraikan organisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit bagi manusia. Bakteri pengurai bahan organik dan nutrien yang terdapat di *wetland* dalam kondisi aerobik, anaerobik dan fakultatif-anaerob. Fakultatif-anaerob mampu berfungsi sebagai pengurai diantara kondisi aerob dan anaerob (USDA-NRCS, 2000).

Contoh bakteri fakultatif-anaerobik yaitu : *streptococci*, *enterobacteriaceae* dan spora aerobik yaitu : *bacillus spp*, *psedumonas alcaligenes*, dan *aeromonas spp*. Pada kondisi anaerobik, bakteri yang

berperan dalam proses denitrifikasi yaitu : *bacillus*, *micrococcus*, *alcaligenes* dan *spirillum*. Pada proses nitrifikasi tahap pertama yaitu mengubah ammonium menjadi nitrit, bakteri *kemoautotroph* yang berperan adalah *nitrosomonas*, *nitrosococcus*, *nitrospira*, *nitrosolobus* dan *nitrosovibrio*. Sedangkan pada proses nitrifikasi tahap kedua yaitu mengubah nitrit menjadi nitrat, bakteri *kemoautotroph* yang berperan adalah *nitrobacter*, *nitrosococcus*, *nitrospina*, *nitrospina*.

Secara umum perlakuan didalam *wetlands* dilakukan oleh bakteri *autotrof* dan *heterotrof*, partikulat dan bahan organik yang terlarut digunakan sebagai sumber karbon dan elektron donor bagi bakteri *heterotrof* (Gidley, 1995). Bakteri yang diharapkan dapat berkembang biak dalam *wetlands* adalah bakteri *heterotrof aerobik*, karena pengolahannya secara aerobik dapat berjalan lebih cepat dan sempurna dibanding pengolahan secara aerobik dapat mencegah terjadinya bau.

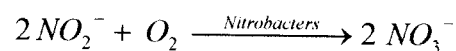
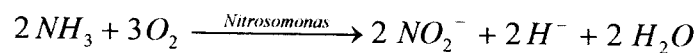
Pertumbuhan mikroorganisme dapat berkembang secara cepat apabila tersedia nutrien dan energi yang cukup. Ketika kondisi lingkungan tidak sesuai maka mikroorganisme menjadi tidak aktif dan tetap tidak aktif selama bertahun-tahun (Hilton, 1993). Populasi mikroorganisme dalam *wetlands* dipengaruhi oleh unsur beracun, seperti logam berat dan pestisida.

4. Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas efluen air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam mengolah air limbah. Temperatur yang cocok untuk *Constructed wetland* dengan menggunakan tanaman cattail adalah 20°C - 30°C (Wood, 1993).

2.5 Nitrat (NO₃) Pada *Constructed Wetland*

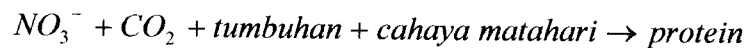
Nitrat (NO₃) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan pada bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Untuk persamaan reaksi dapat dilihat pada dibawah ini :



Proses nitrifikasi sangat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya (Krenkel dan Novotny, 1980 dalam Novotny dan Olem, 1994) :

- 1) Kadar oksigen terlarut < 2 mg/ liter, maka reaksi akan berjalan lambat.
- 2) Nilai pH optimum adalah 8 – 9. Pada pH 6, reaksi akan berhenti.
- 3) Bakteri yang melakukan nitrifikasi cenderung menempel pada sediment dan bahan padatan lain.
- 4) Suhu optimum adalah 20^o C – 25^o C. Pada kondisi suhu kurang atau lebih dari kisaran tersebut, maka kecepatan nitrifikasi berkurang.

Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein. Proses ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:



Konsumsi air yang mengandung kadar nitrat yang tinggi akan menurunkan kapasitas darah untuk mengikat oksigen, jika terjadi pada bayi maka akan mengakibatkan kulit bayi berwarna kebiruan (*blue baby*) (Davis dan Cornwell, 1991; Mason, 1993).

2.6 Fosfat (PO₄³⁻) Pada *Constructed Wetland*

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972). Fosfor juga berperan dalam transfer energi didalam sel , misalnya yang terdapat pada ATP (*Adenosine Triphosphate*) dan ADP (*Adenosine Diphosphate*). Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa

orthophosphate, poliphosphat, dan fosfat organis. Orthophosphate adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} , sedangkan poliphosphat merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ (tripolifosfat) dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat). Semua polisfosfat mengalami hidrolisis membentuk orthophosphate, tetapi perubahan ini tergantung pada suhu. Setelah masuk kedalam tumbuhan, misalnya fitoplankton, fosfat organik mengalami perubahan menjadi organofosfat. Fosfat yang berikatan dengan ferri ($\text{Fe}(\text{PO}_4)_3$) bersifat tidak larut dan mengendap didasar perairan. Pada saat terjadi kondisi anaerob, ion besi valensi tiga (ferri) ini mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (ferro) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan (Brown, 1987).

Fosfor tidak bersifat toksik bagi manusia, hewan, dan ikan. Dibawah ini adalah standar baku mutu air sesuai dengan peruntukannya.

2.7 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) Pada *Contracted Wetland*

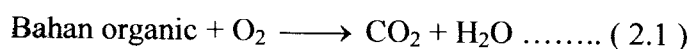
BOD adalah banyaknya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik oleh bakteri (Sugiharto, 1987). Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi.

Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang lebih stabil. Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap

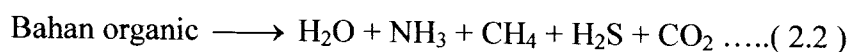
pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan organik anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai pengganggu.

Secara tidak langsung BOD merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu sejumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbohidrat dan air (Davis and Cornwell, 1991). Dengan kata lain BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu sekitar 20 C selama lima hari, dalam keadaan tanpa cahaya (Boyd, 1988).

Penguraian bahan organik oleh bakteri aerobik



Penguraian bahan organik oleh bakteri anaerobik



Pada system FWS, penurunan konsentrasi BOD tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang ada pada akar, batang dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh kedalam *wetlands*. Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetlands*, maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah batang dari *reaerasi* dan dari *translokasi* oksigen dari daun menuju *rhizosfer* tanaman (Reed, 1987).

Dekomposisi bahan organik dalam *wetlands* didasarkan pada kesetimbangan antara bahan organik yang masuk ke dalam *wetlands* dengan suplai oksigen yang terjadi, apabila persediaan oksigen di dalam air tersebut cukup dengan yang

dibutuhkan pada proses oksidasi bahan organik maka proses degradasi berlangsung secara aerobik dan apabila sebaliknya maka proses dekomposisi atau degradasi berlangsung secara anaerobik. Proses degradasi dan mineralisasi bahan organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan biofilm yang terdapat pada tanaman.

2.8 pH Pada *Constructed Wetland*

Derajat keasaman atau pH didefinisikan sebagai logaritma negative dari konsentrasi ion hydrogen dan merupakan ukuran tingkat kebasahan atau keasaman suatu larutan. Secara ilmiah pH perairan dipengaruhi konsentrasi karbondioksida bebas (CO_2) dan senyawa yang bersifat asam. Fitoplankton dan tanaman air akan mengambil CO_2 dari air selama proses fotosintesis, sehingga mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Cholik *etal*, 1991). Air murni secara kimiawi adalah netral dan memiliki jumlah ion hydrogen dan hidroksil yang sama banyaknya. Air limbah pertanian dan rumah tangga akan mengakibatkan tingginya konsentrasi ion hydrogen sehingga mengakibatkan perairan bersifat asam. Sebaliknya bisa menunjukkan konsentrasi ion hidroksil (OH^-) lebih tinggi dari pada ion hydrogen. Hal ini menunjukkan bahwa perairan bersifat basa (Fardiaz, 1992). Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan merubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 1995).

Air normal yang mempunyai syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH dibawah pH air normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan bila air mempunyai pH diatas pH normal, maka air tersebut bersifat basa. Air limbah dan buangan industri akan merubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH rendah

2.9 Kriteria Desain *Constructed Wetlands*

Ada beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan *constructed wetlands*, yaitu : waktu detensi, *organik loading rate*, kedalaman air, serta bentuk dari *constructed wetlands* yang akan dibuat. Dibawah ini merupakan beberapa criteria desain yang diperlukan untuk merencanakan *constructed wetlands*.

Rumus-Rumus yang digunakan untuk menghitung luas lahan dan waktu detensi yang dibutuhkan dalam system *Constructed Wetlands* tipe FWS :

- $K_T = K_{20} (1,1)^{(T-20)}$

Keterangan :

K_T : Temperature dependent rate constant, d^{-1}

T : Temperature

- Untuk menghitung hydraulic residence times (waktu detensi) digunakan rumus :

$$t = \frac{(\ln C_0 - \ln C_e) - 0,6539}{65.K_T}$$

Keterangan :

t : Time detention, d

C_0 : Influent BOD₅, mg/L

C_e : Effluent BOD₅, mg/L

- Rumus menghitung luas area untuk desain *wetlands* :

$$A = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e) - 0,6539}{65.K_T d}$$

A : Luas area, ha

Q : Debit, m^3

Contoh hitungan untuk desain *wetlands*

Debit limbah tahu	: 6 m ³
Konsentrasi BOD _{in}	: 1147,3 mg/L
BOD _{out} yang diharapkan sebesar	: 10 mg/L
Temperatur limbah tahu	: 30° C
Asumsi sloope <i>wetland</i>	: 1 %
Kedalaman air	: 10 cm

Perhitungan

- $$K_T = K_{20} (1,1)^{(T-20)}$$

$$K_T = 0,0057(1,1)^{(30-20)} = 0,01478 \text{ d}^{-1}$$
- $$t = \frac{(\ln C_0 - \ln C_e - 0,6539)}{65 \cdot K_T} = \frac{(\ln 1147,3 - \ln 10 - 0,6539)}{65 \cdot 0,01478}$$

$$= 4,2559 \text{ d}$$
- $$A = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e) - 0,6539}{65 \cdot K_T \cdot d}$$

$$A = \frac{6(\ln 1147,3 - \ln 10 - 0,6539)}{65 \cdot (0,01478) \cdot (0,10 \text{ m}) \cdot 10.000 \text{ m}^2 / \text{ha}}$$

$$A = \frac{24,5321}{960,7} = 0,026 \text{ ha}$$
- Perbandingan P : L adalah 2 : 1

$$A = P \cdot L = 2L \cdot L \quad 26 \text{ m}^2 = 2L^2 \quad L = 3,605 \text{ m dan } P = 7,21 \text{ m}$$

2.10 Tanaman Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk)

2.10.1 Gambaran Umum Tanaman Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk)

Tanaman kangkung air merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Kangkung air termasuk dalam suku *Convotvulaceae* dan marga *Ipomoea*. Berikut ini adalah taksonomi tanaman kangkung air, yakni :

- Sinonim : *Ipomoea reptans*
- Divisi : Spermatophyta
- Sub divisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledoneae
- Bangsa : Solanales
- Suku : Convotvulaceae
- Marga : *Ipomoea*
- Jenis : *Ipomoea aquatica* Forsk

NAMA kangkung mungkin sudah tidak asing lagi di telinga kita karena umumnya kita sudah terbiasa mengonsumsinya. Tanaman kangkung ini dapat tumbuh liar di kolam-kolam, rawa-rawa, sawah, di atas timbunan-timbunan bekas sampah, atau bahkan di lereng-lereng yang sulit ditumbuhi tanaman lain.

Tanaman ini tumbuh menjalar dengan percabangan yang cukup banyak. Sistem perakarannya tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar ke berbagai arah, dapat menembus sampai kedalaman 60 – 100 cm. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang. Bentuk daunnya seperti jantung hati dan bunganya mirip

terompet. Bentuk buahnya bulat telur yang di dalamnya berisi tiga butir biji. Bentuk biji bersegi-segi agak bulat dan berwarna coklat atau kehitam-hitaman.

Kangkung air merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Kangkung air memiliki bentuk daun panjang dengan ujung agak tumpul, berwarna hijau kelam dengan bunga yang berwarna agak putih kekuningan-kuningan atau kemerah-merahan (Dwijosaputro, 1986).

Kangkung merupakan sumber provitamin A. Di dalam 100 gram kangkung segar, terkandung vitamin A sebanyak 4,925 SI. Berdasarkan kebiasaan hidupnya, kangkung dibagi menjadi dua jenis, yaitu kangkung air (*Ipomea aquatica*) dan kangkung darat (*Ipomea reptans*).

Varietas kangkung air antara lain varietas sumenep dan biru, sedangkan varietas kangkung darat di antaranya varietas bangkok, biru, cinde, sukabumi, dan sutera.

Kangkung darat memiliki bunga berwarna putih kemerah-merahan, sedangkan kangkung air berbunga putih bersih. Batang kangkung darat berwarna putih kehijau-hijauan, sedangkan kangkung air berbatang hijau.

Kangkung darat berbiji lebih banyak dan rasanya liat, sedangkan kangkung air berbiji sedikit dan rasanya lebih rapuh.

Tanaman kangkung berkhasiat sebagai antiinflamasi, diuretik, dan hemostatik karena mengandung zat-zat kimia, seperti mineral, vitamin, karoten, *hentriakontan*, dan *sitosterol*.

Pengambilan air dan mineral pada kangkung air, terutama dilakukan oleh akar muda. Air yang diserap oleh ujung akar dan meristem sangat sedikit. Di daerah yang terdapat rambut-rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama, ion-ion secara selektif diangkut dan dikumpulkan oleh akar, sel-sel ujung akar yang tidak terdiferensiasi dan tidak bervokula tidak menghimpun ion-ion tersebut, melainkan sel-sel bervokula dan terdiferensiasi yang besar dalam mengumpulkan mineral. Ion-ion tersebut masuk dan keluar dari sel-sel secara pasif.

Untuk dapat hidup tumbuh-tumbuhan memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam bentuk molekul melalui daun, tetapi umumnya unsur hara diambil oleh tumbuhan dalam bentuk ion-ion molekul melalui akar dari dalam tanah. Makin panjang akar makin tersedia unsur hara bagi tanaman

Pada umumnya, unsur-unsur kimia di alam dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Unsur makro, biasanya dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar (> 500 ppm), seperti : N, P, K, Ca, Mg dan S.
2. Unsur mikro, dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil biasanya < 50 ppm oleh tanaman, seperti : Fe, Bo, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, Cl, empat dari unsur mikro sebagai kation dan tiga sebagai anion (Ray, 1979).

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, sulfat, karbon dan nitrogen merupakan unsur makro, yaitu unsur-unsur hara

yang diperlukan dalam jumlah besar (Dwijosaputro, 1986). Penyerapan unsur hara sangat diperlukan bagi tumbuhan untuk melakukan fotosintesis.

Kangkung air mempunyai adaptasi cukup tinggi terhadap kondisi iklim dan tanah di daerah tropis, sehingga dapat dikembangkan di berbagai daerah di Indonesia. Kangkung air dapat diperbanyak dengan stek pucuk atau batang berakar. Kangkung air cocok ditanam pada lahan basah yang tergenang air, kolam ikan, aliran sungai yang tidak terlampau deras.

Persyaratan tumbuh kangkung air adalah sebagai berikut :

1. Syarat Iklim

Kangkung air dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di dataran rendah-tinggi (pegunungan) ± 2000 m dpl, dan diutamakan lahannya terbuka / mendapat sinar matahari yang cukup. Di tempat yang terlindungi sinar matahari, kangkung air akan tumbuh memanjang (tinggi) dan kurus-kurus.

2. Syarat Tanah

Kangkung air membutuhkan tanah yang banyak mengandung air dan lumpur, misalnya ; di rawa-rawa, persawahan, kolam-kolam. Pada tanah yang kurang air (kekeringan), menyebabkan pertumbuhan tanaman kangkung air menjadi terhambat sehingga tanaman akan menjadi kerdil dan rasanya akan menjadi kelat.

2.10.2 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (*Ipomea aquatica Forsk*) Dalam *Constructed Wetlands*

Kangkung air mempunyai struktur yang spesifik baik akar, batang maupun daun. Adapun sifat yang cepat berkembang dan bertoleransi terhadap lingkungan, menyebabkan kangkung air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Kemampuan sekelompok mikroba seperti bakteri dan jamur untuk mengurai benda-benda organik dan anorganik yang terdapat dalam air limbah sudah diketahui dan dimanfaatkan sejak lama, kehadiran secara alami akan didapatkan pada air danau, selokan, lautan ataupun pada tempat-tempat lainnya yang berair, serta didataran lembab.

Ada sekelompok mikroba yang juga terdiri dari bakteri dan jamur yang hidup bersimbiosis di sekitar akar tanaman, baik tanaman yang hidup dihabitat tanah maupun air, yang kehadirannya secara khas tergantung pada akar tersebut. Kelompok mikroba tersebut pada umumnya disebut mikroba *rhizofera*. Banyak jenis mikroba *rhizofera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian benda-benda organik dan anorganik yang terdapat di dalam air buangan sehingga kehadirannya kemudian dimanfaatkan untuk keperluan pengolahan air buangan.

Banyak jenis tanaman, khususnya yang hidup dalam habitat air yang memiliki kemampuan sebagai pengolah senyawa organik atau anorganik yang terdapat dalam air buangan (Suriawiria, 1986). Sehubungan dengan kegunaannya sebagai penjernih air limbah, kangkung air berperan sebagai biofiltrasi seperti halnya enceng gondok,

kiyapu, paku air dan walingin. Pada dasarnya biofiltrasi merupakan penyerapan akumulasi zat-zat polutan yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tumbuhan.

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme *rhizofera* yang kemudian diserap oleh tanaman kangkung air dalam jumlah besar. Penyerapan unsur hara sangat diperlukan bagi tumbuhan untuk melakukan fotosintesis. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis digunakan kembali oleh mikroorganisme *rhizofera* untuk menguraikan kembali bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan unsur hara berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme *rhizofera* dengan tanaman kangkung air. Melalui siklus simbiosis ini akan berdampak terhadap penurunan beban pencemar dalam sumber air limbah.

Pemilihan tanaman kangkung air pada *constructed wetlands* ini didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman kangkung air mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.
2. Daya tahan hidup tanaman kangkung air cukup lama.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam sistem *constructed wetlands* pemeliharaannya sangat mudah.

Kangkung air dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah. Tumbuhan tersebut mampu menyerap logam berat (penyebab pencemaran) yang

terlarut dalam media tumbuh, sehingga kandungannya menjadi turun. Kadar logam berat dalam tumbuhan tersebut meningkat dan dalam media cair menurun (Muers, 1980). Sehingga ion bebas dalam air tersebut akan mampu mengikat oksigen, yang akan meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam limbah akan meningkat sehingga akan terjadi penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik.

2.11 Penelitian Dengan Memanfaatkan Tanaman Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*) dalam Sistem *constructed wetlands*.

Tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sistem *constructed wetlands* bukan hanya tanaman kangkung air namun jenis tanaman air lainnya dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pengurai limbah. Jenis tanaman air lainnya yang digunakan sebagai tanaman pengurai limbah dan telah diteliti nilai effisiensinya adalah :

1. Tanaman Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk mengolah limbah dari Industri Tapioka, adapun hasil penelitian dengan memanfaatkan tanaman enceng gondok ini adalah :

Tanaman enceng gondok ini dipilih karena tanaman ini tahan terhadap limbah dengan kandungan organik tinggi, suhu untuk tumbuhnya tanaman ini adalah 25-30°C, dengan pH berkisar antara 7-7,5. Dalam penelitian dengan menggunakan limbah tapioca ini tanaman enceng gondok dimanfaatkan untuk

menurunkan kandungan BOD, COD, TSS dan sianida (CN). Turunnya kandungan parameter tersebut terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dan tanaman enceng gondok yang mengolah bahan-bahan organik dan anorganik yang terdapat di dalam limbah cair industri tapioka yang dimanfaatkan sebagai energi dan nutrient dalam bentuk karbon dan nitrogen dengan tingkat efisiensi pengolahan limbah cair selama waktu detensi 10 hari, BOD 97,94 %, COD 84,35 %, TSS 45,62 % dan CN 99,87 %. Peran tanaman enceng gondok didalam system pengolahan *constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan-bahan organik dalam air limbah industri tapioca menjadi nutrien bagi pertumbuhan dan sebagai tempat tumbuhnya berbagai mikroorganisme pengurai limbah.

2. Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*) untuk mengolah limbah Industri Penyamakan Kulit.

Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*) memiliki syarat tumbuh sebagai berikut :

- pH optimum untuk tanaman ini dapat tumbuh adalah 4,5-7.
- Ketinggian air untuk tumbuh didaerah tropis 3-5 cm.
- Harus tersedia cukup unsur C, H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, Fe.
- Suhu optimum 20-30° C.
- Kelembaban optimum 85%-90%.

Tanaman kiapu digunakan dalam penelitian untuk mengolah limbah dari industri penyamakan kulit karena memiliki keunggulan daya kecambah yang tinggi, tahan terhadap gangguan tempat hidup yang baru, pertumbuhan cepat, tidak peka terhadap suhu, tingkat absorpsi/ penyerapan unsur hara dan air besar, daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim. Pada penelitian dengan limbah penyamakan kulit ini tanaman kiapu digunakan untuk menurunkan TSS, Cr dan pH. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan penurunan TSS, Cr dan pH dalam *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman kiapu yang mengolah bahan organik/ anorganik yang terdapat didalam limbah cair industri penyamakan kulit sebagai nutrisi dan energi. Peranan tanaman didalam sistem pengolahan *constructed wetlands* adalah sebagai media yang menguraikan bahan organik dalam air limbah cair industri penyamakan kulit menjadi nutrisi bagi pertumbuhan dan sebagai media tumbuhnya mikroorganisme pengurai air limbah.

Effisiensi penurunan parameter diatas dengan waktu detensi 12 hari adalah TSS 51,85% dan Cr 74,29 %.

Distribusi logam Cr ini terjadi pada seluruh bagian tanaman terutama pada akar dan daun tanaman. Kapasitas terbesar penyerapan terjadi pada bagian akar hal ini karena akar merupakan media pertama yang dilalui Cr.

2.12 Hipotesis

Berdasarkan teori yang telah dikemukakan, maka dapat diambil beberapa hipotesa, yaitu :

1. Bahwa sistem *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air dapat menurunkan konsentrasi BOD₅, pH, nitrat dan fosfat pada limbah pabrik tahu.
2. Bahwa sistem *constructed wetland* dengan tanaman kangkung air merupakan alternatif pengolahan limbah cair yang aman, murah, dan efisien.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dapat disebut dengan penelitian ilmiah apabila memiliki metode penelitian yang sistematis. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan disebelah timur laboratorium Rancang Bangun, dimana limbah diambil di jalan kaliurang Km 14,5, sedangkan analisa air dilakukan di laboratorium rancang bangun dan laboratorium kualitas lingkungan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor berukuran 0,5 m x 1 m dan ditanamai kantung air.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tahu yang berasal dari proses pembuatan tahu. Limbah ini diambil dari Kabupaten Sleman. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala lapangan pada tahap akhir penelitian.

3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan April – September 2006 yang dilanjutkan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan skripsi. Yang terdiri dari persiapan penelitian, pembelian tanaman kangkung air, penanaman kangkung dalam reaktor, pengambilan sampel air, pemeriksaan dilaboratorium, analisa data serta penyusunan laporan akhir.

3.4 Karakteristik Awal Limbah Cair

Limbah cair industri tahu yang akan digunakan sebagai bahan penelitian mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 3.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Pabrik Tahu

Karakteristik	Satuan	Konsentrasi
BOD	mg/L	1147.3
Nitrat	mg/L	150.325
Total P	mg/L	100.18
pH		4

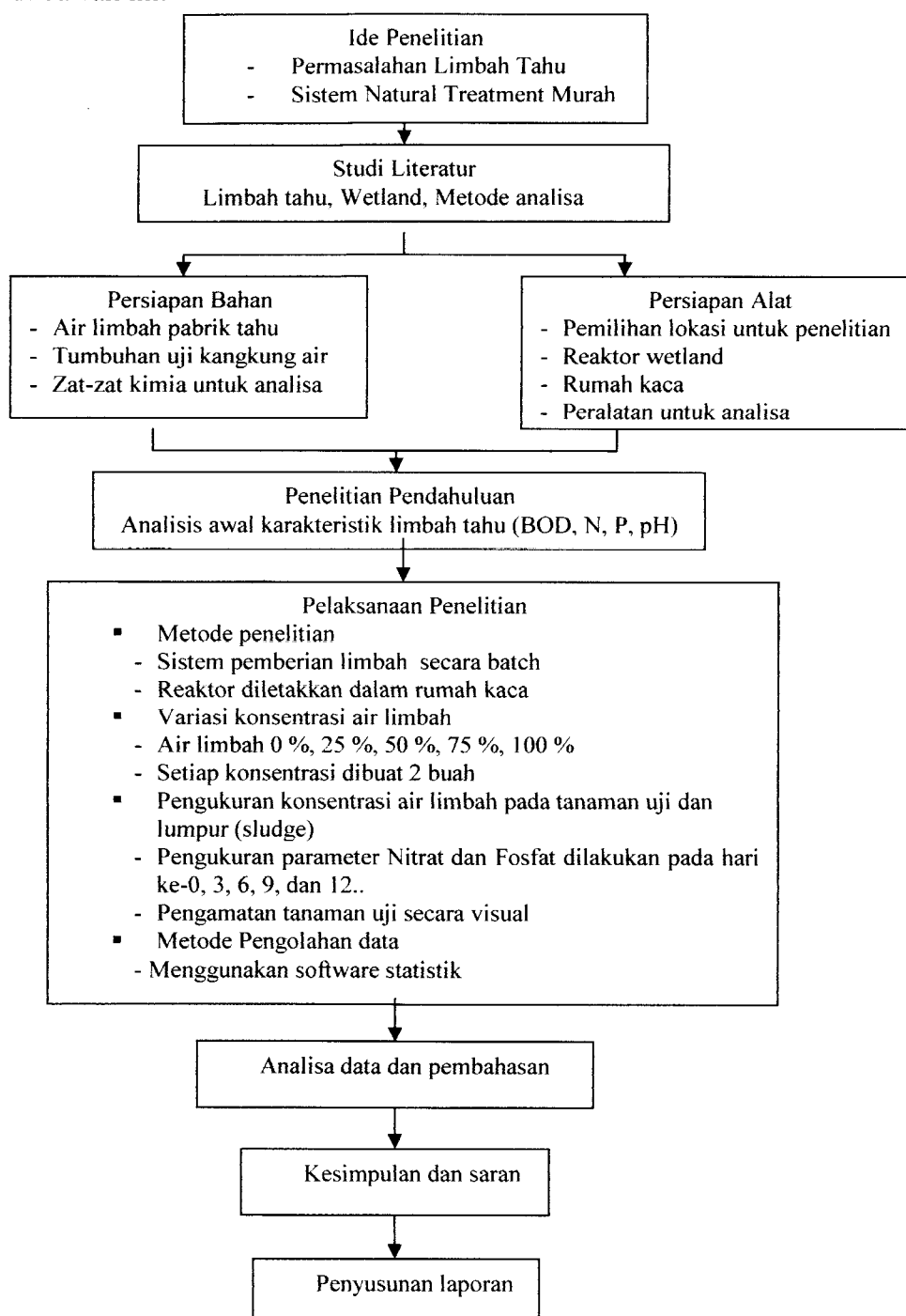
Sumber : Data Primer

3.5 Parameter Penelitian

Parameter limbah cair industri tahu yang diamati dalam penelitian meliputi : BOD, Nitrat, Total P dan pH yang telah mendapat perlakuan di dalam reaktor *batch constructed wetlands* dengan variasi waktu pengujian.

3.6 Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.7 Desain *Constructed Wetlands*

Pembuatan reaktor *batch constructed wetlands* yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kangkung air (*ipomoea aquatica forks*) dengan jumlah tiap reaktor adala 20 tanaman tiap reaktor. Tanaman ditanaman pada permukaan tanah yang telah jenuh. Penelitian dilakukan dalam rumah tanaman. Media tanam yang digunakan adalah tanah dengan tinggi tanah 10 cm dan tinggi limbah 15 cm dari permukaan tanah. Reaktor diletakkan dalam rumah reaktor.

b. Dimensi reaktor

Reaktor dibuat dengan kayu dan dilapisi dengan plastik sebagai lapisan kedap air. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah, terbagi atas :

- a) Reaktor kontrol, dialiri dengan air limbah dengan konsentrasi 0% (tanpa limbah), dimana reaktor ditanami dan tidak ditanami kangkung air.
- b) Reaktor uji, dialiri air limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100%, dimana reaktor pada masing-masing konsentrasi ditanami dan tidak ditanami tanaman kangkung air.

Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch constructed wetlands* adalah sebagai berikut :



- b) Reaktor uji, dialiri air limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100%, dimana reaktor pada masing-masing konsentrasi ditanami dan tidak ditanami tanaman kangkung air.

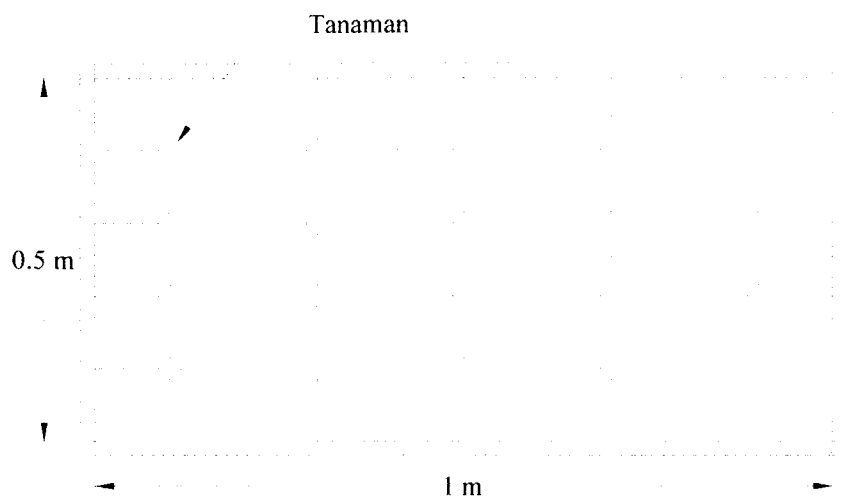
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch constructed wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Perhitungan Dimensi Reaktor *batch constructed wetlands*

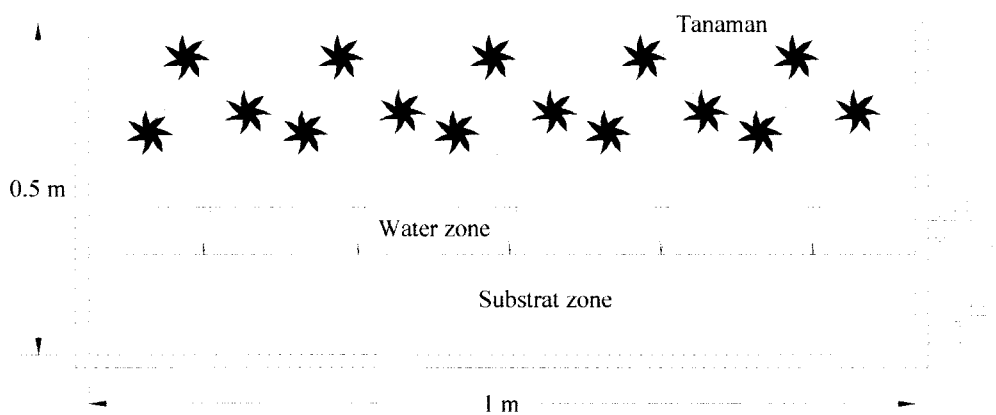
Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan
Waktu detensi (Td)	td	12	hr	
Ketinggian air	d	7	cm	
Tebal Substrat	h	8	cm	
Freeboard	fb	10	cm	
Debit	Q	37,5	m ³	
Lebar : Panjang	W : L	1 : 2		
Lebar	W	0.5	m	
Panjang	L	1	m	2 x W
Tinggi reaktor	H	25	m	
Luas area	A	0.5	m ²	A = L x W
Volume reaktor	Vr	0.125	m ³	A x (d + h + fb)

Sumber : Hasil perhitungan

Dibawah ini merupakan gambar tampak atas dan tampak samping dari reaktor *batch constructed wetlands*



Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)



Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)

3.8 Pelaksanaan Penelitian

3.8.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap pelaksanaan, yaitu :

- a. Penyiapan konstruksi reaktor *wetlands*, reaktor dibuat dari kayu dengan ukuran 0,5 m x 1 m yang dilapisi plastik sebagai lapisan kedap air. Setiap reaktor diberi tanah sebagai media tanam kangkung air setinggi 8 cm. Untuk menghindari air hujan bila terjadi hujan dan embun masuk, maka reaktor dimasukkan kedalam rumah kaca. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor adalah sebagai berikut :

1. Media tanam yaitu tanah
2. Papan
3. Plastik
4. Paku
5. Kertas Label
6. Beton penyangga reaktor
7. Paku Payung

- b. Penyiapan media tanaman, tanaman yang digunakan adalah kangkung air. Pengambilan tanaman kangkung air yang digunakan diambil berdasarkan keseragaman tinggi dan jumlah daun. Setiap reaktor ditanami kangkung air sebanyak 30 batang tanaman dengan jarak tanam 10 cm x 10 cm. Sebelum ditanam, tanaman kangkung dimasukkan kedalam reaktor yang dialiri dengan air biasa dengan

tujuan agar tanaman beradaptasi terlebih dahulu dengan lingkungan yang baru. Setelah dua hari kangkung dipindahkan kedalam reaktor dan dialiri dengan limbah industri tahu dengan ketinggian limbah dari permukaan tanah 7 cm dalam reaktor.

3.8.2 Pelaksanaan Penelitian

a. Pengaliran air limbah pada reaktor

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengaliran *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah industri tahu yang akan dijadikan objek penelitian dan analisa 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

b. Desain sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9 dan 12 hari. Pengambilan sampel pada hari ke nol dilakukan pada saat sampel akan dimasukkan kedalam inlet reaktor, dimana hasilnya akan digunakan sebagai data konsentrasi awal limbah. Sampel dianalisa di laboratorium.

3.9 Analisa Kualitas Air Limbah

3.9.1 Analisa BOD₅

Prinsip pengukuran BOD₅, pengukuran terdiri dari pengenceran sampel, inkubasi selama 5 hari pada suhu 20° C dan pengukuran oksigen terlarut sebelum dan sesudah inkubasi. Penurunan oksigen terlarut selama inkubasi menunjukkan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh sampel air. Oksigen terlarut dianalisa dengan menggunakan metode titrasi winkler. Proses analisa BOD₅ dapat dilihat pada lampiran.

3.9.2 Analisa Nitrat

Prinsip pengukuran nitrat diaman sampel terlebih dahulu disaring kemudian nitrat didalam air jika suasana asam dengan brusin sulfat dan asam sulfanilat akan membentuk senyawa kompleks yang berwarna kuning. Warna kuning yang terjadi diukur intensitasnya dengan alat spektrofotometri dengan panjang gelombang 433 nm. Langkah – langkah analisa nitrat selengkapnya dapat dilihat pada lampiran II.

3.9.3 Analisa Total P

Metode yang digunakan dalam analisa ini adalah makro Kjeldahl – Spektrofotometri. Prinsip dalam percobaan ini adalah fosfat dengan amonium molibdat akan membentuk senyawa kompleks yang berwarna kuning, dengan

adanya penambahan reduktor SnCl_2 maka akan mereduksi dan membentuk senyawa kompleks yang berwarna biru. Intensitas warna biru yang terjadi diukur dengan alat spektrofotometri dengan panjang gelombang 674 nm.

3.9.4 Analisa pH

Prinsip pengukuran pH dalam penelitian ini adalah pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dan pH stik. Pengukuran dengan pH meter secara langsung dapat dibaca derajat keasaman atau kebasaaan suatu sampel.

3.10 Analisa Pertumbuhan Tanaman

Pada tanaman juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual terhadap tanaman uji yang meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun dan tinggi tanaman) dan daya tahan terhadap limbah. Sedangkan pengamatan yang sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat efisiensi dari sistem yang digunakan.

3.11 Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (efisiensi removal) maupun data pendukung (kondisi tanaman uji).

Analisa untuk mengetahui konsentrasi yang terdapat pada suatu tanaman atau tanah terhadap berat dan volume sampel (Handi, 2005), yaitu :

$$C_2 = C_1 * \left(\frac{V_s}{W_s} \right) \quad \dots (3.1)$$

dimana : C_1 = Konsentrasi pada larutan sampel tanah atau tanaman (mg/L)

C_2 = Konsentrasi pada tanah atau tanaman (mg/gr)

V_s = Volume sampel air (L)

W_s = Berat sampel tanah atau tanaman (gram)

Data-data tersebut diolah dengan menggunakan analisis ragam (UNIANOVA) dengan tingkat signifikansi (α) = 0,05 menggunakan software SPSS 12; yang diawali dengan *Between – Subjects factors* dengan tujuan untuk melihat jumlah data antara 2 faktor. Untuk *Test of Between – Subjects Effects* digunakan hipotesis :

- i. H_0 = tidak ada pengaruh waktu detensi/ variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.
- ii. H_1 = ada pengaruh waktu detensi/ variasi konsentrasi limbah terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

Dengan dasar pengambilan keputusan

- $\alpha > 0,05$ maka H_0 diterima
- $\alpha < 0,05$ maka H_0 ditolak

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Semakin maraknya pertumbuhan usaha kecil dan menengah dewasa ini salah satunya industri tahu yang saat ini banyak diusahakan oleh warga masyarakat dimana karena masalah biaya mereka tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan namun dibuang begitu saja ke lingkungan sehingga perlu mendapatkan perhatian karena akan menyebabkan berubahnya keseimbangan lingkungan. Penelitian ini bertujuan salah satunya untuk mengatasi masalah lingkungan yang timbul karena maraknya industri tahu yang tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang telah dihasilkan, penelitian ini dimulai dengan melakukan penanaman tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forsk*) didalam reactor perlakuan yang berukuran panjang 1 m dan lebar 0,5 m.

Pemberian limbah dilakukan dengan konsentrasi limbah yang berbeda-beda yaitu konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Pengujian terhadap limbah dilakukan dengan waktu detensi per tiga hari, adapun waktu pengambilan sampel limbah adalah 0 hari, 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari.

Pemanfaatan tanaman kangkung air untuk mengolah limbah cair pabrik tahu dengan konsentrasi limbah yang bervariasi dengan volume tiap reaktor 37,5 L menunjukkan efisiensi penurunan yang berbeda-beda dalam menurunkan parameter BOD_5^{20} , Nitrat, Total fosfat dan pH, baik reaktor yang ditanami kangkung air maupun yang tanpa tanaman kangkung air.

4.1 Analisa pH

Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa setelah penanaman dan pengujian pada hari ke-12 pH limbah tidak banyak mengalami perubahan.

Variasi nilai penurunan pH limbah cair berdasarkan konsentrasi limbah dengan waktu detensi per tiga hari dapat dilihat pada tabel hasil dibawah ini.

Table 4.1 Nilai pH dengan IAF

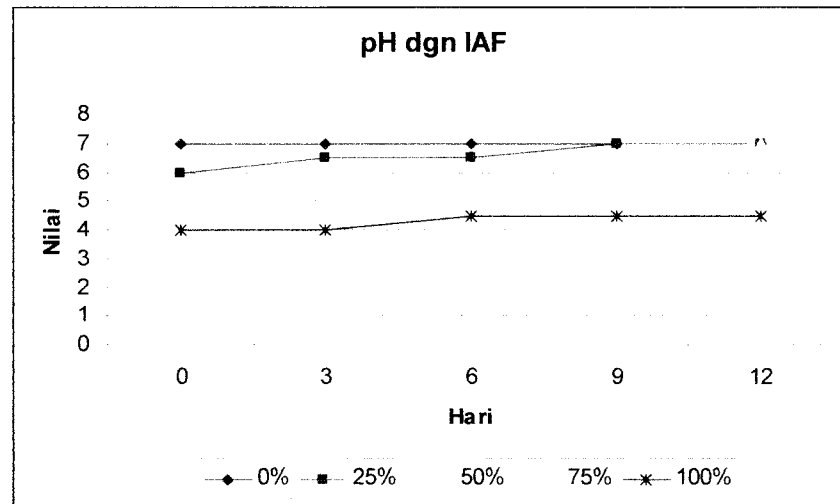
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6.5	6.5	0	5	5.5	-10	4.5	5	-11.1	4	4	0
6	7	7	0	6.5	6.5	0	5.5	6	-9.09	5	5	0	4	4.5	-12.5
9	7	7	0	6.5	7	-7.69	6	6.5	-8.33	5	5.5	-10	4.5	4.5	0
12	7	7	0	7	7	0	6.5	7	-7.69	5.5	5.5	0	4.5	4.5	0

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

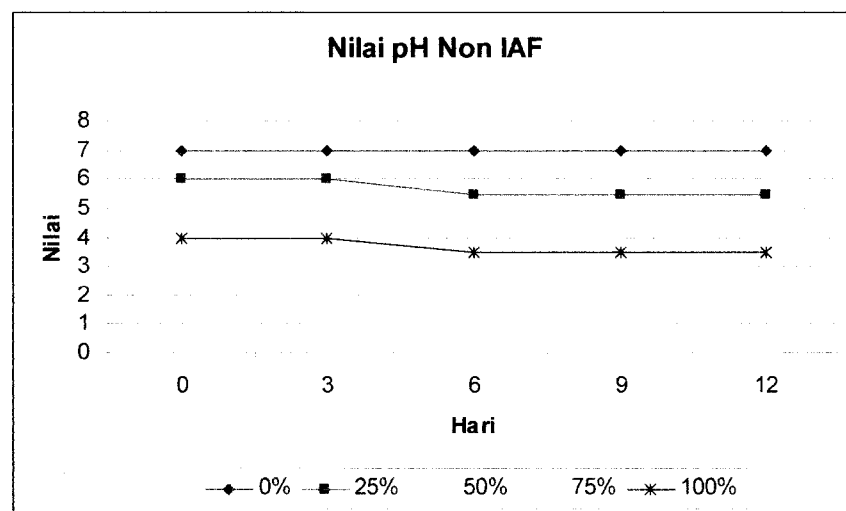
Table 4.2 Nilai pH tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
6	7	7	0	6	5.5	8.33	5	5	0	4.5	4.5	0	4	3.5	12.5
9	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0
12	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0

Dari nilai tersebut jika dibuat dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Nilai pH dgn IAF



Gambar 4.2 Nilai pH Non IAF

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai pH untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air memiliki pH yang tidak berubah sampai waktu detensi hari ke-12, namun untuk reaktor dengan tanaman kangkung air terjadi perubahan pH dari kondisi pH asam yaitu 4 menjadi pH 5,5.

Berdasarkan gambar 4.1 reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forks*), pada hari ke-12 dengan konsentrasi limbah 0 % tidak terjadi kenaikan nilai pH, pada awal pengolahan nilai pH pada reaktor 7 sampai hari ke-12 nilai pH tetap, hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 0% hanya mengandung zat organik dengan nilai yang sangat sedikit sehingga tidak terjadi perombakan bahan organik secara besar-besaran oleh mikroorganisme. Konsentrasi limbah 25 % terjadi kenaikan nilai pH, pada awal pengolahan nilai pH pada reaktor adalah 6, pada hari ke-3 terjadi kenaikan nilai pH menjadi 6,5 pada hari ke-6 nilai pH tetap 6,5. Pada hari ke-9 terjadi lagi kenaikan nilai pH menjadi 7, pada hari ke-12 tidak terjadi lagi kenaikan nilai pH sehingga pH limbah pada akhir pengolahan adalah 7. Konsentrasi limbah 50% nilai pH pada awal pengolahan adalah 5, setelah tiga hari pengolahan pH naik menjadi 5,5, pada hari keenam pengolahan pH naik lagi menjadi 6, pada hari kesembilan pH naik menjadi 6,5 dan pada hari terakhir pengolahan limbah menjadi netral yaitu 7. Konsentrasi limbah 75% pada awal pengolahan memiliki pH 4,5 pada hari ketiga pH limbah naik menjadi 5, hari keenam pengolahan pH tetap 5 namun pada hari kesembilan terjadi kenaikan lagi menjadi 5,5 dan pada hari terakhir pH tetap. Untuk konsentrasi 100% pH awal adalah 4 dan sampai dengan hari ketiga pengolahan tidak terjadi kenaikan nilai pH, kenaikan hanya terjadi pada hari keenam sehingga nilai pH menjadi 4,5 setelah hari keenam pH tidak mengalami kenaikan lagi sampai akhir pengolahan.

Untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 0% pada awal pengolahan memiliki nilai pH 7, nilai pH tidak mengalami perubahan

sampai dengan hari terakhir pengolahan. Untuk konsentrasi 25 % pada awal pengolahan limbah memiliki nilai 6, hari ketiga terjadi penurunan nilai pH menjadi 5,5 pada hari keenam nilai pH. Konsentrasi limbah 50 % dengan nilai pH awal adalah 5 nilai pH pada konsentrasi ini tidak mengalami perubahan sejak awal pengolahan sampai dengan hari terakhir pengolahan. Konsentrasi limbah 75 % dengan nilai pH 4,5 sama halnya dengan konsentrasi limbah 50% pada konsentrasi ini pun tidak terjadi perubahan nilai pH sejak awal pengolahan sampai dengan hari terakhir pengolahan dan konsentrasi limbah 100 % dengan nilai pH 4, perubahan nilai pH baru terjadi pada hari keenam dimana limbah mengalami penurunan nilai pH menjadi 3,5 sampai hari terakhir pengolahan.

Perbedaan efisiensi antara reaktor tanpa kangkung air dengan reaktor yang ditanami kangkung air dapat disebabkan oleh kegiatan mikroba dalam pemecahan zat organik yang menghasilkan senyawa anorganik, dimana senyawa anorganik ini akan berikatan dengan air. Dari proses inilah yang menyebabkan nilai pH dalam air limbah menjadi naik. Adanya tanaman dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan bagi alga dan mikroba yang akan menguraikan bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik dalam limbah.

Tabel 4.3 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Nilai pH**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51.325(a)	9	5.703	47.523	.000
Intercept	1540.125	1	1540.125	12834.375	.000
Media	3.125	1	3.125	26.042	.000
Hari	45.900	4	11.475	95.625	.000
Media * Hari	2.300	4	.575	4.792	.003
Error	4.800	40	.120		
Total	1596.250	50			
Corrected Total	56.125	49			

a. R Squared = .914 (Adjusted R Squared = .895)

media : Tanaman Kangkung

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Nilai pH terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 95,625 dengan nilai signifikansi 0,000. Karena nilai signifikansinya $< 0,05$, H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap perubahan nilai pH. Semakin lama waktu detensi nilai pH pada reaktor semakin mendekati netral. Hal ini disebabkan semakin lama waktu detensi kandungan bahan organik yang terdapat pada limbah sudah semakin berkurang karena terurai oleh mikroorganisme. Variasi konsentrasi limbah juga mempengaruhi nilai pH, ini dapat dilihat dari hasil uji *Tests of Between-Subjects Effects* diatas yang mempunyai nilai F hitung 4,792 dengan nilai signifikansi 0,003 berarti $\alpha < 0,05$ berarti H_0 ditolak. Semakin tinggi konsentrasi limbah semakin asam kondisinya. Jika kondisi limbah terlalu asam akan menyebabkan sulitnya mikroorganisme untuk tumbuh pada reactor serta mengakibatkan terhambatnya proses nitrifikasi (Hefni Effendi, 2003).

4.2 Analisa BOD₅

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan nilai BOD yang terkandung dalam limbah industri tahu. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reactor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reactor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Variasi nilai penurunan masing-masing parameter limbah cair berdasarkan konsentrasi limbah dengan waktu detensi per tiga hari dapat dilihat pada tabel hasil penelitian dibawah ini.

Table 4.4 Konsentrasi BOD₅ dengan IAF

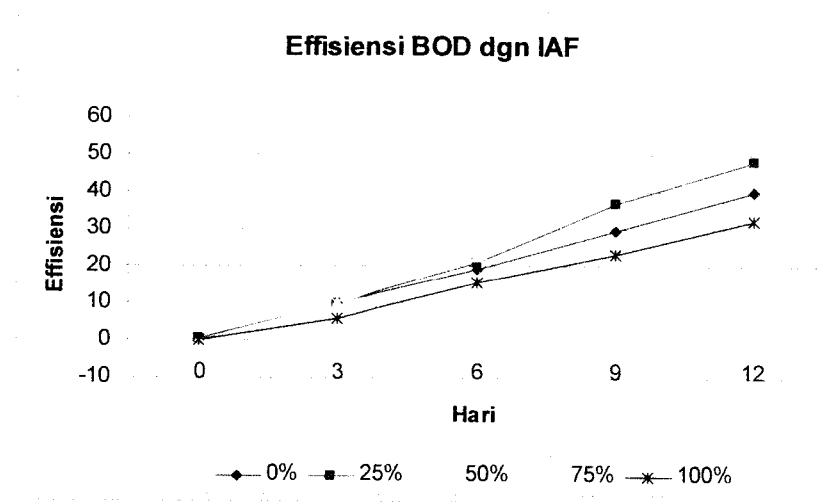
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.994	0.1	275.7	274.6	0.4	550.6	550.6	0	825.4	825.5	-0.01	1147.3	1147.5	-0.02
3	1.994	1.796	9.93	274.6	248.13	9.64	550.6	495.54	10	825.5	742.85	10.01	1147.5	1078.5	6.01
6	1.796	1.617	9.97	248.13	218.35	12	495.54	426.16	14	742.9	683.42	8	1078.5	970.6	10
9	1.617	1.407	12.99	218.35	174.68	20	426.16	323.89	24	683.4	615.08	10	970.6	883.3	8.99
12	1.407	1.196	15	174.68	143.24	18	323.89	259.11	20	615.1	516.67	16	883.3	777.3	12

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

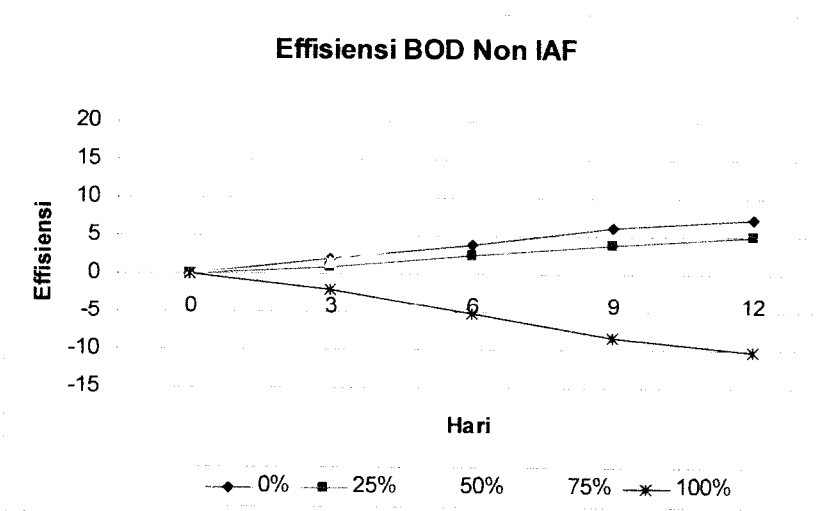
Table 4.5 Konsentrasi BOD₅ tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.996	0.00	275.7	275.7	0.00	550.6	550.6	0.00	825.4	825.4	0.00	1147.3	1147.3	0.00
3	1.996	1.956	2.00	275.7	272.94	1.00	550.6	542.34	1.50	825.4	812.2	1.60	1147.3	1170.2	-2.00
6	1.956	1.917	1.99	272.94	268.85	1.50	542.34	509.80	6.00	812.2	783.8	3.50	1170.2	1206.5	-3.10
9	1.917	1.875	2.19	268.85	264.82	1.50	509.80	477.68	6.30	783.8	752.4	4.00	1206.5	1243.9	-3.10
12	1.875	1.852	1.23	264.82	261.8	1.14	477.68	451.40	5.50	752.4	720.3	4.27	1243.9	1263.4	-1.57

Dari nilai efisiensi diatas jika dibuat kedalam grafik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Effisiensi Penurunan Parameter BOD₅ dgn IAF



Gambar 4.4 Effisiensi Penurunan Parameter BOD₅ Non IAF

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD limbah cair industri tahu dengan 2 jenis variasi perlakuan yaitu dengan menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air, limbah yang ditanami menunjukkan adanya penurunan yang berarti untuk setiap konsentrasi limbahnya.

Berdasarkan gambar 4.3 reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomea Aquatica Forks*), pada hari ke-12 dengan konsentrasi limbah 25 % terjadi penurunan limbah 48,04 % dari konsentrasi limbah awal 274.6 mg/L dan pada hari ke-12 menjadi 143.2 mg/L. konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya 52,95 % dengan konsentrasi limbah awal 550,6 mg/L menjadi 259,1 mg/L. Konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya 37,40 % dengan konsentrasi awal sebesar 825,4 mg/L menjadi 364,7 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % dengan konsentrasi awal sebesar 1147,3 mg/L menjadi 777,3 mg/L terjadi penurunan sebesar 32,25 %.

Untuk reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunannya sebesar 5,04 % dari konsentrasi limbah awal 275,7 mg/L menjadi 261,08 mg/L. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal 550,6 mg/L menjadi 451,4 mg/L dengan efisiensi 18,02 %. Konsentrasi limbah 75 % dengan konsentrasi limbah awal 825,4 mg/L menjadi 720,3 mg/L dengan efisiensi 12,73 % dan konsentrasi limbah 100 % dengan konsentrasi limbah awal 1147,3 menjadi 1263,4, dimana pada konsentrasi ini terjadi kenaikan limbah dan penurunan efisiensi sebesar -10,12 %.

Berdasarkan pengamatan mulai dari hari ke-0, 3, 6, 9 dan hari ke-12 ternyata reaktor dengan limbah industri tahu yang ditanami dengan kangkung air (IAF) menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor dengan limbah industri tahu tanpa tanaman kangkung air (non IAF).

Penurunan konsentrasi BOD₅ dalam reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (IAF) disebabkan oleh adanya suplai oksigen karena adanya proses

fotosintesis oleh tanaman kangkung air dan tanaman sejenis alga yang tumbuh pada permukaan air limbah dimana dalam proses fotosintesis akan dihasilkan oksigen, proses difusi langsung ke badan air yang berada dalam reaktor dan melalui reaerasi dari permukaan tanaman, serta dari translokasi oksigen menuju lapisan *rhizosfer* dan proses difusi langsung dari atmosfer yang berada di atas permukaan air. (Reed et., al 1987 dan Merz, 2000) mengenai suplai oksigen di dalam *wetland*.

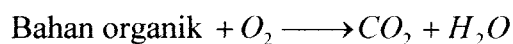
Oksigen yang dihasilkan tersebut dibutuhkan untuk menguraikan secara aerobik bahan organik karbon yang terdapat dalam air limbah oleh mikroorganisme, sedangkan untuk reaktor yang tidak ditanami kangkung air (IAF) suplai oksigen hanya terjadi pada proses difusi dan reaerasi pada permukaan air. Oksigen yang dihasilkan oleh proses fotosintesis oleh tanaman ini akan menyebabkan naiknya kadar DO (*Dissolved Oksigen*) sehingga proses dekomposisi bahan organik menjadi bahan anorganik lebih cepat sehingga bahan organik dalam air limbah berkurang, dengan demikian kadar BOD dalam air limbah turun.

Pada konsentrasi limbah 100 % untuk reaktor tanpa kangkung air (Non IAF) terjadi kenaikan konsentrasi BOD dalam limbah, hal ini disebabkan karena tidak adanya tanaman yang melakukan fotosintesis sehingga kadar DO (*Dissolved Oksigen*) menjadi berkurang karena dimanfaatkan oleh mikroba dan alga yang akan menguraikan bahan organik menjadi bahan anorganik. Habisnya oksigen terlarut dalam limbah akan menyebabkan matinya mikroba aerob sehingga akan menambah beban organik pada limbah. Pertumbuhan alga dan bakteri pada

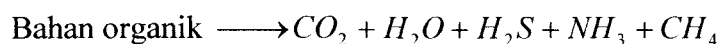
reaktor ditunjukkan dengan terlihatnya lapisan biofilm pada permukaan reaktor. Pada reaktor tanpa tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100% mulai dari awal pengolahan sampai ketiga terjadi pengolahan secara aerobik sedangkan mulai hari keempat sampai hari terakhir pengamatan terjadi penguraian bahan organik secara anaerobik, hal ini dapat dilihat dari timbulnya bau pada reaktor yang berasal dari hasil penguraian bahan organik serta terjadinya perubahan warna pada air limbah yang terdapat pada reaktor yang semakin lama semakin hitam. Sedangkan pada konsentrasi limbah 0% terjadi penguraian bahan organik mulai dari awal pengolahan sampai hari terakhir pengolahan.

Pada dekomposisi bahan organik, mikroba memanfaatkan bahan organik sebagai sumber makanan dari suatu rangkaian biokimia yang kompleks. Reaksi-reaksi tersebut dapat berupa katabolisme maupun anabolisme. Pada reaksi katabolisme, makanan (bahan organik) dipecah untuk menghasilkan energi. Pada proses anabolisme, energi digunakan untuk sintesis sel baru.

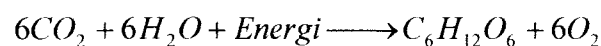
Proses dekomposisi bahan organik secara aerob :



Penguraian bahan organik secara anaerob :



Proses Fotosintesis :



Proses respirasi oleh mikroorganisme akan menghasilkan karbondioksida, air, dan energi yang digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis dengan

bantuan sinar matahari sebagai sumber energi. Karbohidrat dan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis dimanfaatkan kembali oleh mikroorganisme untuk menguraikan kembali bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme dengan tanaman berlangsung dalam *wetlands*. Melalui siklus simbiosis ini akan berdampak terhadap penurunan bahan pencemar pada sumber limbah.

Tabel 4.6 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi BOD₅

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7372129.882(a)	9	819125.542	149.532	.000
Intercept	12674641.771	1	12674641.771	2313.771	.000
Waktu	92731.594	4	23182.899	4.232	.006
Konsentrasi	7159547.341	4	1789886.835	326.746	.000
Media	119850.947	1	119850.947	21.879	.000
Error	219116.617	40	5477.915		
Total	20265888.270	50			
Corrected Total	7591246.499	49			

a R Squared = .971 (Adjusted R Squared = .965)

Media disini yaitu dengan tanaman dan tanpa tanaman

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi BOD₅ terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 4,232 dengan signifikansi 0,006. Nilai probabilitas < 0,05, maka H₀ ditolak artinya disini waktu detensi memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap penurunan kandungan BOD₅ pada reaktor dengan tanaman maupun reaktor tanpa tanaman. karena jika dilihat dari hasil pengujian laboratorium pun menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi BOD. Karena waktu detensi yang semakin lama akan memberikan kontak yang lebih

lama juga antara limbah dengan mikroorganisme yang tumbuh menempel pada tanaman, sehingga memberikan kesempatan tanaman untuk mentransfer oksigen ke bagian akar

Nilai F hitung 21.879 dengan nilai signifikansi 0,000. Nilai probabilitas, $\alpha < 0,05$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa adanya tanaman dalam reaktor memiliki pengaruh terhadap perubahan konsentrasi bahan organik dalam reaktor. Karena tanaman dalam reaktor dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang biak.

4.3 Analisa Nitrat

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan kandungan nitrat yang terkandung dalam limbah industri tahu namun ada pula yang mengalami kenaikan. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reaktor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reaktor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Variasi efisiensi removal Nitrat yang terkandung dalam limbah sampai waktu detensi hari ke-12 dapat dilihat pada tabel hasil penelitian dibawah ini.

Table 4.7 Konsentrasi Nitrat dengan IAF

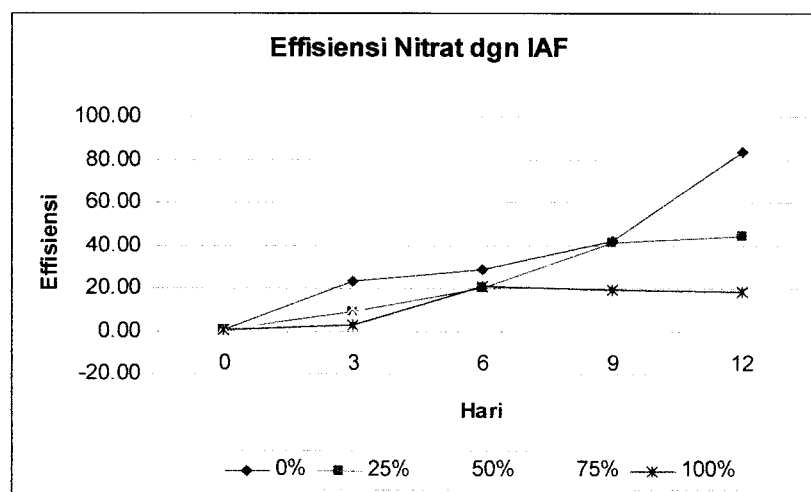
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.5	0.11	70	69.98	0.03	114	113.98	0.02	150.33	150.3	0.02
3	1.29	0.99	23.06	26.5	24.23	8.58	69.98	65.33	6.65	113.98	101.78	10.71	150.3	146.53	2.51
6	0.99	0.92	7.30	24.23	21.25	12.28	65.33	58.7	10.14	101.78	96.5	5.18	146.53	119	18.79
9	0.92	0.76	17.39	21.25	15.68	26.21	58.7	46.53	20.73	96.5	92.05	4.61	119	105.38	11.45
12	0.76	0.21	72.37	15.68	14.8	5.61	46.53	44.83	3.65	92.05	49.73	45.98	105.38	97.7	7.29

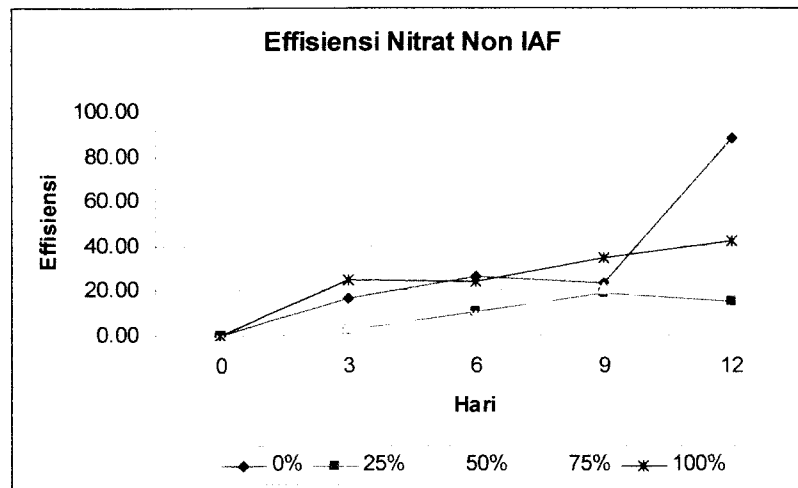
Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

Table 4.8 Konsentrasi Nitrat tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.53	0.00	70	70	0.00	114	114	0.00	150.33	150.33	0.00
3	1.29	1.08	16.36	26.53	25.95	2.19	70	67.6	3.43	114	111.75	1.97	150.33	112.7	25.03
6	1.08	0.95	11.96	25.95	23.7	8.67	67.6	64.28	4.91	111.75	104.65	6.35	112.7	114	-1.15
9	0.95	0.99	-4.21	23.7	21.45	9.49	64.28	55.05	14.36	104.65	53.6	48.78	114	82.2	27.89
12	0.99	0.16	83.84	21.45	22.6	-5.36	55.05	68.53	-24.49	53.6	60.88	-13.58	82.2	86.68	-5.45

Jika dibuat kedalam grafik maka akan terlihat seperti grafik dibawah ini:

**Gambar 4.5 Effisiensi Penurunan Nitrat dgn IAF**



Gambar 4.6 Effisiensi Penurunan Nitrat Non IAF

Dari hasil penelitian menunjukkan perbandingan antara reaktor yang ditanami kangkung air dan non kangkung, bahwa konsentrasi rata-rata pada reaktor tanpa kangkung air memiliki efisiensi penurunan kandungan nitrat yang lebih baik dibandingkan pada reaktor yang ditanami kangkung air.

Penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik dimana pada proses ini dilepaskan nitrat ke badan air dimana bahan-bahan tersebut masih dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya, hal ini dapat menyebabkan meningkatnya kandungan nitrat dalam limbah. Disamping itu juga kadar nitrat dalam limbah bertambah karena terikatnya nitrogen di udara serta matinya tanaman pada konsentrasi limbah 50 %, 75 % dan 100 untuk konsentrasi ini pada hari keenam dan kesembilan terjadi penurunan efisiensi removal nitrat dalam limbah dengan kata lain terjadi peningkatan kandungan nitrat dalam limbah, hal ini dapat disebabkan matinya sebagian tanaman kangkung air, terutama untuk konsentrasi limbah 100 %, 80 % tanamannya mati karena kandungan limbah yang terlalu tinggi sehingga tanaman belum bisa untuk

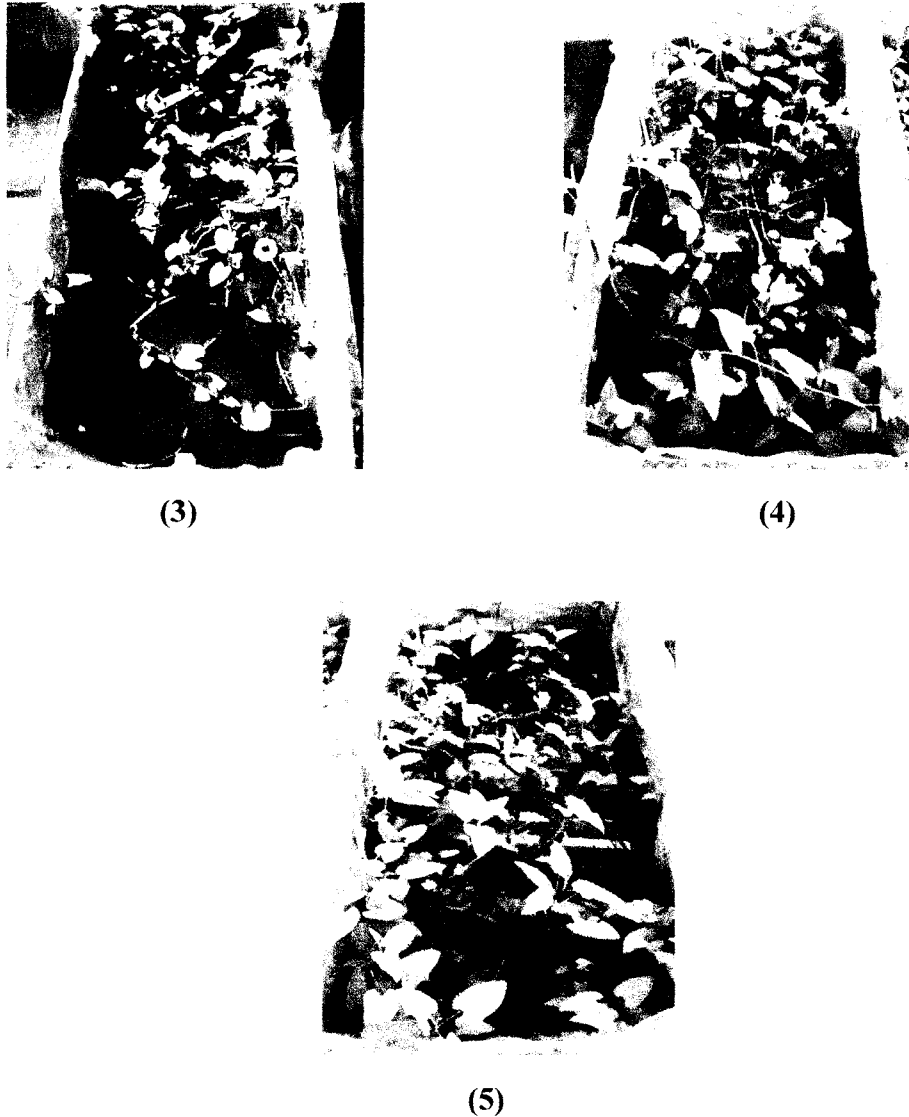
menyesuaikan dengan keadaan yang ada, matinya tanaman ini menyebabkan meningkatnya kandungan nitrat dalam air karena kandungan nitrat yang terdapat dalam tanaman dilepaskan kedalam limbah. Namun pada hari yang kedua belas tanaman kangkung yang mati mulai digantikan oleh tunas tanaman yang baru, hal ini disebabkan karena tanaman sudah mampu menyerap unsur nitrat yang dimanfaatkan untuk metabolisme dan pertumbuhan mereka disamping tanaman sudah terbiasa dengan kondisi lingkungan yang ada juga pada hari kedua belas kandungan bahan organik telah banyak berkurang dan lebih stabil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



(1)



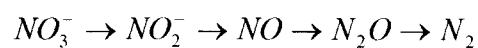
(2)



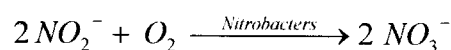
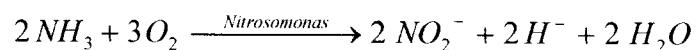
Gambar 4.1 Perubahan Tanaman Secara Visual pada hari ke-9 dengan konsentrasi : (1) 100 %; (2) 75 %; (3) 50 %; (4) 25 %; dan (5) kontrol

Proses yang terjadi pada reaktor adalah proses denitrifikasi dimana terjadi penguraian nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang terdapat pada limbah, nitrat berfungsi sebagai penerima ion hydrogen untuk respirasi bagi mikroorganisme. Bakteri yang berperan dalam proses denitrifikasi adalah bakteri fakultatif. Asimilasi nitrat

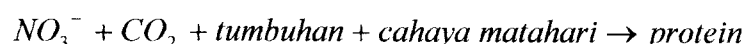
akan merubah nitrat nitrogen menjadi ammonia yang digunakan untuk biosintesis. Kecilnya nilai efisiensi penurunan nitrat disebabkan oleh karena pada nilai pH 4 proses denitrifikasi akan terhambat bahkan dapat terhenti sama sekali, karena pada suasana asam bakteri denitrifikasi tidak dapat mentolerir suasana asam.. Langkah penurunan nitrat dapat dituliskan sebagai berikut: (C.P Leslie G and Henry C Lim, 1980) :



NO, N₂O dan N₂ pada produk akhir dapat dilepaskan sebagai gas. Penurunan kandungan nitrat disebabkan terserapnya nitrat oleh tanaman. Unsur nitrogen merupakan unsur makro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan oleh tanaman dan mikroorganisme. Penurunan kandungan nitrat yang terdapat dalam reaktor menunjukkan adanya bakteri pengurai. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan pada bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Untuk persamaan reaksi dapat dilihat pada dibawah ini :



Kedua bakteri ini akan bersimbiosis dengan akar tanaman dan melekat pada tanah untuk mengikat nitrogen yang telah dirubah kedalam bentuk nitrat. Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein. Proses ini dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :



Tabel 4.9 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Nitrat

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nitrat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60.445(a)	9	6.716	55.968	.000
Intercept	1507.005	1	1507.005	12558.375	.000
MEDIA	4.805	1	4.805	40.042	.000
HARI	54.120	4	13.530	112.750	.000
MEDIA * HARI	1.520	4	.380	3.167	.024
Error	4.800	40	.120		
Total	1572.250	50			
Corrected Total	65.245	49			

a. R Squared = .926 (Adjusted R Squared = .910)

Dari hasil *Test of between subjects effects* konsentrasi nitrat terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 112,750 dengan signifikansi 0,000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi nitrat. Waktu detensi yang lama akan memberikan waktu kontak yang lebih lama antara mikroorganisme limbah dengan tanaman dan media tanah. Sehingga semakin lama waktu kontak maka konsentrasi nitrat yang terkandung semakin turun. Hal ini dapat dilihat nilai F untuk media yang memiliki nilai 40,042 dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, H_0 ditolak berarti adanya tanaman kangkung air mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi nitrat yang terkandung dalam limbah. Nilai F hitung untuk konsentrasi limbah (media*hari) 3,167 dengan nilai signifikansi $0,024 < 0,05$ berarti H_0 ditolak, berarti semakin tinggi konsentrasi limbah semakin tinggi pula kandungan nitrat yang dikandungnya.

4.4 Analisa Total P

Dari hasil pengujian labolatorium, menunjukkan adanya penurunan kandungan total P yang terkandung dalam limbah industri tahu namun ada pula yang mengalami kenaikan. Dari data hasil pengujian menunjukkan perbedaan efisiensi penurunan kualitas limbah dengan adanya variasi konsentrasi limbah dan waktu detensi. Variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal antara reactor yang ditanami *Ipomea Aquatica Forks* (IAF) dengan reaktor tanpa IAF sehingga diketahui kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi limbah industri tahu.

Table 4.10 Konsentrasi Total Phosfat dengan IAF

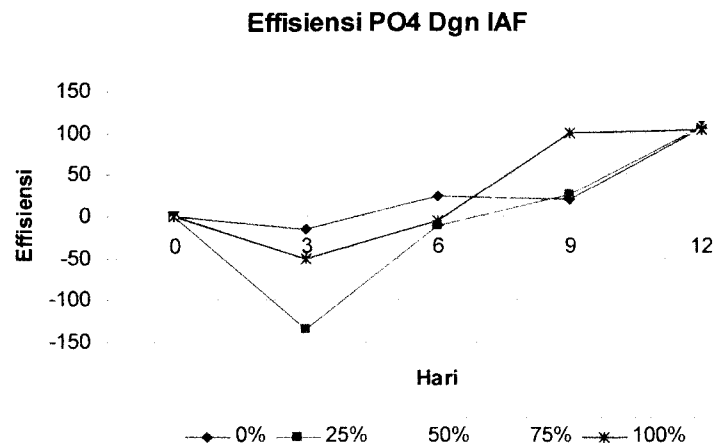
Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	15.10	-6.76	92.22	157.67	-70.97	80.27	121.99	-51.97	84.84	138.90	-63.72	100.18	144.25	-43.99
6	15.10	13.03	13.72	157.67	121.03	23.24	121.99	90.05	26.18	138.90	66.07	52.43	144.25	103.16	28.49
9	13.03	11.89	8.72	121.03	108.28	10.53	90.05	27.33	69.65	66.07	15.15	77.07	103.16	14.83	85.62
12	11.89	-0.48	104.00	108.28	-4.95	104.57	27.33	-2.205	108.07	15.15	-1.02	106.73	14.83	3.14	78.83

Ket : IAF (*Ipomea Aquatica Forks*) atau tanaman kangkung air

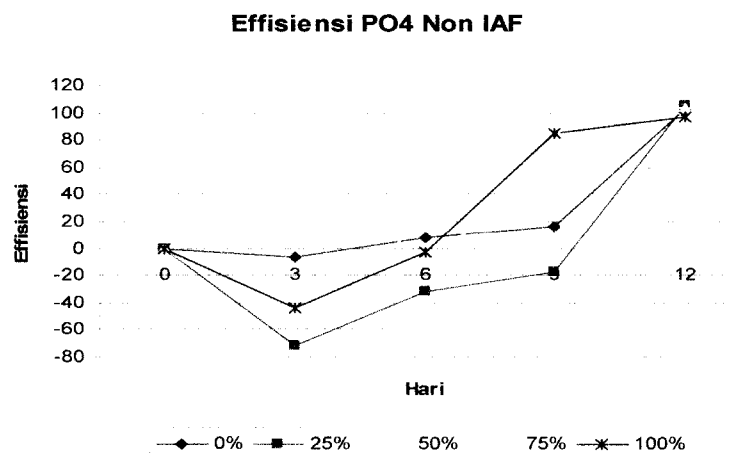
Table 4.11 Konsentrasi Total Phosfat tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	16.33	-15.45	92.22	215.87	-134.1	80.27	123.91	-54.37	84.84	121.37	-43.06	100.18	151.00	-50.73
6	16.33	10.72	34.36	215.87	103.69	51.97	123.91	125.02	-0.90	121.37	106.98	11.86	151.00	105.57	30.09
9	10.72	11.32	-5.64	103.69	69.12	33.34	125.02	8.26	93.40	106.98	11.80	88.97	105.57	1.20	98.86
12	11.32	-0.75	106.65	69.12	-6.03	108.72	8.26	0.24	97.15	11.80	-6.13	151.91	1.20	-3.67	405.83

Dari nilai efisiensi diatas jika dibuat kedalam bentuk grafik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Effisiensi Removal Total Phosfat Dengan IAF



Gambar 4.8 Effisiensi Removal Total Phosfat Tanpa IAF

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa reaktor yang ditanami kangkung air untuk tiap-tiap konsentrasinya pada hari ke-3 terjadi penurunan efisiensi artinya adanya peningkatan kandungan total P dalam limbah.

Pada reaktor dengan tanaman kangkung air pada konsentrasi limbah 0 % memiliki efisiensi 105.320 % dari konsentrasi awal 14.144 mg/L menjadi -0,752

mg/L. Konsentrasi limbah 25 % dengan konsentrasi limbah awal 92,22 mg/L menjadi -6,03 mg/L, dengan efisiensi sebesar 106,539 %. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal limbah 80,27 mg/L menjadi 2,35 mg/L pada konsentrasi ini terjadi kenaikan efisiensi 99,707 %. Konsentrasi limbah 75 % memiliki efisiensi sebesar 107,219 % dimana konsentrasi limbah awal sebesar 84,84 mg/L menjadi -6,125 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % memiliki efisiensi sebesar 103,663 % dengan konsentrasi awal limbah 100,18 mg/L menjadi -3,67 mg/L.

Pada reaktor non tanaman kangkung, pada konsentrasi limbah 0 % memiliki efisiensi 103.3666% dari konsentrasi awal 14.144 mg/L menjadi -0,476 mg/L. Konsentrasi limbah 25 % dengan konsentrasi limbah awal 92,22 mg/L menjadi -4.95 mg/L, dengan efisiensi sebesar 105,368 %. Konsentrasi limbah 50 % dengan konsentrasi awal limbah 80,27 mg/L menjadi -2,205 mg/L pada konsentrasi ini terjadi kenaikan efisiensi 102,747 %. Konsentrasi limbah 75 % memiliki efisiensi sebesar 101,202 % dimana konsentrasi limbah awal sebesar 84,84 mg/L menjadi -1,02 mg/L dan konsentrasi limbah 100 % memiliki efisiensi sebesar 96,866 % dengan konsentrasi awal limbah 100,18 mg/L menjadi 3,14 mg/L.

Disini terlihat dari hasil rata-rata menunjukkan pada reaktor dengan tanaman kangkung air memberikan hasil penurunan yang lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor tanpa tanaman kangkung air. Hal ini disebabkan oleh adanya tanaman dalam reaktor yang akan menyerap kandungan total P dalam limbah, karena fosfat merupakan salah satu unsur makro yang penting bagi

pertumbuhan tanaman dan untuk produktivitas tanaman. Selain itu mikroorganisme yang tumbuh menempel pada tanaman kangkung air memanfaatkan unsur P untuk proses metabolisme dan pertumbuhan mereka serta disimpan pada system jaringan mereka. Mikroorganisme seperti bakteri, fungi dan alga dapat menguraikan unsur P secara cepat karena mereka umumnya cepat tumbuh dan dapat melipat gandakan diri dalam waktu yang singkat.

Phosphor pada sistem alami digunakan untuk reaksi biokimia yang sangat kompleks. Removal P dalam system *wetlands* adalah akar tanaman menyerap sejumlah unsur P yang terdapat dalam tanah dan ditranslokasikan seluruh bagian tumbuhan dan akan disimpan pada bagian akar dan *rhizomes*. Tumbuhan dan mikroorganisme akan mengikat P pada limbah yang kemudian digunakan untuk dekomposisi metabolisme.

Secara umum proses penurunan kandungan P meliputi penyerapan dan pengendapan, tanah pada system alami memiliki kapasitas untuk penyerapan unsur P walaupun dalam jumlah yang terbatas, penyerapan merupakan proses fisik yang dominan dalam menurunkan kandungan unsur P yang bersifat mudah larut yang diambil dari pori-pori air dan permukaan tanah (Kadlec and Knight, 1995).

Setelah waktu detensi hari ketiga sampai hari keenam terjadi penurunan efisiensi removal total P untuk reaktor tanpa tanaman maupun dengan tanaman, hal ini disebabkan oleh matinya bakteri yang dapat menguraikan total P dalam tanah, matinya bakteri ini dapat disebabkan kurangnya kemampuan untuk beradaptasi terhadap kondisi limbah tahu. Disamping itu juga bertambahnya

kandungan total P dipengaruhi oleh matinya tanaman dalam reaktor sehingga terjadi pelepasan kandungan total yang terdapat pada tanaman, karena dalam tanaman juga mengandung unsur total P.

Namun mendekati hari kesembilan terjadi kenaikan efisiensi untuk kedua reaktor, hal ini disebabkan karena sudah stabilnya kondisi limbah dalam reaktor sehingga memungkinkan mikroorganisme untuk dapat tumbuh kembali dalam reaktor, dan memungkinkan mikroorganisme untuk tumbuh pada akar tanaman. Pada hari kedua belas kandungan total P dalam limbah menunjukkan nilai yang negatif dengan efisiensi penurunan tiap konsentrasi sudah lebih dari 100 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan adanya tanaman kangkung air dalam reaktor mampu mereduksi kandungan total P dalam limbah yang dihasilkan dari pabrik tahu.

Tabel 4.12 Hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Total P

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Phosfat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38393.777(a)	5	7678.755	2.699	.033
Intercept	186334.185	1	186334.185	65.495	.000
media	10.201	1	10.201	.014	.043
hari	38383.576	4	9595.894	3.373	.017
Error	125180.885	44	2845.020		
Total	349908.847	50			
Corrected Total	163574.662	49			

a R Squared = .235 (Adjusted R Squared = .148)

Dari hasil *Tests of Between-Subjects Effects* Konsentrasi Total P terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung 3,373 dengan nilai signifikansi 0,017, $\alpha < 0,05$, H_0 ditolak. Karena H_0 ditolak berarti waktu detensi berpengaruh terhadap

penurunan konsentrasi total P, berarti semakin lama waktu kontak antara limbah, tanaman dan mikroorganisme dalam reaktor maka konsentrasi total P semakin menurun, karena mikroorganisme akan menguraikan total P yang terdapat pada limbah disamping terserap oleh tanaman dan pori-pori tanah. Nilai F hitung untuk media 0,014 dengan nilai signifikansi 0,043, $\alpha < 0,05$, berarti H_0 ditolak dengan kata lain bahwa dengan adanya tanaman dalam reaktor berpengaruh terhadap menurunnya konsentrasi total P dalam limbah, karena tanaman dalam reaktor dimanfaatkan oleh mikroorganisme pengurai phosfat sebagai media tumbuh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman kangkung air ternyata mampu menurunkan konsentrasi kandungan limbah pada pabrik tahu selama waktu detensi 12 hari, pada konsentrasi limbah 100 % mampu menurunkan kandungan BOD₅ dengan efisiensi sebesar 32,25 % dari konsentrasi 1147,3 mg/L menjadi 777,3 mg/L. Sedangkan nitrat memiliki efisiensi 35 % dari konsentrasi 150,33 mg/L menjadi 97,7 mg/L dan total phosfat memiliki efisiensi sebesar 96,86 % dari konsentrasi awal sebesar 100,18 mg/L menjadi 3,14 mg/L.
2. Konsentrasi limbah yang paling optimal untuk *constructed wetland* dengan tanaman kangkung adalah pada konsentrasi limbah 25 %, dimana pada konsentrasi ini tanaman kangkung dapat tumbuh dengan baik tanpa ada tanaman yang mati.
3. Pengaruh limbah tahu terhadap pertumbuhan tanaman kangkung air, untuk konsentrasi 25% limbah tahu dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya namun jika konsentrasi limbah

terlalu tinggi akan menyebabkan tanaman mati karena kondisi limbah terlalu asam, sehingga tanaman tidak mampu beradaptasi.

5.2 Saran

Untuk penelitian yang selanjutnya diharapkan :

1. Melakukan pengolahan limbah pabrik tahu dengan memanfaatkan jenis tanaman yang lain sehingga dapat ditemukan jenis tanaman yang efektif untuk mengolah limbah pabrik tahu.
2. Melakukan variasi jenis pengaliran limbah dengan cara *continue*, sehingga dapat diketahui jenis pengaliran yang paling sesuai untuk menangani permasalahan limbah yang dihasilkan oleh pabrik tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Gopal, B, 1999, "*Natural and Constructed Wetland for Wastewater Treatment : Potencials and Problem*", Water Science Technology, volume 40 No. 3. 27-35
- Haberl, R, 1999, "*Constructed Wetland : A Change to Solve Wastewater Problem in Developing Countries*", Water Science Technology, volume 40, No. 3. 11-17
- Alaerts, G, dan Santika, S, 1987, "*Metodologi Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.
- Armstrong, J and Armstrong, W, 1990, "*Pathway and Mechanism of Oxygen Transport in Phragmites Australia, in : Constructed Wetland in Water Pollution Control*" Cooper, P, F, and Findlater, B, C, (eds), 529-534, Pergamon Press, Oxford, U. K.
- Ayaz, S, C, and Akca, L, 2000, "*Treatment of Wastewater by Constructed Wetland in Small Settlements*", Water Science and Technology, volume 41, No. 1. 69-72.
- Droste, R.L, 1997, "*Theory and Practice Of Water and Wastewater Treatment*", John Wiley and Sons. Inc, Canada.
- Leslie Grady, CP, Jr, and C. Lim, H, 1980, "*Biological Wastewater Treatment, Theoru and Applications*", Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.
- Benefield, L,D and Randall, C, W, 1980, "*Biological Process Design For Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.

- Hefni, E, 2003, "*Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*", Penerbit KANISIUS, Yogyakarta.
- Kadlec, R,H, and R,L,Knight, 1996, "*Treatment Wetlands*", CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo.
- Metcalf and Eddy, 1993, "*Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*", Mc Graw Hill Comp.
- Novotny, V, and Olem, H., 1993, "*Water Quality : Prevention, Identification and Management of Difuse Pollution*", Van Nostrand Reinhold, New York
- Polprasert, C, 2005, "*Short Course on Sustainable Wastewater Treatment and Reuse*", Pathumthani 12120, Thailand.
- Veenstra, 1995, "*Wastewater Treatment*", IHE Delf
- Vymazal, J, 1999, "*Removal of BOD in Constructed Wetland with Horizontal Sub Surface Flow : Czech Experience*", Water Science Technology, volume 40, No. 3. 133-138
- Wood, A, 1990, "*Constructed Wetland for Wastewater Treatment-Engineering and Design Consideration*", Cooper, P, F, and Findlater, B, C, (eds), 481-494, Pergamon Press, Oxford, U. K
- Faisal, 2005, "*Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (Eichornia Crassipes)*", Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.
- Agustina, N, 2006, "*Fitoremediasi Logam Berat Cr Oleh Tanaman Air Kiapu (Pistia Stratiotes)*", Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.

- Tania, Irma, 2006, “ *Penurunan Konsentrasi Cr, TSS, pH Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Dengan Constructed Wetland Yang Menggunakan Tanaman Kiapu Pistia Stratiotes* ”, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.
- Kumala Sari, N, 2005, “ *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica)* ”, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.
- Andriyani, Uilly, 2005, “ *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur Dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk)* ”, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.

DAFTAR LAMPIRAN

- **LAMPIRAN I : DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM**
- **LAMPIRAN II : STANDAR BAKU MUTU**
- **LAMPIRAN III :DATA HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN
TANAMAN KANGKUNG AIR SECARA VISUAL**
- **LAMPIRAN IV : DOKUMENTASI**

LAMPIRAN I

DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM

1. Hasil Analisa pH

Tabel 1.1 Nilai pH pada reaktor dengan tanaman kangkung air

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6.5	6.5	0	5	5.5	-10	4.5	5	-11.1	4	4	0
6	7	7	0	6.5	6.5	0	5.5	6	-9.09	5	5	0	4	4.5	-12.5
9	7	7	0	6.5	7	-7.69	6	6.5	-8.33	5	5.5	-10	4.5	4.5	0
12	7	7	0	7	7	0	6.5	7	-7.69	5.5	5.5	0	4.5	4.5	0

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 1.2 Nilai pH pada reaktor tanpa tanaman kangkung air

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff	Input	Out	% Eff
0	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
3	7	7	0	6	6	0	5	5	0	4.5	4.5	0	4	4	0
6	7	7	0	6	5.5	8.33	5	5	0	4.5	4.5	0	4	3.5	12.5
9	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0
12	7	7	0	5.5	5.5	0	5	5	0	4.5	4.5	0	3.5	3.5	0

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

2. Hasil Analisa BOD₅

Tabel 2.1 Konsentrasi BOD₅ dengan IAF (mg/L)

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.994	0.1	275.7	274.6	0.4	550.6	550.6	0	825.4	825.5	-0.01	1147.3	1147.5	-0.02
3	1.994	1.796	9.93	274.6	248.13	9.64	550.6	495.54	10	825.5	742.85	10.01	1147.5	1078.5	6.01
6	1.796	1.617	9.97	248.13	218.35	12	495.54	426.16	14	742.9	683.42	8	1078.5	970.6	10
9	1.617	1.407	12.99	218.35	174.68	20	426.16	323.89	24	683.4	615.08	10	970.6	883.3	8.99
12	1.407	1.196	15	174.68	143.24	18	323.89	259.11	20	615.1	516.67	16	883.3	777.3	12

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 2.2 Konsentrasi BOD₅ tanpa IAF (mg/L)

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.996	1.996	0.00	275.7	275.7	0.00	550.6	550.6	0.00	825.4	825.4	0.00	1147.3	1147.3	0.00
3	1.996	1.956	2.00	275.7	272.94	1.00	550.6	542.34	1.50	825.4	812.2	1.60	1147.3	1170.2	-2.00
6	1.956	1.917	1.99	272.94	268.85	1.50	542.34	509.80	6.00	812.2	783.8	3.50	1170.2	1206.5	-3.10
9	1.917	1.875	2.19	268.85	264.82	1.50	509.80	477.68	6.30	783.8	752.4	4.00	1206.5	1243.9	-3.10
12	1.875	1.852	1.23	264.82	261.8	1.14	477.68	451.40	5.50	752.4	720.3	4.27	1243.9	1263.4	-1.57

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

3. Hasil Analisa Nitrat

Tabel 3.1 Konsentrasi Nitrat dengan IAF (mg/L)

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.5	0.11	70	69.98	0.03	114	113.98	0.02	150.33	150.3	0.02
3	1.29	0.99	23.06	26.5	24.23	8.58	69.98	65.33	6.65	113.98	101.78	10.71	150.3	146.53	2.51
6	0.99	0.92	7.30	24.23	21.25	12.28	65.33	58.7	10.14	101.78	96.5	5.18	146.53	119	18.79
9	0.92	0.76	17.39	21.25	15.68	26.21	58.7	46.53	20.73	96.5	92.05	4.61	119	105.38	11.45
12	0.76	0.21	72.37	15.68	14.8	5.61	46.53	44.83	3.65	92.05	49.73	45.98	105.38	97.7	7.29

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 3.2 Konsentrasi Nitrat tanpa IAF (mg/L)

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	1.29	1.29	0.00	26.53	26.53	0.00	70	70	0.00	114	114	0.00	150.33	150.33	0.00
3	1.29	1.08	16.36	26.53	25.95	2.19	70	67.6	3.43	114	111.75	1.97	150.33	112.7	25.03
6	1.08	0.95	11.96	25.95	23.7	8.67	67.6	64.28	4.91	111.75	104.65	6.35	112.7	114	-1.15
9	0.95	0.99	-4.21	23.7	21.45	9.49	64.28	55.05	14.36	104.65	53.6	48.78	114	82.2	27.89
12	0.99	0.16	83.84	21.45	22.6	-5.36	55.05	68.53	-24.49	53.6	60.88	-13.58	82.2	86.68	-5.45

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

4. Hasil Analisa Total P

Tabel 4.1 Konsentrasi Total Fosfat dengan IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	15.10	-6.76	92.22	157.67	-70.97	80.27	121.99	-51.97	84.84	138.90	-63.72	100.18	144.25	-43.99
6	15.10	13.03	13.72	157.67	121.03	23.24	121.99	90.05	26.18	138.90	66.07	52.43	144.25	103.16	28.49
9	13.03	11.89	8.72	121.03	108.28	10.53	90.05	27.33	69.65	66.07	15.15	77.07	103.16	14.83	85.62
12	11.89	-0.48	104.00	108.28	-4.95	104.57	27.33	-2.205	108.07	15.15	-1.02	106.73	14.83	3.14	78.83

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.2 Konsentrasi Total Fosfat tanpa IAF

Hari	0%			25%			50%			75%			100%		
	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff	Input	Output	% Eff
0	14.14	14.14	0.00	92.22	92.22	0.00	80.27	80.27	0.00	84.84	84.84	0.00	100.18	100.18	0.00
3	14.14	16.33	-15.45	92.22	215.87	-134.1	80.27	123.91	-54.37	84.84	121.37	-43.06	100.18	151.00	-50.73
6	16.33	10.72	34.36	215.87	103.69	51.97	123.91	125.02	-0.90	121.37	106.98	11.86	151.00	105.57	30.09
9	10.72	11.32	-5.64	103.69	69.12	33.34	125.02	8.26	93.40	106.98	11.80	88.97	105.57	1.20	98.86
12	11.32	-0.75	106.65	69.12	-6.03	108.72	8.26	0.24	97.15	11.80	-6.13	151.91	1.20	-3.67	405.83

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

LAMPIRAN II

DATA HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN TANAMAN

KANGKUNG AIR SECARA VISUAL

Tabel 1. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-0

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
75	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
50	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
25	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
Kontrol	tanaman	tanaman msh segar, keruh, tdk bau
	tanah	keruh, ada koloid yg belum mengendap, tidak bau

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 2. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-1

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
75	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
50	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
25	tanaman	tanaman msh segar, warna kuning, bau, ada buih, banyak lalat
	tanah	limbah warna kuning, bau, ada buih di permukaan, banyak lalat
Kontrol	tanaman	tanaman msh segar, keruh, tdk bau
	tanah	keruh, ada koloid yg belum mengendap, tidak bau

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 3. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-2

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tanaman mulai layu, warna kuning, ada buih
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih di permukaan
75	tanaman	tanaman masih segar, warna kuning, sedikit buih, daun kuning
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih, lalat mati
50	tanaman	tanaman masih segar, ada tunas baru, warna agak hitam, sedikit buih
	tanah	limbah warna kuning, sedikit buih di permukaan,
25	tanaman	Tanaman msh segar, ada bunga, warna agak hitam, ada buih
	tanah	warna limbah agak hitam, tidsk ada buih, ada jentik nyamuk
Kontrol	tanaman	tanaman masih segar, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	Jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 4. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-3

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tanaman mulai layu & kuning, warna agak hitam, ada buih, lapisan susu
	tanah	limbah warna kuning, sedikit buih di permukaan, lap.susu basi
75	tanaman	tnm msh segar, warna agak hitam, lap.susu basi,
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih, lap.susu basi
50	tanaman	tnm msh segar, ada tunas baru, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih di permukaan, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, ada tunas baru, warna agak hitam, tdk ada lap.
	tanah	warna limbah agak hitam, tdk ada lap.susu, ada jentik nyamuk
Kontrol	tanaman	tnm msh segar, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 5. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-4

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm segar & ada yg kuning, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih di permukaan, lap.susu basi
75	tanaman	tnm msh segar, warna agak hitam, lap.susu basi menebal
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih, lap.susu basi menebal
50	tanaman	tnm msh segar, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	warna limbah agak hitam, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna agak hitam, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna agak hitam, tdk ada lap.susu, ada jentik nyamuk
Kontrol	tanaman	tnm msh segar, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 6. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-5

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm segar & layu, warna agak hitam, lap.susu basi menebal
	tanah	limbah warna kuning, lap.susu basi menebal
75	tanaman	tnm msh segar & ada yg layu, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih, lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar, warna hitam pekat, lap.susu basi
	tanah	warna limbah hitam pekat, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna hitam, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna hitam, tdk ada lap.susu, ada nyamuk mati tergenang
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & bnyk tunas, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 7. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-6

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm segar & bnyk layu, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi menebal
75	tanaman	tnm segar & bnyk yg layu, warna agak hitam, sdkt lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar, warna hitam pekat, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna limbah hitam pekat, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna hitam, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna hitam, tdk ada lap.susu, ada nyamuk mati tergenang
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & bnyk tunas, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 8. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-7

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm bnyk layu, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi menebal
75	tanaman	tnm segar & bnyk yg layu, warna agak hitam, sdkt lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna limbah hitam pekat, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna hitam, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna hitam, tdk ada lap.susu
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 9. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-8

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm layu, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi
75	tanaman	tnm segar & sdkt layu, warna agak hitam, sdkt lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, sdkt lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, ada tunas baru
	tanah	warna limbah agak hitam, lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna agak jernih, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna agak jernih, tdk ada lap.susu
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 10. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-9

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm layu, warna agak hitam, lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi
75	tanaman	tnm segar & sdkt layu, warna agak hitam, sdkt lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, sdkt lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, ada bunga
	tanah	warna limbah agak hitam, tdk ada lap.susu basi
25	tanaman	tnm msh segar, warna agak jernih, tdk ada lap.susu basi
	tanah	warna agak jernih, tdk ada lap.susu
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 11. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-10

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tanaman layu & ada yg segar, warna agak hitam, sedikit lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi
75	tanaman	tanaman segar, warna agak hitam, tidak ada lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, sedikit lap.susu basi
50	tanaman	tanaman segar, warna agak jernih, ada bunga, bnyk tunas
	tanah	warna limbah agak hitam, tdk ada lap.susu basi
25	tanaman	tnm segar, warna agak jernih, muka tanah mulai terlihat
	tanah	warna agak jernih, tdk ada lap.susu, muka tanah mulai terlihat
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 12. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-11

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm ada yg segar, warna agak hitam, sdkt lap.susu, tunas baru
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi
75	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, tdk ada lap.susu, ada bunga
	tanah	limbah warna hitam, tdk ada lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar & tumbuh bnyk, warna agak jernih
	tanah	warna limbah agak jernih, tdk ada lap.susu basi
25	tanaman	tnm segar & banyak, warna jernih, muka tanah terlihat
	tanah	warna jernih, tdk ada lap.susu, muka tanah terlihat
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

Tabel 13. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-12

Konsentrasi (%)	Reaktor	Keterangan
100	tanaman	tnm segar, warna hitam, sdkt lap.susu, bnyk tunas baru
	tanah	limbah warna hitam, lap.susu basi
75	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, tdk ada lap.susu, bnyk tunas
	tanah	limbah warna hitam, tdk ada lap.susu basi
50	tanaman	tnm segar & bnyk, warna agak jernih, bnyk tunas
	tanah	warna limbah agak jernih, tdk ada lap.susu basi
25	tanaman	tnm segar & banyak, warna jernih, muka tanah terlihat
	tanah	warna jernih, tdk ada lap.susu, muka tanah terlihat
Kontrol	tanaman	tnm msh segar & banyak, jernih, muka tanah terlihat
	tanah	jernih, muka tanah dapat terlihat

(Sumber : Pengamatan secara visual)

LAMPIRAN II

STANDAR BAKU MUTU

1. Air Minum

PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001

TANGGAL 14 DESEMBER 2001

TENTANG

PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Temperatur dari kondisi alamiah
Residu Terlarut	mg/l	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/l	50	50	100	100	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/l.

KIMIA ANORGANIK						
		65%	65%	65%	55%	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
pH						
BOD	mg/l	2	3	5	12	
COD	mg/l	10	25	50	110	
DO	mg/l	6	4	3	1	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/l	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/l	10	10	20	20	

NH ₃ -N	mg/l	0,5	1-1	1-1	1-1	Bagi perkotaan kandungan ammonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/l sebagai NH ₃
Arsen	mg/l	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/l	1	1-1	1-1	1-1	
Boron	mg/l	1	1	1	1	
Selenium	mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	
Kromium VI	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Cu ≤ 1 mg/l
Besi	mg/l	0,3	1-1	1-1	1-1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Fe ≤ 5 mg/l
Timbal	mg/l	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Pb $\leq 0,1$ mg/l
Mangan	mg/l	1	1-1	1-1	1-1	
Air Raksa	mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/l	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Zn ≤ 5 mg/l
Klorida	mg/l	1	1-1	1-1	1-1	
Sulfida	mg/l	0,2	0,02	0,02	1-1	
Fluorida	mg/l	0,5	1,5	1,5	1-1	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,05	0,05	0,05	→	Bagi pengolahan air minum secara konvensional. No 42 N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	100	100	100	→	
Klorin bebas	mg/L	0,05	0,05	0,05	→	Bagi ABAM tidak dipertahankan
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	→	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	ml/100 ml	100	100	200	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional. fecal coliform ≤ 2000 ml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 ml/100 ml
Total coliform	ml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-α	bg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-β	bg/l	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/l	1000	1000	1000	→	
Deterjen sebagai MBAS	ug/l	200	20	200	→	
Senyawa fenol	ug/l	1	1	1	→	
Sebagai Fenol	ug/l					
BHC	ug/l	200	20	200	→	
Aldrin Dieldrin	ug/l	17	→	→	→	
Chlordane	ug/l	5	→	→	→	
DDT	ug/l	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/l	18	→	→	→	
Lindane	ug/l	50	→	→	→	
Methoxychlor	ug/l	35	→	→	→	
Endrin	ug/l	1	1	1	→	
Toxaphen	ug/l	5	→	→	→	

Keterangan :
mg = miligram
ug = mikrogram
ml = militer
L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

Logam berat merupakan logam terlarut

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

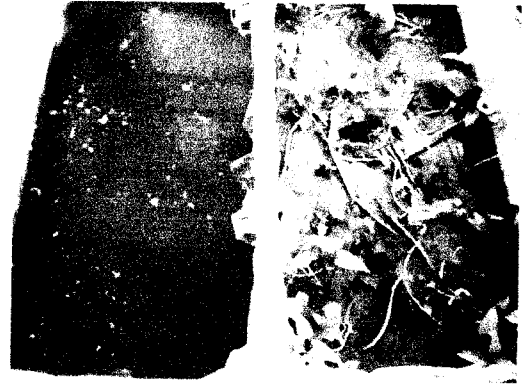
Tanda < adalah lebih kecil

LAMPIRAN IV
DOKUMENTASI

1. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-2



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

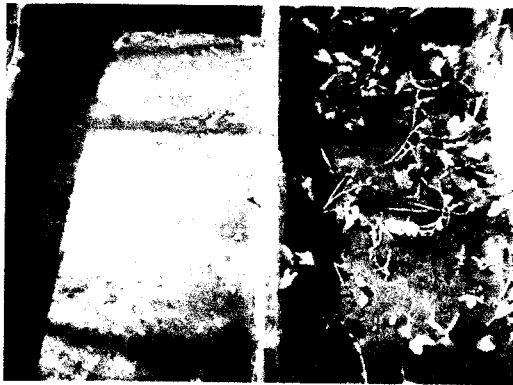
2. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-3



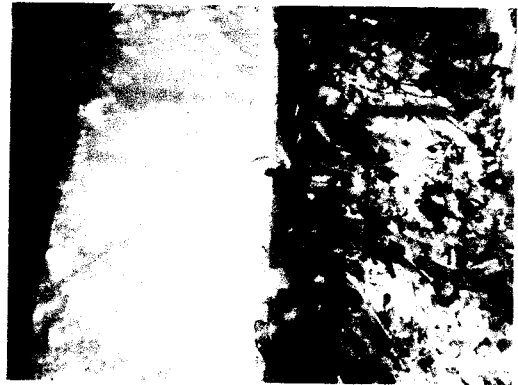
(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

3. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-4



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

4. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-5



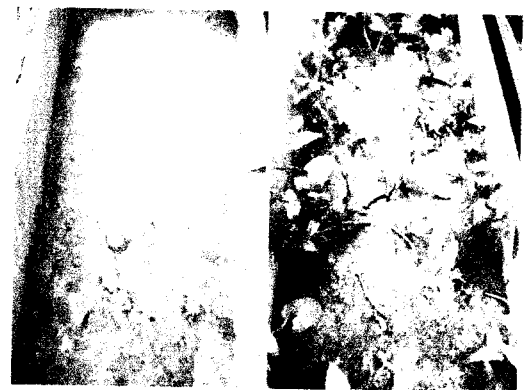
(Kontrol)



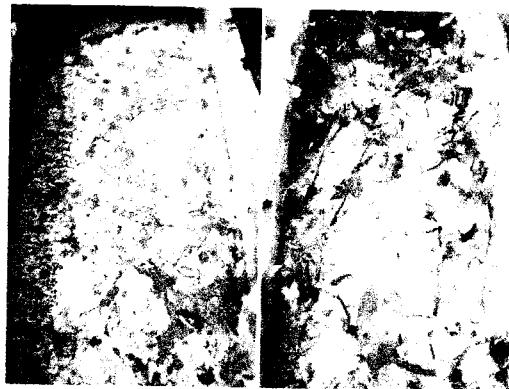
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

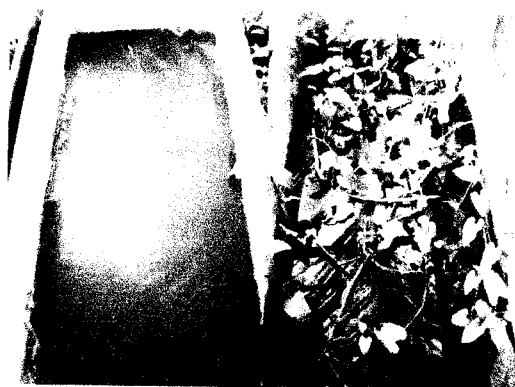
5. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-6



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)

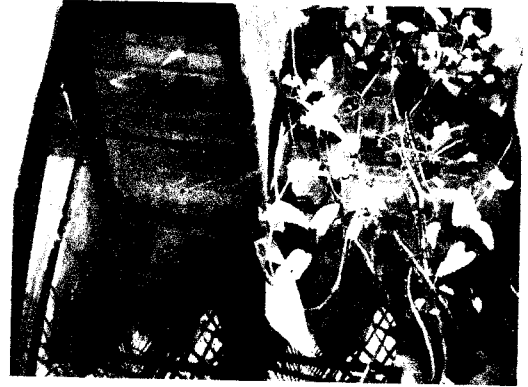


(100 %)

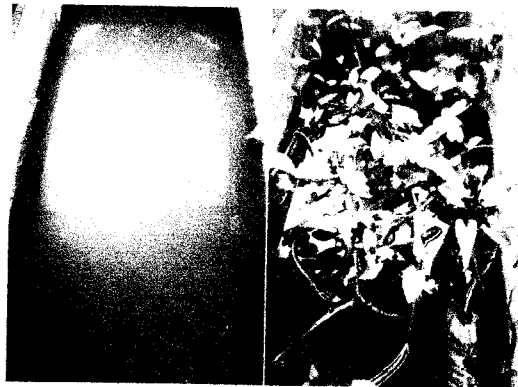
6. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-7



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)

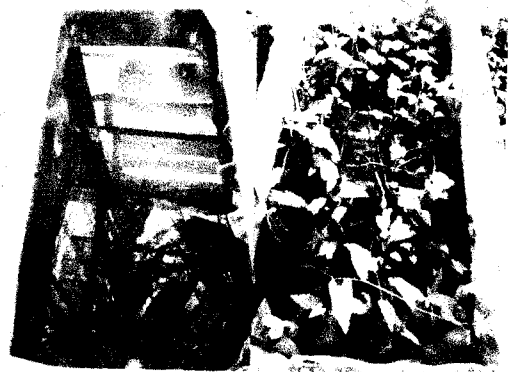


(100 %)

7. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-9



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)

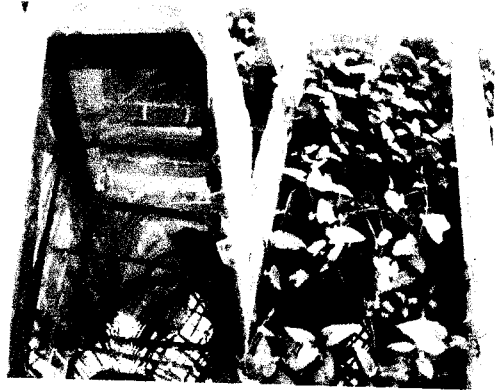


(100 %)

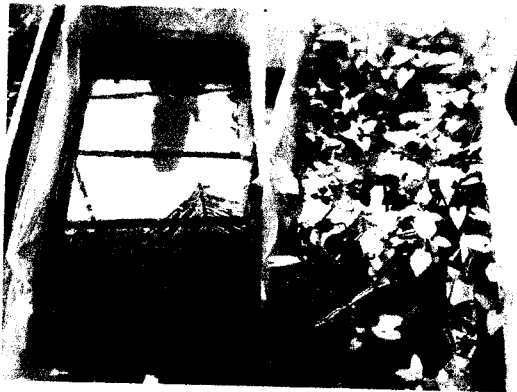
8. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-10



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

9. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-11



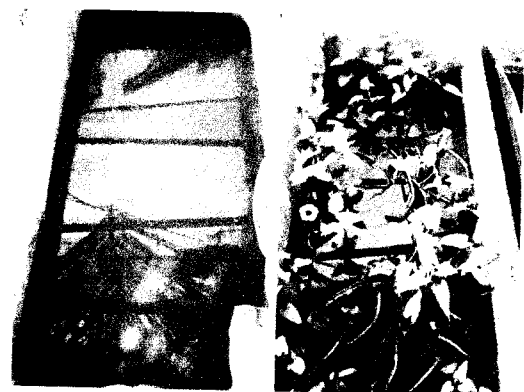
(Kontrol)



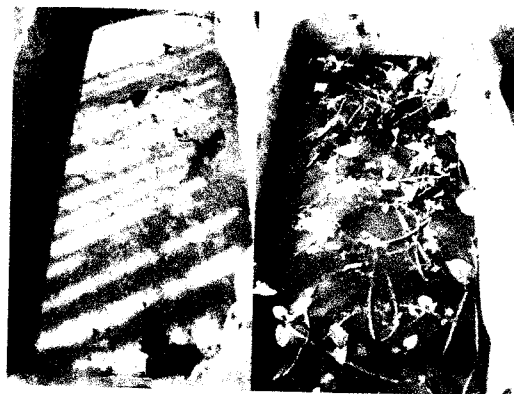
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

10. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-12



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

11. Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke-25



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)