

LEMBAR PENGESAHAN

TINGKAT PENYERAPAN NITRAT DAN FOSFAT DARI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMOEA AQUATICA*) PADA SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS*

Nama : M. Arnis Fauzi
No. Mahasiswa : 02 513 039
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

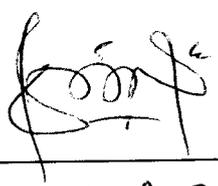
Ir. H. Kasam, MT



Tanggal : 6-9-2006

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST



Tanggal : 6-9-2006

Mathematical Induction

Suppose that $P(n)$ is a statement involving the natural number n . We say that $P(n)$ is true for all n if and only if $P(1)$ is true and $P(k) \Rightarrow P(k+1)$ for all $k \in \mathbb{N}$.

Suppose that $P(n)$ is a statement involving the natural number n . We say that $P(n)$ is true for all n if and only if $P(1)$ is true and $P(k) \Rightarrow P(k+1)$ for all $k \in \mathbb{N}$.

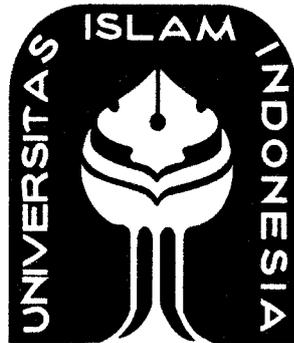
TA/TL/2006/0107

PERPUSTAKAAN FTSP UI	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	9 Mei 2007
NO. JUDUL :	00 24 11
NO. INV. :	5120002411001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

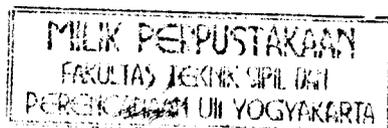
**TINGKAT PENYERAPAN NITRAT DAN FOSFAT DARI
LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DENGAN MENGGUNAKAN
TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMOEA AQUATICA*) PADA
SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS***

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



Nama : M. Arnis Fauzi
No. Mahasiswa : 02 513 039
Program Studi : Teknik Lingkungan

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



TINGKAT PENYERAPAN NITRAT DAN FOSFAT DARI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMOEA AQUATICA*) PADA SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS*

Eko Siswoyo¹⁾, Kasam²⁾, M. Arnis Fauzi³⁾

INTISARI

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan industri tahu yaitu pencemaran terhadap badan air baik sungai, danau maupun badan air lainnya dan bahkan air tanah. Hal ini disebabkan hampir semua pabrik tahu yang ada tidak melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, padahal kandungan bahan organik dari limbah tahu tersebut sangat tinggi. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan dengan sistem *constructed wetlands* dengan menggunakan tanaman kangkung air sebagai media penyerap konsentrasi nitrat dan fosfat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan oleh tanaman terhadap kandungan nitrat dan fosfat, untuk mengetahui apakah tanaman tersebut aman jika dikonsumsi kembali (*reuse*) oleh manusia, dan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi penurunan kandungan nitrat dan fosfat yang terdapat pada lumpur (*sludge*) di *constructed wetlands*.

Dalam penelitian ini digunakan reaktor terbuat dari kayu yang dilapisi dengan plastik dengan ukuran 0,5 m x 1,0 m. Setiap reaktor diberi media tanah dengan tinggi 10 cm, dan diberi tanaman sebanyak 20 buah dengan jarak tanam 20 cm x 12,5 cm. Reaktor tersebut diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah yang bervariasi (100%, 75%, 50%, 25% dan 0% sebagai kontrol), dan waktu pengambilan sampel (hari ke 0, 3, 6, 9 dan 12). Dengan menggunakan metode analisa sesuai 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 telah mengalami perubahan sehingga tanaman mampu menyerap nitrat dan fosfat lebih optimal, maka hasil yang didapat dalam penelitian ini diketahui bahwa tanaman dapat menyerap kandungan nitrat dan fosfor sebesar 0,099 mg/gr atau 98,905 mg/L, dan 0,033 mg/gr atau 32,51 mg/L sampai hari ke-12. Kualitas kandungan organik tersebut melampaui standar baku mutu air minum yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, sehingga tanaman tersebut dapat dikatakan tidak aman untuk dikonsumsi kembali oleh manusia.

Kata kunci: *constructed wetlands*, fosfat, kangkung air, limbah tahu, nitrat.

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.

THE ABSORPTION LEVEL OF PHOSPHATE AND NITRAT FROM SOYBEAN WASTEWATER USING IPOMOEA AQUATICA PLANT AT CONSTRUCTED WETLANDS SYSTEM

Eko Siswoyo¹⁾, Kasam²⁾, M. Arnis Fauzi³⁾

ABSTRACT

One of the environmental problems from activity of soybean industry is causing a pollution in water body like as river, lake and ground water. Most of the soybean industrials do 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. Dimention 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, and 20 pieces of plant was given too with distance of plant is 20 cm x 12.5 cm. Reactor was given treatment with variation of wastewater concentration (100 %, 75 %, 50 %, 25 %, and 0 % as a control), and sampling time (0, 3, 6, 9, 12 days). The analysis method according with 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 plants can be absorpt as maximum of nitrat and phosphate. Plants can be absorpt material nitrat and phosphate in 12 day is equal to 0.099 mg/gr or 98.905 mg/L and 0.033 mg/gr or 32.51 mg/L. These concentrations is higher than the quality standard for drinking water in PP no 82/ 2001.

Keyword: constructed wetlands, ipomoea aquatica, nitrat, phosphate, soybean wastewater.

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.

KATA PENGANTAR



Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan yang Maha Tunggal, Pencipta Alam Semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-Nya, tidak lupa juga shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, Rasul seluruh umat manusia,

Alhamduulillahirabbil'alamin Laporan Tugas Akhir dengan judul **“TINGKAT PENYERAPAN NITRAT DAN FOSFAT DARI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*IPOMOEA AQUATICA*) PADA SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS*”**, dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan puncak dari seluruh kegiatan perkuliahan dalam mendapat predikat Sarjana Strata 1 Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa
2. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Eko Siswoyo, ST. selaku Dosen Pembimbing II Tugas akhir, dan sekaligus selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
 4. Bapak IR. H. Kasam, MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir
 5. Mas Agus, Administrasi Jurusan Teknik Lingkungan
 6. Bapak Hudori, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST, selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
 7. Bapak Tasyono, selaku pembimbing Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia, dan mas Iwan asisten Lab.
 8. Bapak/Ibuku tersayang, yang selama ini selalu memberikan motivasi, do'a maupun material kepadaku.
 9. Kakak dan adikku yang telah memberikan do'a serta motivasinya.
 10. Keluarga di Bima, terima kasih atas do'anya.
 11. "Meciku: waty" yang telah memberi semangat, doa dan kasih sayang yang tak pernah berhenti.
 12. Lia Baiq selaku teman sekaligus *partner* dalam tugas akhir ini.
 13. Teman-temanku Satu ATAP; Inem, Mondronk, Yanti, Ucup, Qabul, dan Asmuni, terima kasih atas bantuannya.
 14. Dan semua yang telah membantuku yang nggak bisa kusebut satu persatu, terima kasih banyak atas bantuannya. Serta keluarga besar
- TL'02

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tentu tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat suatu kesalahan itu merupakan suatu kealpaan dari saya dan apabila terdapat kebenaran itu hanya datang dari Allah SWT semata. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan bahwa laporan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian akhir dari Tugas Akhir ini, Amin....

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Jogjakarta, Juli 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah.....	2
1.3	Tujuan Penelitian.....	3
1.4	Manfaat Penelitian.....	3
1.5	Batasan Masalah.....	4
1.6	Sistematika Tugas Akhir.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Limbah Tahu.....	6
-----	------------------	---

2.1.1	Definisi Limbah	6
2.2.2	Gambaran umum proses pembuatan tahu dan limbah tahu.....	6
2.2.	<i>Wetlands</i>	9
2.2.1	Definisi <i>Constructed Wetlands</i>	9
2.2.2	Mekanisme Pengolahan <i>Constructed Wetland</i>	11
2.2.3	Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Pengolahan.....	13
2.3	Nitrat (NO ₃).....	16
2.4.	Fosfat (PO ₄ ³⁻).....	17
2.5.	Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica Forsk</i>).....	19
2.5.1	Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kangkung Air.....	19
2.5.2	Fitoremediasi Pada Tanaman.....	20

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian.....	23
3.2.	Jenis Penelitian.....	23
3.3.	Objek Penelitian.....	23
3.4.	Karakteristik Limbah Cair.....	23
3.5.	Metod Penelitian.....	24
3.6.	Desain <i>Constructed Wetlands</i>	25
3.7.	Pelaksanaan Penelitian.....	27

3.7.1	Tahap Persiapan.....	27
3.7.2	Tahap Pelaksanaan penelitian.....	28
3.7.3	Desain sampling.....	29
3.8.	Analisa Laboratorium.....	29
3.8.1.	Analisa Daya Serap Tanaman.....	29
3.8.2.	Analisa Tanah.....	29
3.8.3.	Analisa Nitrat	29
3.8.4	Analisa Fosfat.....	30
3.9	Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	30
3.10	Analisa Data.....	31
3.11	Hipotesis.....	32

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Kemampuan Daya Serap Pada Tanaman Kangkung Air.....	33
4.1.1	Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Nitrat (NO ₃).....	33
4.1.2	Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Fosfor (P).....	40
4.2	Analisa Media Tanah.....	46
4.2.1.	Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Nitrat (NO ₃).....	46

4.2.2	Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan fosfor (P).....	50
4.3	Analisa Tanaman Kangkung Air.....	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA	57
-----------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
Tabel 2.1.	Kandungan Organik Limbah Tahu.....	9
Tabel 2.1.	Kriteria mutu air pada PP No 82 Tahun 2001.....	18
Tabel 3.1	Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Tahu.....	23
Tabel 3.2	Persamaan Reaktor Awal.....	26
Tabel 3.3	Parameter Pertumbuhan Tanaman.....	31
Tabel 4.1	Kandungan Nitrat Di Tanaman.....	33
Tabel 4.2	Berat Nitrat Tiap 1 gr Tanaman.....	34
Tabel 4.3	Hasil <i>Test of Between – Subject Effects</i> Kandungan Nitrat.....	39
Tabel 4.4	Kandungan Fosfor Di Tanaman.....	40
Tabel 4.5	Berat Fosfor Tiap 1 gr Tanaman.....	41
Tabel 4.6	Hasil <i>Test of Between – Subject Effects</i> Kandungan Fosfor.....	45
Tabel 4.7	Kandungan Nitrat Di Tanah.....	46
Tabel 4.8	Berat Nitrat Tiap 1 gr Tanah.....	47
Tabel 4.9	Hasil <i>Test of Between – Subject Effects</i> Nitrat Di Dalam Tanah...	49
Tabel 4.10	Kandungan Fosfor Di Tanah.....	50
Tabel 4.11	Berat Fosfor Tiap 1 gr Tanah.....	50
Tabel 4.12	Hasil <i>Test of Between – Subject Effects</i> Fosfor Di Dalam Tanah..	53
Tabel 4.13	Pertumbuhan Panjang Daun Tanaman Kangkung Air.....	55
Tabel 4.14	Pertumbuhan Lebar Daun Tanaman Kangkung Air.....	55

DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
Gambar 2.1	Diagram alir proses pembuatan tahu.....	8
Gambar 2.2.	Sistem <i>Free Water Surface</i> (FWS).....	10
Gambar 2.3.	Sistem <i>Subsurface Flows</i> (SSF).....	11
Gambar 2.4.	Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>constructed wetlands</i> (Kadlec & Knight, 1995).....	12
Gambar 2.5.	Mekanisme pengolahan N pada <i>constructed wetland</i> (Kadlec & Knight, 1995).....	13
Gambar 2.6.	Morfologi Tanaman Kangkung Air.....	20
Gambar 2.7	Enzim yang memutus rantai karbon pada senyawa organic...	21
Gambar 2.8	Proses – proses fitoremediasi pada tumbuhan.....	22
Gambar 2.9	Fitoekstraksi terhadap kontaminan inorganik.....	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	24
Gambar 3.2	Reaktor Tampak Atas (tanpa skala).....	26
Gambar 3.3	Reaktor Tampak Samping (tanpa skala).....	27
Gambar 4.1	Peningkatan Berat Nitrat per Berat Tanaman pada berbagai Waktu.....	34
Gambar 4.2	Perubahan Tanaman Secara Visual pada hari ke-9 dengan konsentrasi : (a) 100 %; (b) 75 %; (c) 50 %; (d) 25 %; dan (e) kontrol.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Berbagai kegiatan industri di Indonesia baik yang berskala besar maupun kecil semakin bertambah guna memenuhi kebutuhan manusia. Seiring dengan berkembangnya kegiatan industri maka permasalahan lingkungan akan semakin meningkat pula. Salah satu permasalahan lingkungan yang saat ini masih menjadi permasalahan yang sangat dominan adalah masalah pencemaran badan air. Pencemaran ini disebabkan oleh pembuangan limbah ke badan air tersebut tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu.

Salah satu jenis kegiatan industri yang dewasa ini sangat menjamur keberadaannya baik yang berskala besar maupun kecil yaitu industri tahu. Sebagai penghasil makanan yang cukup bergizi dengan harga yang relatif murah, maka keberadaan pabrik tahu terus bertambah dengan pesat. Salah satu dampak permasalahan lingkungan dari kegiatan industri tersebut yaitu pencemaran terhadap badan air baik sungai, danau maupun badan air lainnya dan bahkan air tanah. Hal ini disebabkan hampir semua pabrik tahu yang ada tidak mengolah limbahnya dengan baik atau bahkan sama sekali tidak melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, padahal kandungan bahan organik dari limbah tahu tersebut sangat tinggi. 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 pada kesempatan ini akan dilakukan penelitian mengenai daya serap tanaman terhadap kandungan nitrat dan fosfat pada limbah tahu dengan menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dalam sistem *constructed wetland*.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

- a) Berapa besar kapasitas serapan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terhadap kandungan organik nitrat dan fosfat pada limbah pabrik tahu ?
- b) Apakah penggunaan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dalam mengolah limbah pabrik tahu tersebut aman jika dikonsumsi oleh manusia ?
- c) Berapa besar tingkat akumulasi kandungan organik nitrat dan fosfat yang terdapat pada lumpur (sludge) dalam *constructed wetland* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah :

- a) Untuk mengetahui berapa besar kapasitas serapan yang dilakukan oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) terhadap kandungan organik (nitrat dan fosfat) pada limbah pabrik tahu.
- b) Untuk mengetahui apakah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang digunakan dalam mengolah limbah pabrik tahu tersebut aman jika dikonsumsi kembali (*reuse*) oleh manusia.
- c) Untuk mengetahui berapa besar tingkat akumulasi kandungan organik (nitrat dan fosfat) yang terdapat pada lumpur (*sludge*) di *constructed wetland*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

- a) Meminimalisasi kadar nitrat dan fosfat yang terkandung dalam limbah pabrik tahu dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*).
- b) Mengetahui kapasitas serapan kadar nitrat dan fosfat yang terdapat pada tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terhadap limbah pabrik tahu dan juga mengetahui apakah tanaman tersebut dapat dikonsumsi kembali.
- c) Mengetahui tingkat akumulasi kadar nitrat dan fosfat yang terdapat pada lumpur (*sludge*) dalam *constructed wetland*.
- d) Memperoleh sistem pengolahan limbah pabrik tahu yang mudah, murah dan memiliki efisiensi yang tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah yang akan dibahas agar tidak menyimpang dari maksud dan tujuan, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- a) Sistem yang dipergunakan untuk mengolah limbah pabrik tahu yaitu dengan *constructed wetland* yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*).
- b) Sistem pemberian limbah secara *batch*.
- c) Meneliti kapasitas serapan konsentrasi nitrat dan fosfat pada tanaman kangkung air
- d) Pengujian kapasitas serapan dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, dan 12.
- e) Limbah yang akan digunakan adalah limbah cair dari industri tahu.
- f) Variasi konsentrasi limbah yang digunakan adalah 0 %, 25 %, 50 %, 75 %, dan 100 %.
- g) Menguji konsentrasi nitrat dan fosfat yang terdapat pada lumpur (*sludge*).
- h) Tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) yang digunakan tidak dipengaruhi oleh umur tanaman, tetapi dipengaruhi oleh keseragaman pada lebar daun, tinggi tanaman, dan warna daun.

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 Limbah Tahu

2.1.1 Definisi Limbah

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang jika di buang ke lingkungan akan membahayakan lingkungan penerimanya, (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001).

Secara umum limbah dibagi menjadi dua, yaitu :

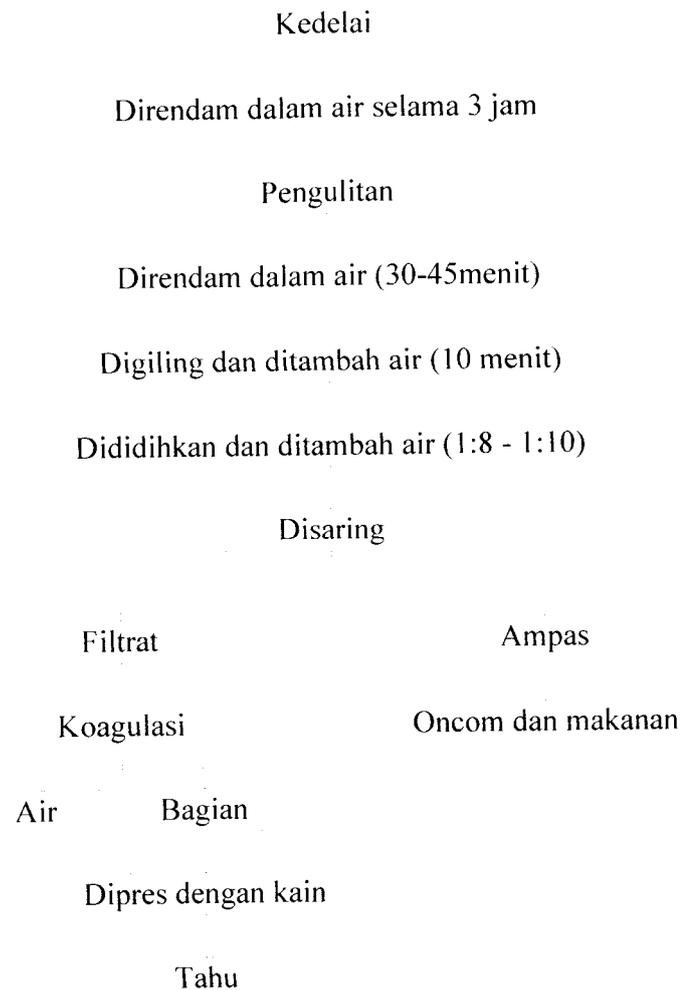
- Limbah ekonomis, yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku.
- Limbah non ekonomis, yaitu limbah yang dapat merugikan dan membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

2.1.2 Gambaran Umum Proses Pembuatan Tahu dan Limbah 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.

Untuk lebih jelas mengenai proses pembuatan tahu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Diagram alir proses pembuatan tahu

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. 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

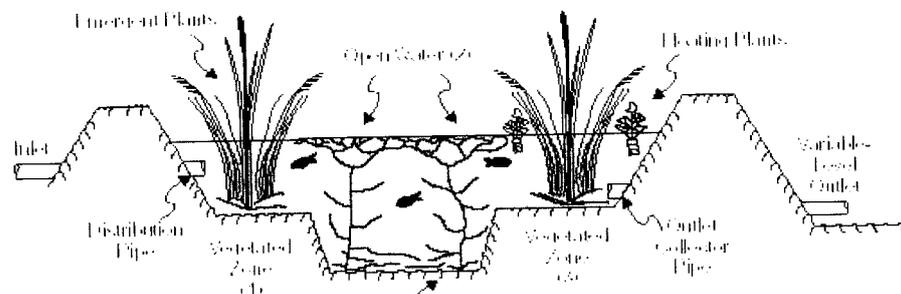
2.2 *Wetlands*

2.2.1 Definisi *Constructed Wetlands*

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. Pengolahan limbah dengan *Constructed Wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganismenya dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Sistem *constructed wetland* terbagi menjadi dua tipe, yaitu :

a) Sistem *Free Water Surface* (FWS)

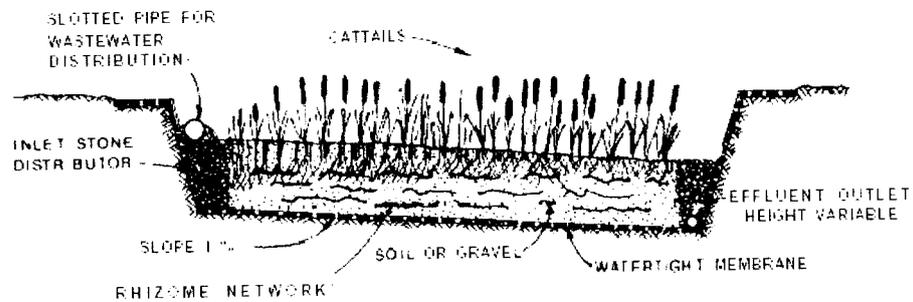
Sistem ini berupa kolam atau saluran yang dilapisi oleh lapisan impermeabel alami atau tanah liat yang berfungsi untuk mencegah terjadinya rembesan air ke luar kolam atau saluran. Didalam kolam tersebut terdapat tanah sebagai tempat hidup tanaman air dan pada umumnya terdapat genangan air yang berada diatas permukaan tanah (Polprasert, 2005). Tanaman yang biasanya digunakan dalam sistem ini adalah *cattail*, *reed*, *sedge*, dan *rush* (Vymazal, 1999).



Gambar 2.2 Sistem *Free Water Surface* (FWS)

b) 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 (Wood, 1990). Proses yang terjadi adalah filtrasi, adsorpsi oleh mikroorganisme, adsorpsi oleh akar tanaman terhadap tanah dan bahan organik (Novotny dan Olem, 1994).



Gambar 2.3 Sistem *Subsurface Flows* (SSF)

2.2.2 Mekanisme Pengolahan *Constructed Wetland*

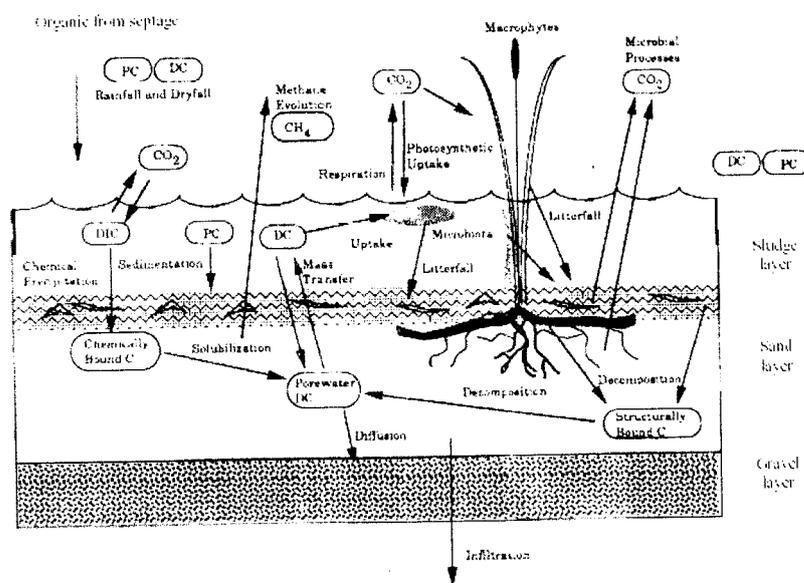
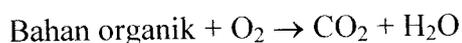
Pengolahan limbah dengan *Constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Adapun air limbah yang akan diolah biasanya mengandung *solid* dan bahan organik dalam jumlah tertentu dengan mekanisme pengolahan sebagaimana berikut :

a. *Solid* (padatan)

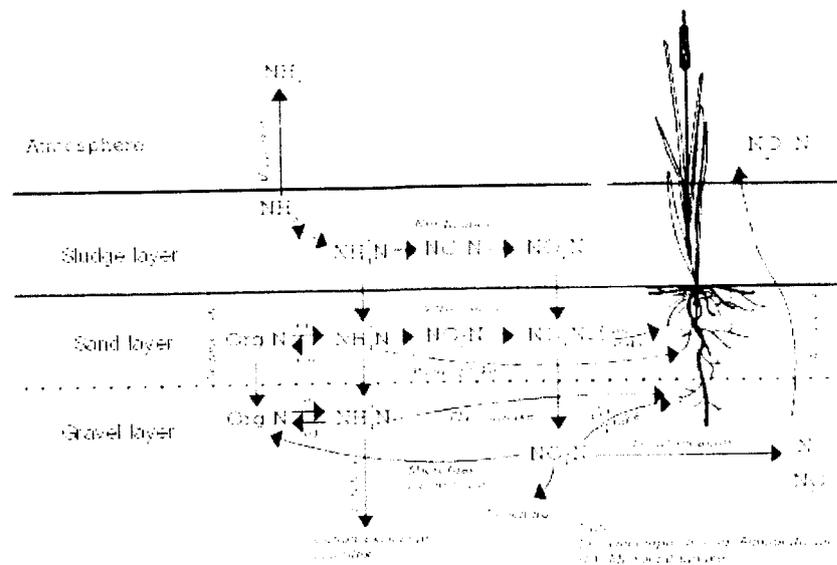
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel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

b. 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 *wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999). Mekanisme pengolahan yang terjadi :



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



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

2.2.3 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Pengolahan

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

a. 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* serta tanaman air dapat menyerap mineral terlarut dan memperkaya air dengan oksigen sebagai hasil fotosintesis. 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). Untuk penelitian ini jenis tanaman yang digunakan adalah kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), hal ini didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu :

- Tanaman kangkung air banyak terdapat di Indonesia yakni sering dijumpai dalam kehidupan sehari – hari.
- Daya tahan hidup tanaman kangkung air cukup lama.
- Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam sistem *constructed wetland* pemeliharaannya sederhana.

b. Media Tanah

Fungsi tanah dalam sistem *constructed wetland* sangat penting (Hammer, 1992), 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). Tanah dapat menyimpan dan mensuplai oksigen, zat hara yang dimanfaatkan oleh tanaman sebagai tunjangan mekanis. Unsur – unsur yang dapat beracun bagi tumbuhan seperti garam berlebih ataupun unsur racun lainnya. Tanah juga dapat mengembangkan reaksi alkalis atau asam berlebih.

c. 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. Suplai oksigen ke dalam kolom air *wetland* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air dan adanya proses fotosintesis dari tanaman di dalam kolom air (Merz, 2000). Proses degradasi dan mineralisasi karbon organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan *biofilm* yang terdapat pada tanaman.

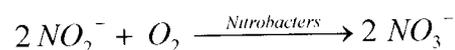
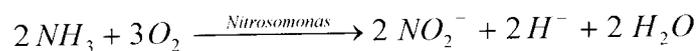
d. Temperatur

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).

2.3 Nitrat (NO₃)

Nitrat (NO₃) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. 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 : $NO_3^- + CO_2 + \text{tumbuhan} + \text{cahaya matahari} \rightarrow \text{protein}$

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).

2.4 Fosfat (PO_4^{3-})

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 $(PO_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $P_3O_{10}^{5-}$ (tripolifosfat) dan $P_2O_7^{4-}$ (pirofosfat). Semua polisfosfat mengalami hidrolisis membentuk orthophosphate, tetapi perubahan ini tergantung pada suhu. Fosfor tidak bersifat toksik bagi manusia, hewan, dan ikan. Dibawah ini adalah standar baku mutu air sesuai dengan peruntukannya.

Tabel 2.2 Kriteria mutu air pada PP No 82 Tahun 2001

Parameter	Satuan	Golongan			
		I	II	III	IV
Temperatur	° C	-	-	-	-
Residu terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	2000
Residu tersuspensi	mg/ L	50	50	400	400
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/ L	2	3	6	12
COD	mg/ L	10	25	50	100
DO	mg/ L	6	4	3	0
Total fosfat sbg P	mg/ L	0.2	0.2	1	5
NO ₃ , sbg N	mg/ L	10	10	20	20
Arsen	mg/ L	0.05	1	1	1
Kadmium	mg/ L	0.01	0.01	0.01	0.01
Khrom (VI)	mg/ L	0.05	0.05	0.05	1
Besi	mg/ L	0.3	-	-	-
Air Raksa	mg/ L	0.001	0.002	0.002	0.005

2.5 Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

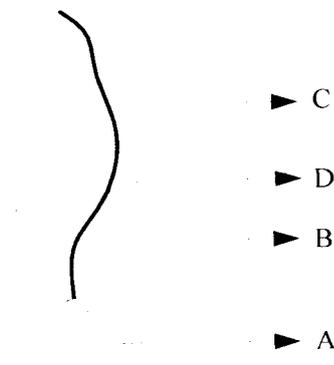
2.5.1 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kangkung Air

Tanaman kangkung air merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Berikut ini adalah taksonomi tanaman kangkung air, yakni :

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

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 sedangkan tangkai daun melekat pada buku-buku batang. Kangkung air memiliki bentuk daun panjang dengan ujung agak tumpul, berwarna hijau kelam, bunganya berwarna putih kekuning – kuning atau kemerah – merahan (Dwijosaputro, 1986).. Kangkung merupakan sumber provitamin A. Di dalam 100 gram kangkung segar, terkandung vitamin A sebanyak 4,925 SI. Tanaman kangkung berkhasiat sebagai antiinflamasi,

diuretik, dan hemostatik karena mengandung zat-zat kimia, seperti mineral, vitamin, karoten, *hentriakontan*, dan *sitosterol*. Untuk lebih detail mengenai bentuk morfologi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat dilihat pada gambar 9



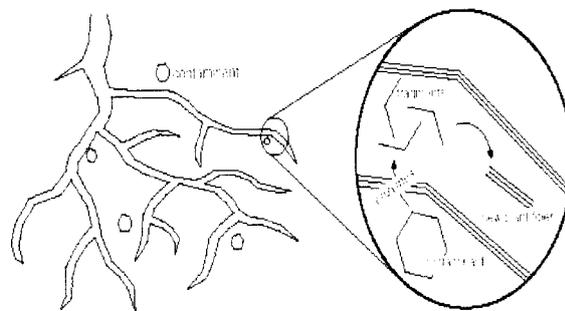
Gambar 2.6 Morfologi Tanaman Kangkung Air

2.5.2 Fitoremediasi Pada Tanaman

Fitoremediasi berasal dari kata Inggris yaitu *phytoremediation*. *Phytoremediation* ini terbagi menjadi dua istilah yaitu *phyto* dan *remediation*. *Phyto* berasal dari kata Yunani yaitu *phyton* adalah tumbuhan, sedangkan *remediation* berasal dari kata Latin yaitu *remedium* yang artinya menyembuhkan. Jadi, fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik ataupun anorganik. Ada beberapa metode fitoremediasi, yaitu :

a) Fitodegradasi

Suatu proses dimana kontaminan diurai lalu diserap oleh tanaman melalui suatu proses metabolisme atau kontaminan tersebut diurai oleh tanaman melalui suatu pengaruh produksi senyawa tertentu. Contoh enzim dehalogenase dan oksigenase.



Gambar 2.7 Enzim yang memutus rantai karbon pada senyawa organik

b) Rhizofiltrasi

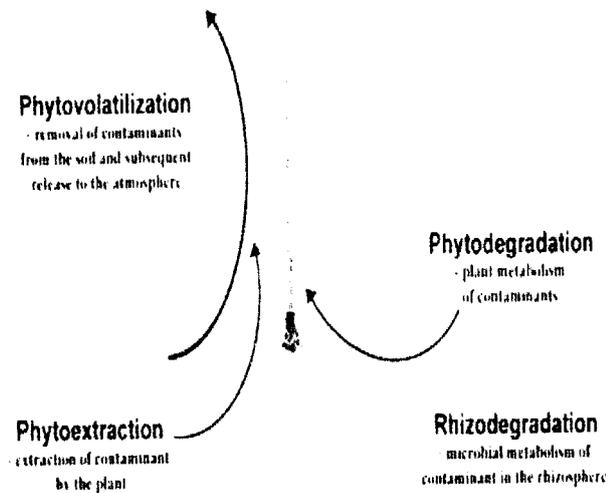
Merupakan suatu proses dimana akar tanaman menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi senyawa kimia pada air limbah.

c) Fitostabilisasi

Suatu proses dalam tanaman yang mampu melakukan proses stabilisasi terhadap suatu senyawa kimia.

d) Fitovolatilisasi

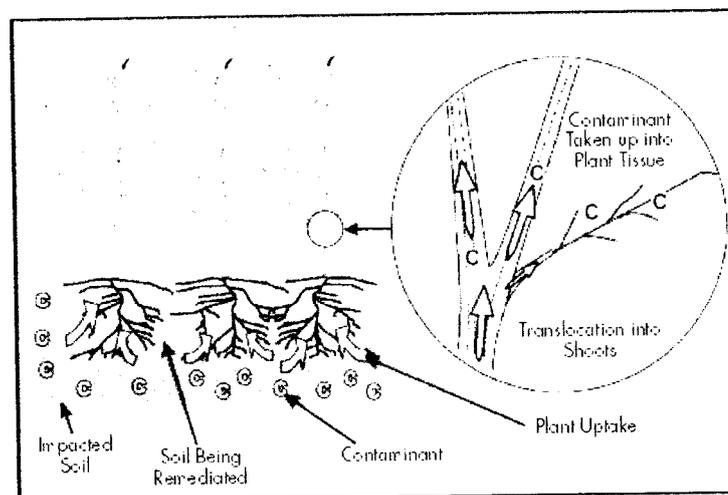
Suatu penyerapan dari transpirasi suatu kontaminan oleh tanaman yang dilakukan dengan cara melepaskan kontaminan tersebut. Dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepaskan lewat daun (Priyanto & Prayitno, 2004).



Gambar 2.8 Proses – proses fitoremediasi pada tumbuhan

e) Fitoekstraksi

Suatu proses penyerapan/ pengambilan kontaminan oleh akar tumbuhan dan ditranslokasikan atau pemindahan transportasi senyawa tersebut ke bagian atas tumbuhan baik batang ataupun daun.



Gambar 2.9 Fitoekstraksi terhadap kontaminan inorganik

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di sebelah Barat Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP Universitas Islam Indonesia.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala lapangan pada tahap akhir penelitian.

3.3 Obyek Penelitian

Obyek yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah limbah cair dari industri tahu yang terletak di sebelah Barat Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

3.4 Karakteristik Limbah Cair

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

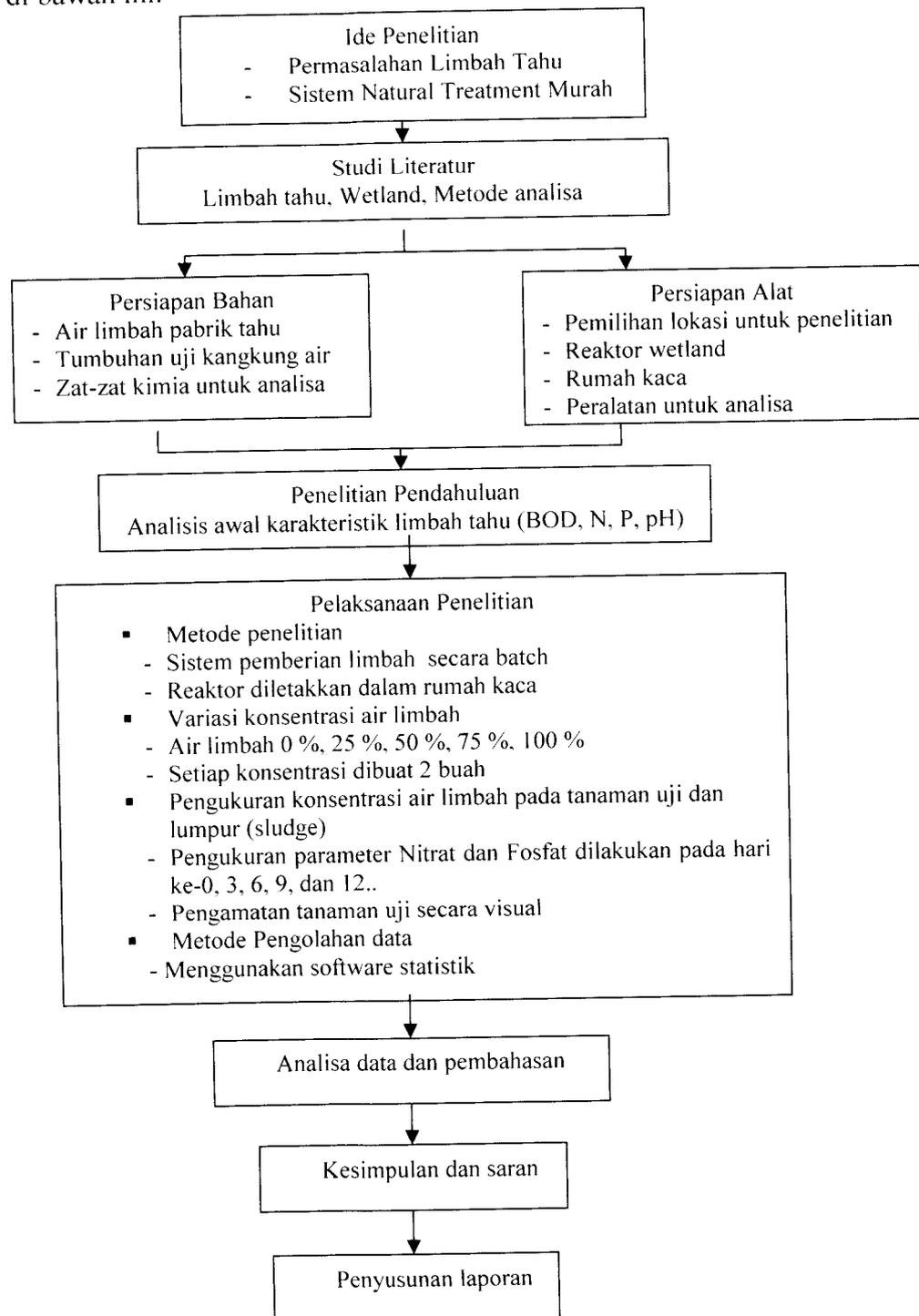
Tabel 3.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Tahu

Karakteristik	Satuan	Konsentrasi
BOD ₅ ²⁰	mg/L	
Nitrat	mg/L	
P Total	mg/L	
pH	-	

Sumber : Hasil analisa laboratorium

3.5 Metode Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.6 *Desain Constructed Wetlands*

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

a. Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah kangkung air (*Ipomoea aquatic Forsk*). Penanaman kangkung pada awalnya dengan membuat lubang yang berjarak 20 cm x 12,5 cm dan jumlah tanaman untuk masing – masing reaktor adalah 20 buah tanaman. Media tanaman yang digunakan adalah tanah, tinggi tanah masing – masing 10 cm untuk tiap reaktor. Tanaman kangkung yang telah ditanam diberi air setinggi 15 cm dari permukaan tanah , dimana tinggi air tersebut merupakan percampuran antara air dengan limbah. Penelitian dilakukan dalam rumah tanaman.

b. Dimensi reaktor

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

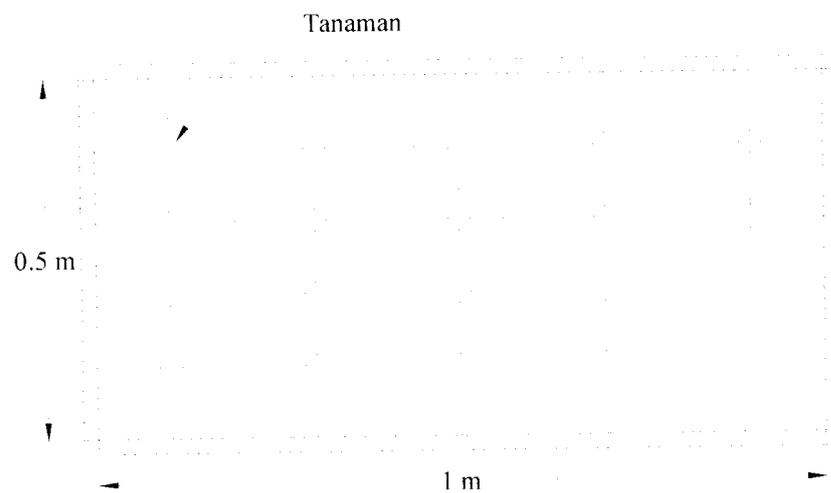
(a). Reaktor kontrol, dialiri dengan air kran dengan dan tanpa menggunakan tanaman.

(b) Reaktor uji, dialiri air limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%. Untuk masing – masing konsentrasi menggunakan dan tanpa menggunakan tanaman.

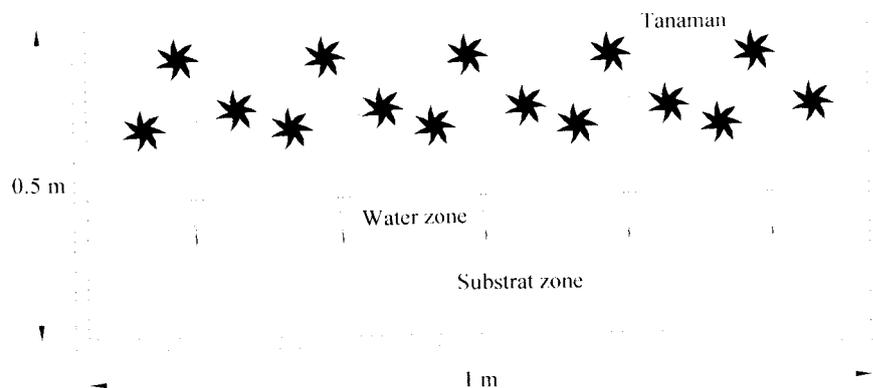
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch constructed wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Persamaan Reaktor Awal

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Waktu detensi	Td	12	hari		
Luas	A	P = 1	m	$A = \frac{\text{volume}}{H_{air}}$	



Gambar 3.2 Reaktor Tampak Atas (tanpa skala)



Gambar 3.3 Reaktor Tampak Samping (tanpa skala)

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Tahap Persiapan

Persiapan penelitian ini dilakukan 2 tahapan, yaitu :

- a. Persiapan rumah tanaman, yang berfungsi untuk menghindari masuknya air hujan apabila terjadi hujan dan juga mengurangi intensitas cahaya matahari secara langsung.
- b. Persiapan konstruksi reaktor *wetlands*, reaktor ini dibuat dari kayu dengan ukuran 0,5 m x 1,0 m yang dilapisi dengan plastik sebagai lapisan kedap air. Setiap reaktor diberi tanah sebagai media tanaman dengan tinggi 10 cm. Jumlah reaktor sebanyak 10 buah, dan tiap – tiap reaktor diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah yang berbeda – beda yaitu 0 % sebagai kontrol, 25 %, 50 %, 75 %, dan 100 %.
- c. Persiapan tanaman, jenis tanaman yang digunakan adalah kangkung air. Setiap reaktor memanfaatkan kangkung air sebanyak 20 buah tanaman dengan jarak tanam 20 cm x 12,5 cm. Sebelum tanaman

kangkung air dialiri air limbah, terlebih dahulu tanaman kangkung air dialiri dengan air biasa. Hal ini bertujuan agar tanaman kangkung dapat beradaptasi terlebih dahulu dengan lingkungan yang baru, dan adaptasi ini dilakukan selama 4 hari. Setelah 4 hari tanaman kangkung air dialiri air limbah industri tahu dengan ketinggian 15 cm dari ketinggian tanah yang telah jenuh.

3.7.2 Tahap Pelaksanaan penelitian

Media tanam yang digunakan adalah tanah, dan reaktor yang digunakan berjumlah 10 buah reaktor dimana tiap reaktor akan diberi perlakuan limbah yang sama. Reaktor terbagi atas reaktor uji dan reaktor kontrol, dimana reaktor kontrol dengan konsentrasi 0 % yaitu dialiri tanpa air limbah dengan menggunakan tanaman dan tanpa menggunakan tanaman. Sedangkan untuk reaktor uji dibagi menjadi dua yaitu reaktor uji pertama diberi perlakuan limbah dengan konsentrasi 25 %, 50 %, 75 %, dan 100 % dengan menggunakan tanaman kangkung air sebanyak 4 buah reaktor, dan 4 buah reaktor uji yang tanpa tanaman kangkung air diberi perlakuan limbah dengan konsentrasi yang sama dengan reaktor yang ditanami kangkung air. Pengaliran limbah secara *batch* dan sistem yang digunakan dalam *constructed wetlands* adalah *Free Water Surface* (FWS).

3.7.3 Desain sampling

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

3.8. Analisa Laboratorium

3.8.1 Analisa Daya Serap Tanaman

Untuk analisa daya serap pada tanaman yaitu terlebih dahulu sampel tanaman dikeringkan pada suhu ruangan kemudian diambil ekstrak tanaman tersebut, dan dilakukan pengujian seperti pengujian kualitas air.

3.8.2 Analisa Tanah

Untuk analisa pada tanah yaitu terlebih dahulu sampel tanah dikeringkan pada suhu ruangan, lalu dihancurkan dan disaring dengan menggunakan saringan 100 mesh, setelah itu dilarutkan dengan aquades dan diaduk dengan menggunakan agitator pada kecepatan 30 rpm dalam waktu 18 jam, dan kemudian dilakukan pengujian seperti pengujian kualitas air.

3.8.3 Analisa Nitrat

Prinsip pengukuran nitrat yaitu 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.

3.8.4 Analisa Fosfat

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. Langkah – langkah analisa fosfat dapat dilihat pada lampiran II

3.9. Analisa Pertumbuhan Tanaman

Pada tanaman juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual terhadap tanaman uji yang meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun, lebar daun) dan daya tahan terhadap air limbah. Hasil pengamatan ini hanya dipergunakan sebagai data pendukung. Sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat penyerapan tanaman dan tanah terhadap air limbah.

Tabel 3.3 Parameter Pertumbuhan Tanaman

Parameter	Pengamatan hari ke				
	0	3	6	9	12
Panjang daun					
Lebar daun					

3.10 Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat penyerapan oleh tanaman dan tanah yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (daya serap) 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 $\alpha = 0,05$ menggunakan software SPSS 11.5; 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

3.11 Hipotesis

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

- a) Bahwa system *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air dapat menurunkan konsentrasi nitrat dan fosfat pada limbah pabrik tahu.
- b) Kapasitas serapan pada tanaman terhadap kandungan organik nitrat dan fosfat lebih optimal dibandingkan dengan akumulasi nitrat dan fosfat pada lumpur (sludge) dalam *constructed wetland*.
- c) Bahwa tanaman kangkung air yang telah dipergunakan untuk pengolahan limbah pabrik tahu dapat dikonsumsi (*reuse*) oleh manusia.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kemampuan Daya Serap Pada Tanaman Kangkung Air

4.1.1 Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Nitrat (NO₃)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peningkatan kemampuan daya serap tanaman terhadap kandungan nitrat pada limbah cair tahu dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah yang berbeda – beda. Setiap reaktor memiliki kemampuan yang berbeda – beda dalam menyerap kandungan nitrat. Hasil analisa laboratorium kandungan nitrat dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Kandungan Nitrat Di Tanaman

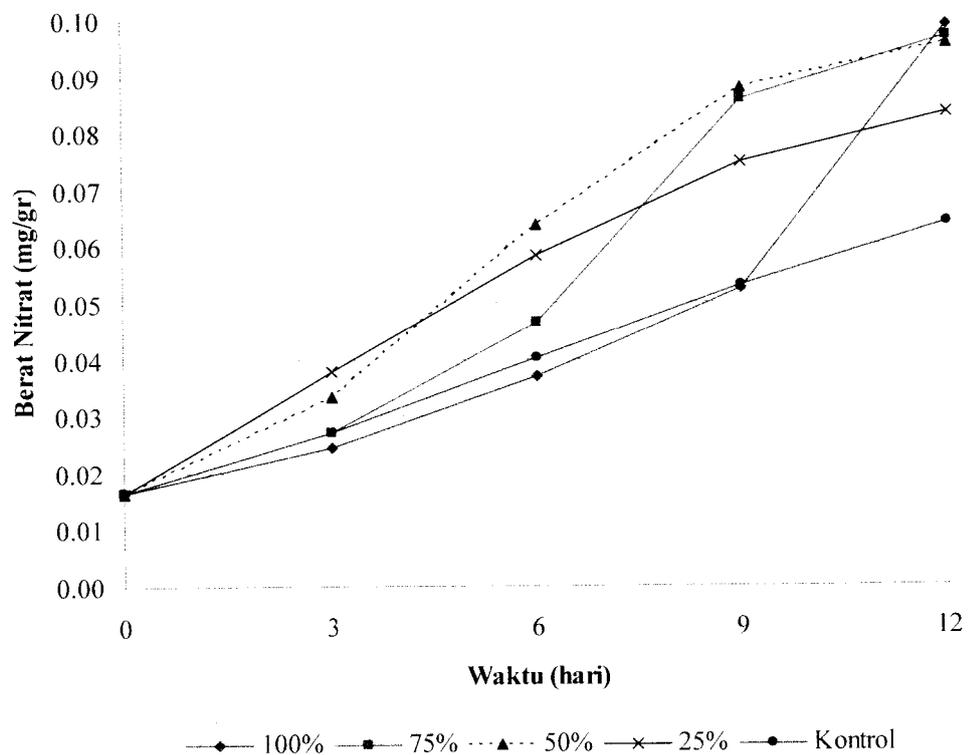
Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
	NO ₃ tanaman				
(Hari)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	16.414	16.414	16.414	16.414	16.414
3	24.490	26.961	33.202	37.741	27.145
6	36.895	46.560	63.800	58.343	40.190
9	52.382	85.629	87.820	74.678	52.831
12	98.905	96.793	95.640	83.454	63.866

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.2 Berat Nitrat Tiap 1 gr Tanaman

Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
(Hari)	NO ₃ tanaman (mg/gr)				
0	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3	0.024	0.027	0.033	0.038	0.027
6	0.037	0.047	0.064	0.058	0.040
9	0.052	0.086	0.088	0.075	0.053
12	0.099	0.097	0.096	0.083	0.064

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)



Gambar 4.1 Peningkatan Berat Nitrat Per Berat Tanaman Pada Berbagai Waktu

Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan daya serap nitrat terhadap waktu. Reaktor dengan konsentrasi 100 % sampai hari ke 9 mengalami peningkatan kandungan nitrat yang terdapat di dalam tanaman ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanaman dengan berat awal (C_0) yaitu 0,016 mg/gr menjadi 0,024 mg/gr. Reaktor dengan konsentrasi 75 % mengalami peningkatan kandungan nitrat yang terdapat di dalam tanaman ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanaman dengan berat awal (C_0) yaitu 0,016 mg/gr menjadi 0,086 mg/gr. Pada reaktor dengan konsentrasi 50 % juga mengalami peningkatan kandungan nitrat yang terdapat di dalam tanaman ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanaman dengan berat awal (C_0) yaitu 0,016 mg/gr menjadi 0,088 mg/gr. Untuk reaktor dengan konsentrasi 25 %, dan reaktor kontrol mengalami peningkatan kandungan nitrat yang terdapat di dalam tanaman ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanaman masing – masing yaitu dengan berat awal (C_0) yaitu 0,016 mg/gr menjadi 0,075 mg/gr dan 0,053 mg/gr.

Peningkatan kandungan ataupun berat nitrat di dalam tanaman pada masing – masing reaktor terjadi sangat signifikan jika dibandingkan dengan reaktor kontrol yakni pada hari ke 9. Hal ini sesuai dengan perubahan fisik tanaman di dalam reaktor, dimana pada reaktor dengan konsentrasi 100 % masih banyak daun yang kondisinya layu bahkan ada yang mongering. Pada reaktor dengan konsentrasi 75 %, rata – rata kondisi daun tampak segar atau berwarna hijau walaupun ada beberapa tanaman yang mati, sedangkan untuk reaktor dengan konsentrasi 50 % rata – rata kondisi tanaman berwarna hijau dan banyak tumbuh

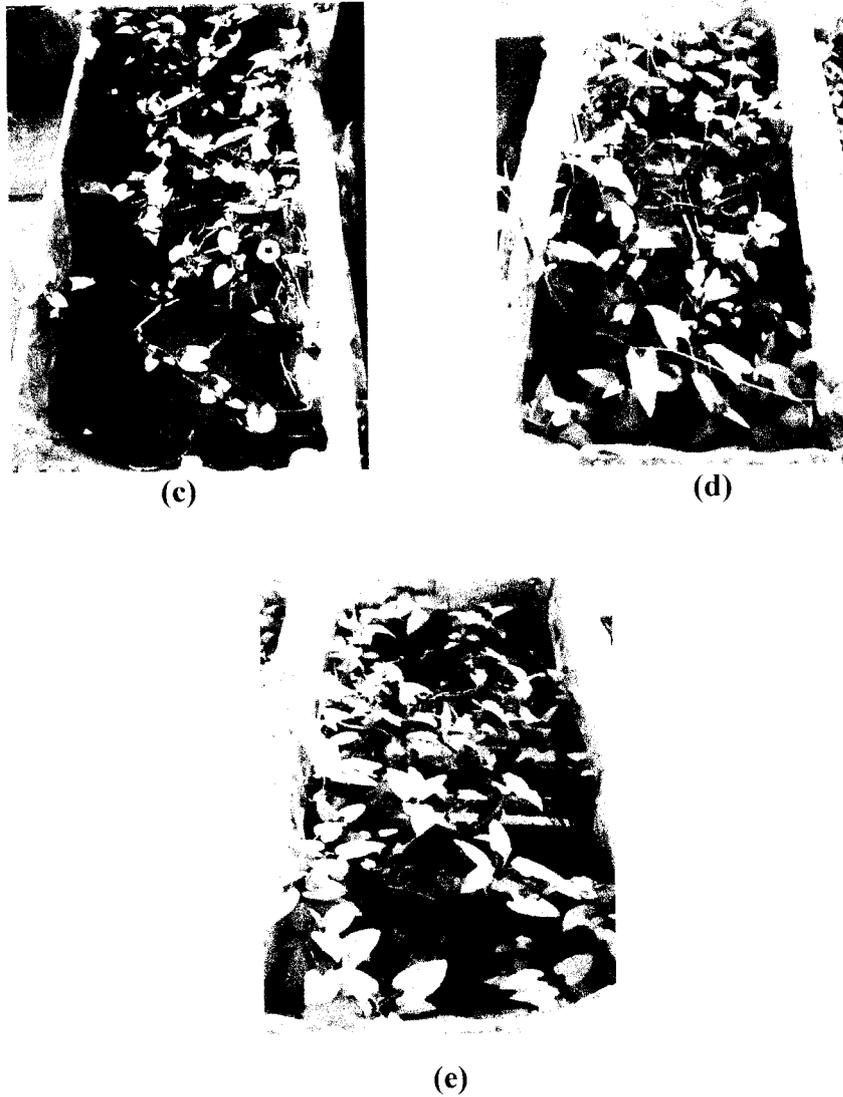
tunas baru disertai dengan tumbuh bunga. Pada reaktor dengan konsentrasi 25 % peningkatan produktivitas tanaman yang tinggi, hal ini disertai dengan adanya bunga yaitu pada hari ke 2. Dan pada reaktor kontrol, tanaman berwarna hijau tua dan juga terdapat tunas baru. Pertumbuhan tanaman kangkung ini meningkat karena adanya peningkatan penyerapan nitrogen dan pertumbuhan akar, maka pada hari ke-12 seluruh reaktor tersebut mengalami eutrofikasi. Eutrofikasi di perairan disebabkan oleh adanya unsur nitrogen dan fosfor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)

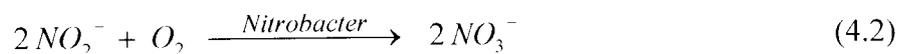
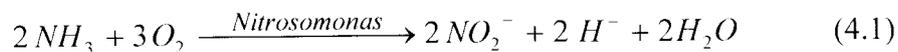


(b)

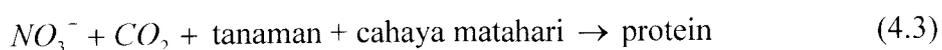


Gambar 4.2 Perubahan Tanaman Secara Visual pada hari ke-9 dengan konsentrasi : (a) 100 %; (b) 75 %; (c) 50 %; (d) 25 %; dan (e) kontrol.

Nitrat (NO_3) merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat dapat berasal dari hasil proses nitrifikasi, dimana terjadinya proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat secara aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dapat ditunjukkan dalam persamaan reaksi (4.1), sedangkan untuk oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* dapat ditunjukkan dalam persamaan reaksi (4.2) (Novotny and Olem, 1994).



Terjadinya peningkatan serapan kandungan nitrat pada tanaman kangkung air karena seluruh substansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda – benda air dapat diserap oleh akar – akar tumbuhan seperti spons yang mampu menyerap suatu cairan tanpa adanya seleksi terlebih dahulu (Epstein, 1972). Nitrat yang telah diserap tanaman selanjutnya dikonversi menjadi protein dengan bantuan karbondioksida (CO_2) yang terdapat di udara bebas dan cahaya matahari. Proses konversi ini ditunjukkan dalam persamaan (4.3).



Pada penelitian ini menggunakan standar baku air minum sebagai pembanding yaitu sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001. Hal ini disebabkan karena belum adanya standar baku mutu yang mengatur kualitas makanan, dan karena kandungan yang terdapat dalam makanan juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia. Hasil pengujian kandungan

nitrat pada hari ke-12 untuk seluruh reaktor telah melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan kadar maksimum yang diperbolehkan yakni 10 mg/L, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh tanaman tersebut tidak aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Nitrat termasuk bahan – bahan inorganic yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan jika dikonsumsi berlebih. Dampak yang ditimbulkan oleh nitrat yaitu nitrat yang berada di usus manusia akan direduksi menjadi nitrit yang dapat menyebabkan *methemoglobinemia* yaitu nitrit akan beraksi dengan hemoglobin dalam darah sehingga darah tidak dapat mengikat oksigen lagi (O₂) selain itu pula nitrit dapat menimbulkan nitrosamine dimana dapat menyebabkan penyakit kanker (Alaerts dan Santika, 1987). Dalam suatu percobaan, pemberian nitrat pada dosis 50 ppm yang berbentuk makanan diberikan pada tikus percobaan dalam waktu 20 – 40 minggu dapat menyebabkan munculnya tumor ganas di hati. Dan pada dosis 30 – 40 ppm dapat menyebabkan tumor ganas di ginjal (Handi, 2005).

Tabel 4.3 Hasil *Test of Between – Subject Effects* Kandungan Nitrat

Dependent Variable: nitrat (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18089.391 ^a	8	2261.174	23.958	.000
Intercept	64454.547	1	64454.547	682.927	.000
KONS.LIM	1188.111	4	297.028	3.147	.044
WAKTU	16901.280	4	4225.320	44.769	.000
Error	1510.078	16	94.380		
Total	84054.016	25			
Corrected Total	19599.469	24			

a. R Squared = .923 (Adjusted R Squared = .884)

Dari hasil *Test of Between – Subject Effects* kandungan nitrat yang terdapat di tanaman terhadap waktu tinggal, diperoleh F hitung adalah 44,769 dengan probabilitas 0,000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap kandungan nitrat. Semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan tanaman untuk beradaptasi terhadap kandungan yang terdapat dalam limbah cair serta memberikan kesempatan tanaman untuk menyerap kandungan nitrat lebih banyak guna meningkatkan produktivitas tanaman kangkung air.

Untuk selanjutnya dari *Test of Between – Subject Effects* berat kandungan nitrat terhadap variasi konsentrasi limbah, diperoleh F hitung 3,147 dengan probabilitas 0,044 oleh karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti variasi konsentrasi mempunyai pengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap kandungan nitrat. Karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula kandungannya, baik yang dibutuhkan maupun yang tidak dibutuhkan oleh tanaman. Kandungan yang tidak dibutuhkan tersebut dapat mengganggu

proses pertumbuhan tanaman, maka dengan menurunnya jumlah tanaman yang hidup di dalam reaktor akan menyebabkan penurunan kemampuan daya serap tanaman terhadap kandungan nitrat.

4.1.2 Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Fosfor (P)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan fosfor pada tanaman kangkung air (*Ipomoea Aquatica Forsk*) dengan menggunakan 5 jenis variasi perlakuan menunjukkan adanya peningkatan yang cukup nyata terhadap waktu tinggal limbah cair pabrik tahu di dalam reaktor. Hasil analisa kandungan fosfor yang terdapat di dalam tanaman dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Kandungan Fosfor Di Tanaman

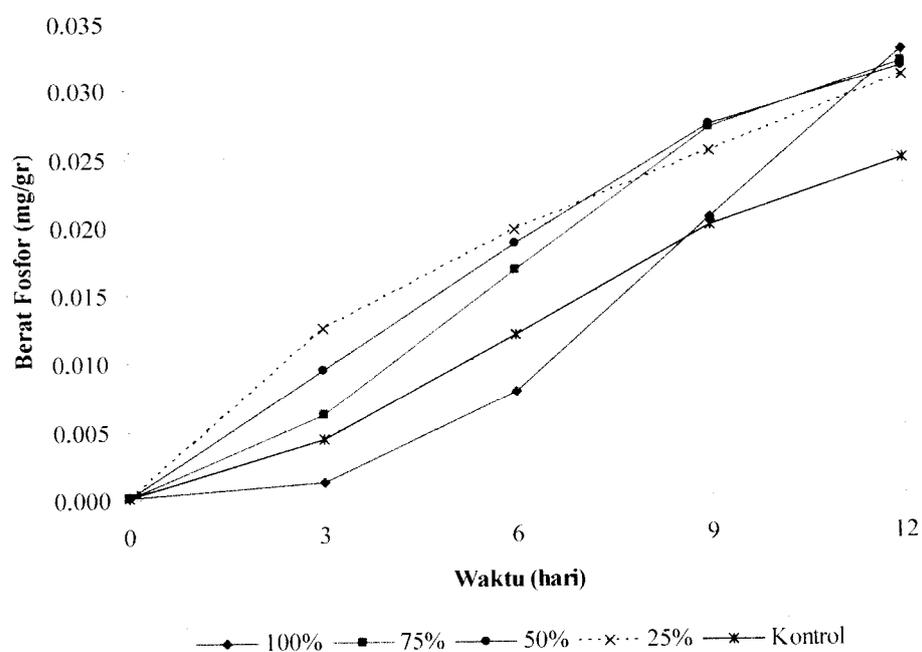
Waktu (Hari)	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
	P tanaman (mg/L)				
0	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163
3	1.183	6.074	9.315	12.384	4.333
6	7.691	16.612	18.526	19.553	11.867
9	20.336	26.862	27.080	25.177	19.796
12	32.510	31.569	31.231	30.551	24.511

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.5 Berat Fosfor Tiap 1 gr Tanaman

Waktu (Hari)	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
	P tanaman (mg/gr)				
0	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3	0.001	0.006	0.009	0.012	0.004
6	0.008	0.017	0.019	0.020	0.012
9	0.020	0.027	0.027	0.025	0.020
12	0.033	0.032	0.031	0.031	0.025

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)



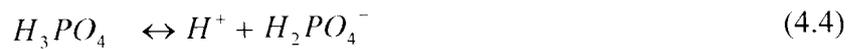
Gambar 4.3 Peningkatan Berat Fosfor Per Berat Tanaman Pada Berbagai Waktu

Berdasarkan dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa reaktor dengan variasi konsentrasi limbah 100 % sampai hari ke-9 mengalami peningkatan kandungan fosfor ataupun peningkatan berat fosfor per berat tanaman dengan berat awal (C_0) sebesar 0,0002 mg/gr menjadi 0,02 mg/gr. Untuk konsentrasi limbah 75 % juga terjadi peningkatan kandungan fosfor ataupun peningkatan berat fosfor per berat tanaman dengan berat awal (C_0) sebesar 0,0002 mg/gr menjadi 0,027 mg/gr sampai hari ke-9. Reaktor dengan konsentrasi limbah 50 % mengalami peningkatan kandungan fosfor ataupun peningkatan berat fosfor per berat tanaman dengan berat awal (C_0) sebesar 0,0002 mg/gr menjadi 0,027 mg/gr. Sedangkan untuk reaktor dengan konsentrasi 25 % juga mengalami peningkatan kandungan fosfor ataupun peningkatan berat fosfor per berat tanaman dengan berat awal (C_0) sebesar 0,0002 mg/gr menjadi 0,025 mg/gr. Dan untuk reaktor kontrol terjadi peningkatan kandungan fosfor ataupun peningkatan berat fosfor per berat tanaman dengan berat awal (C_0) sebesar 0,0002 mg/gr menjadi 0,02 mg/gr.

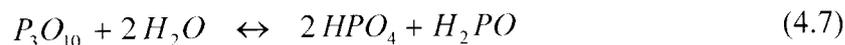
Seperti halnya peningkatan kandungan fosfor yang terdapat di tanaman, maka terjadi pula perubahan fisik pada tanaman. Pada hari ke 9, reaktor dengan konsentrasi 100 % masih banyak daun yang kondisinya layu bahkan ada yang mengering. Pada reaktor dengan konsentrasi 75 %, rata – rata kondisi daun tampak segar (berwarna hijau) walaupun ada beberapa tanaman yang mati, sedangkan untuk reaktor dengan konsentrasi 50 % rata – rata kondisi tanaman berwarna hijau dan banyak tumbuh tunas baru disertai dengan tumbuh bunga. Pada reaktor dengan konsentrasi 25 % peningkatan produktivitas tanaman yang

tinggi, hal ini disertai banyaknya daun dan tunas – tunas baru sedangkan munculnya bunga pertama kali yaitu pada hari ke 2. Dan pada reaktor kontrol, tanaman berwarna hijau tua dan juga banyak tunas baru. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Orthofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, seperti tanaman kangkung air. Reaksi ionisasi asam orthofosfat ditunjukkan dalam persamaan (4.4 – 4.6).



Sedangkan polifosfat harus terhidrolisis yang akan membentuk orthofosfat, setelah itu dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Reaksi hidrolisis senyawa polifosfat yaitu tripolifosfat membentuk senyawa orthofosfat dapat dilihat pada persamaan (4.7)



Terjadinya peningkatan kandungan fosfor di dalam tanaman kangkung air karena semua tanaman mempunyai kemampuan mekanisme penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, terutama nitrat dan ammonium, fosfat, K, Ca, sulfat, Mg, Fe, Mn, Cu, Bo, Cl, Zn, dan Mo. (Fitter dan Hay, 1992). Senyawa orthofosfat yang telah diserap oleh tanaman akan mengalami perubahan menjadi organofosfat. Dan akhirnya akan membentuk senyawa misalnya ATP (*Adenosine Triphosphate*), dan ATP tersebut dibutuhkan oleh tanaman dalam aktifitas nitrogenase yakni merubah nitrogen udara menjadi

ammonia. Semua unsur yang diperlukan oleh tumbuhan akan diserap dalam bentuk anorganik, misalnya nitrogen masuk sebagai ion nitrat atau ion ammonium, fosfor sebagai fosfat (PO_4^{3-}), kalium sebagai K^+ , kalsium sebagai Ca^{2+} , dan sebagainya. Kandungan fosfat dalam air limbah dipakai untuk menentukan perancangan perlakuan limbah secara biologi guna mendukung pertumbuhan mikrobia (Haberl, 1999). Fosfat yang terdapat dalam air limbah yaitu sebagai senyawa orthofosfat, polifosfat, dan fosfat organis.

Pada penelitian ini menggunakan standar baku air minum sebagai pembanding yaitu sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001. Hal ini disebabkan karena belum adanya standar baku mutu yang mengatur kualitas makanan, dan karena kandungan yang terdapat dalam makanan juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia. Hasil pengujian kandungan fosfor pada hari ke-12 untuk seluruh reaktor telah melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan kadar maksimum yang diperbolehkan yakni 0,2 mg/L. Dampak yang ditimbulkan oleh fosfor yaitu tidak beracun terhadap hewan air dan tidak mengganggu kesehatan manusia, aman jika digunakan untuk pencucian serat dan kain, serta tidak menyebabkan korosif dan tidak mudah terbakar. Walaupun hasil tersebut melampaui standar baku mutu akan tetapi fosfor tidak menyebabkan gangguan kesehatan jika dikonsumsi oleh manusia.



Tabel 4.6 Hasil *Test of Between – Subject Effects* Kandungan Fosfor

Dependent Variable: Fosfor (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3117.752 ^a	8	389.719	50.427	.000
Intercept	5714.634	1	5714.634	739.435	.000
KONS.LIM	141.532	4	35.383	4.578	.012
WAKTU	2976.221	4	744.055	96.276	.000
Error	123.654	16	7.728		
Total	8956.041	25			
Corrected Total	3241.407	24			

a. R Squared = .962 (Adjusted R Squared = .943)

Dari hasil *Test of Between – Subject Effects* berat kandungan fosfat terhadap waktu tinggal, diperoleh F hitung adalah 96,276 dengan probabilitas 0,000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap kemampuan daya serap tanaman terhadap kandungan fosfat. Semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan tanaman untuk beradaptasi terhadap kandungan yang terdapat dalam limbah cair serta memberikan kesempatan tanaman untuk menyerap kandungan fosfat lebih banyak guna meningkatkan produktivitas tanaman kangkung air.

Variasi konsentrasi limbah juga mempengaruhi kemampuan daya serap tanaman terhadap berat kandungan fosfat, hal ini dapat dilihat dari *Test of Between – Subject Effects* yang mempunyai F hitung 4,578 dengan probabilitas 0,012 oleh karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti variasi konsentrasi mempunyai pengaruh terhadap kemampuan daya serap tanaman terhadap kandungan fosfat. Karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula kandungannya, baik berupa kandungan yang dapat dimanfaatkan oleh

tumbuhan itu sendiri maupun kandungan yang tidak dibutuhkan. Kandungan yang tidak dibutuhkan tersebut dapat mengganggu proses pertumbuhan tanaman, maka dengan menurunnya jumlah tanaman yang hidup di dalam reaktor akan menyebabkan penurunan kemampuan daya serap tanaman terhadap kandungan fosfat.

4.2 Analisa Media Tanah

4.2.1 Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Nitrat (NO_3)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perubahan kandungan nitrat yang terdapat pada media tanah dimulai dari awal sampai akhir penelitian dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah yang berbeda – beda. Media tanah yang digunakan berasal dari tanah permukiman atau perumahan. Hasil analisa berat kandungan nitrat pada berat media tanah untuk masing - masing reaktor dapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.7 Kandungan Nitrat Di Tanah

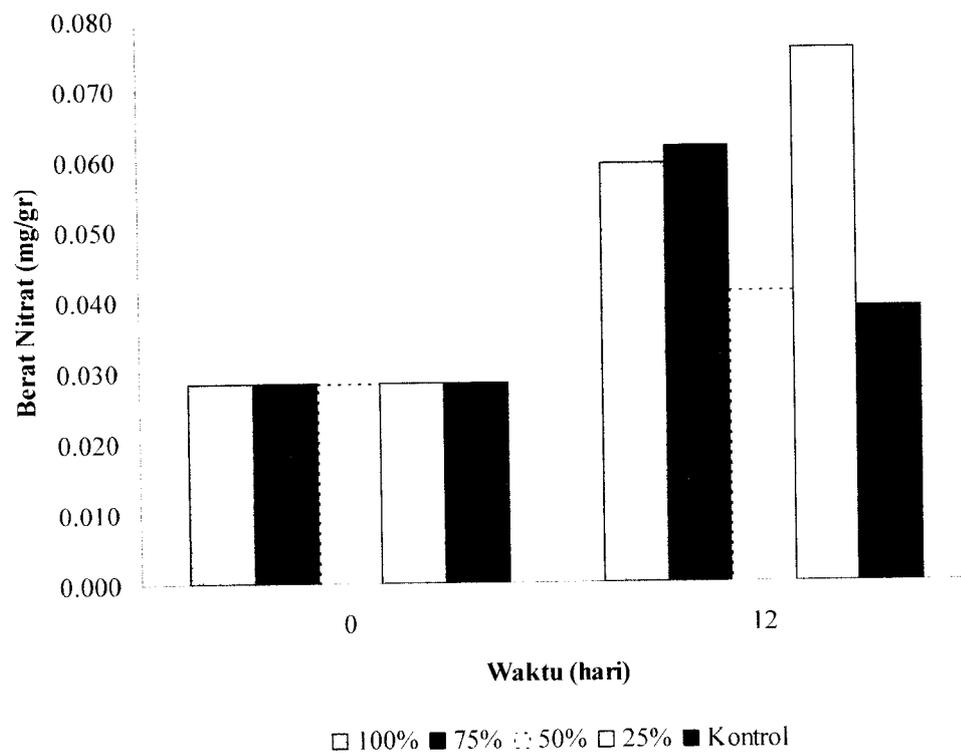
Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
(Hari)	NO_3 tanah (ppm)				
0	28.40	28.40	28.40	28.40	28.40
12	59.20	61.55	41.30	75.50	38.75

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.8 Berat Nitrat Tiap 1 gr Tanah

Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
(Hari)	NO ₃ tanah (mg/gr)				
0	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028
12	0.059	0.062	0.041	0.076	0.039

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)



Gambar 4.4 Peningkatan Berat Nitrat Per Berat Tanah Pada Berbagai Waktu

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.4 diatas bahwa dapat dilihat terjadi peningkatan secara signifikan sampai hari ke 12, untuk reaktor dengan konsentrasi 100 % mengalami peningkatan kandungan nitrat ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar 0,028 mg/gr menjadi 0,059 mg/gr. Pada reaktor dengan konsentrasi 75 % terjadi peningkatan kandungan nitrat ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar 0,028 mg/gr menjadi 0,062 mg/gr. Peningkatan kandungan nitrat ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanah untuk reaktor dengan konsentrasi 50 %, dengan berat awal (C_0) sebesar 0,028 mg/gr menjadi 0,041 mg/gr. Pada reaktor dengan konsentrasi 25 % terjadi peningkatan kandungan nitrat ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanah yang signifikan dengan berat awal (C_0) sebesar 0,028 mg/gr menjadi 0,076 mg/gr. Dan untuk reaktor kontrol terjadi peningkatan kandungan nitrat ataupun peningkatan berat nitrat per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar 0,028 mg/gr menjadi 0,039 mg/gr. Media tanah sangat berperan penting dalam sistem *constructed wetlands* yaitu sebagai tempat hidup dan mendukung pertumbuhan tanaman karena tanah mengandung material – material organik dan anorganik. Ion nitrat yang bermuatan negatif lebih mudah bergerak di dalam tanah sehingga jika tidak dimanfaatkan oleh tumbuhan, ion tersebut akan larut ke dalam air. Dan tanah sebagai media dari tanaman juga dapat menyerap air yang mengandung ion nitrat tersebut.

Tabel 4.9 Hasil *Test of Between – Subject Effects* Nitrat Di Dalam Tanah

Dependent Variable: Nitrat pd tanah (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2269.752 ^a	5	453.950	3.896	.106
Intercept	17497.489	1	17497.489	150.160	.000
KON.LIMB	466.103	4	116.526	1.000	.500
WAKTU	1803.649	1	1803.649	15.479	.017
Error	466.104	4	116.526		
Total	20233.345	10			
Corrected Total	2735.856	9			

a. R Squared = .830 (Adjusted R Squared = .617)

Dari hasil *Test of Between – Subject Effects* kandungan nitrat terhadap waktu tinggal, diperoleh F hitung adalah 15,479 dengan probabilitas 0,017. Oleh karena probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap meningkatnya kandungan nitrat di dalam media tanah. Semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan media tanah untuk menyerap air yang dapat melarutkan ion nitrat.

Untuk selanjutnya dari *Test of Between – Subject Effects* kandungan nitrat terhadap variasi konsentrasi limbah, diperoleh F hitung 1,000 dengan probabilitas 0,5 karena probabilitas > 0,05 maka H_0 diterima yaitu berarti variasi konsentrasi tidak berpengaruh terhadap meningkatnya kandungan nitrat di dalam media tanah. Jika pada tanaman mempunyai kemampuan bertahan hidup pada batas konsentrasi kandungan limbah tertentu, tetapi lain halnya dengan tanah. Karena tanah dapat menyerap air yang mengandung ion nitrat selama keadaan tanah tersebut masih dalam kondisi tidak jenuh.

4.2.2 Kemampuan Daya Serap Terhadap Kandungan Fosfor (P)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perubahan kandungan nitrat yang terdapat pada media tanah dimulai dari awal sampai akhir penelitian dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah yang berbeda – beda. Hasil analisa kandungan nitrat pada sampel media tanah untuk masing - masing reaktor dapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.10 Kandungan Fosfor Di Tanah

Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
(Hari)	P tanah	P tanah	P tanah	P tanah	P tanah
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.11 Berat Fosfor Tiap 1 gr Tanah

Waktu	Konsentrasi Limbah				
	100%	75%	50%	25%	Kontrol
(Hari)	P tanah	P tanah	P tanah	P tanah	P tanah
	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/gr)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kandungan fosfor di dalam media tanah secara signifikan maupun penurunan berat fosfor tiap berat tanah untuk seluruh reaktor dengan variasi konsentrasi. Dimana pada reaktor dengan konsentrasi 100 % sampai hari ke 12 mengalami penurunan kandungan fosfor di dalam media tanah ataupun penurunan berat fosfor per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar $-0,011$ mg/gr menjadi $-0,033$ mg/gr. Reaktor dengan konsentrasi 75 % mengalami penurunan kandungan fosfor ataupun penurunan berat fosfor per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar $-0,011$ mg/gr menjadi $-0,032$ mg/gr. Untuk reaktor dengan konsentrasi 50 % dan 25 % juga mengalami penurunan kandungan fosfor ataupun penurunan berat fosfor per berat tanah dengan berat awal (C_0) sebesar $-0,011$ mg/gr menjadi $-0,030$ mg/gr dan $-0,018$ mg/gr. Sedangkan untuk reaktor kontrol dari berat awal (C_0) sebesar $-0,011$ mg/gr menjadi $-0,038$ mg/gr. Walaupun sebenarnya terjadi penurunan kandungan fosfor akan tetapi karena konsentrasi fosfor pada tanah yaitu negatif maka disimpulkan bahwa tidak terdapat konsentrasi fosfor di dalam tanah untuk seluruh reaktor.

Tidak terdapatnya kandungan fosfor pada media tanah disebabkan ion fosfor yang berasal dari senyawa fosfat memiliki kemampuan presipitasi yang tak larut terhadap air. Pelarutan fosfat berlangsung lambat (Mason, 1993). Dan ion fosfor yang telah diserap oleh tanaman terjadi peningkatan setiap harinya, sehingga ion fosfor di dalam reaktor menjadi berkurang.

Tabel 4.12 Hasil *Test of Between – Subject Effects* Fosfor Di Dalam Tanah

Dependent Variable: Fosfor pd tanah (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1042.824 ^a	5	208.565	7.888	.034
Intercept	4201.352	1	4201.352	158.900	.000
KON.LIMB	105.761	4	26.440	1.000	.500
WAKTU	937.063	1	937.063	35.441	.004
Error	105.761	4	26.440		
Total	5349.937	10			
Corrected Total	1148.585	9			

a. R Squared = .908 (Adjusted R Squared = .793)

Dari hasil *Test of Between – Subject Effects* kandungan fosfor terhadap waktu tinggal, diperoleh F hitung adalah 33,391 dengan probabilitas 0,004. Oleh karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap menurunnya kandungan fosfor di dalam media tanah. Semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan pada tanaman untuk menyerap ion fosfor yang terdapat pada media tanah..

Untuk selanjutnya dari *Test of Between – Subject Effects* berat kandungan fosfor terhadap variasi konsentrasi limbah, diperoleh F hitung 1,000 dengan probabilitas 0,5 karena probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima yaitu berarti variasi konsentrasi tidak berpengaruh terhadap meningkatnya kandungan fosfor di dalam media tanah.

4.3 Analisa Tanaman Kangkung Air

Tumbuhan agar dapat hidup maka memerlukan zat makanan (unsur hara) yang pada umumnya dalam bentuk ion – ion. Unsur hara tersebut dapat diserap oleh tanaman dengan berbagai cara, yaitu :

- Aliran massa (*mass flow*)

Dimana unsur hara yang terdapat di dalam tanah bergerak menuju permukaan akar tanaman dengan mengikuti pergerakan massa air/ limbah. Gerakan air/ limbah dalam tanah tersebut berlangsung secara terus – menerus karena tanaman membutuhkan air untuk mengatur kelembaban tubuh.

- Difusi (*diffusion*)

Bergeraknya larutan tanah menuju akar tanaman tanpa adanya pergerakan aliran air tetapi diakibatkan oleh difusi, dimana bergerakinya zat/ unsur hara dari bagian yang berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Larutan tanah terbentuk oleh adanya air dan unsur hara yang terlarut.

- Intersepsi akar (*interception*)

Akar tanaman akan terus – menerus tumbuh memanjang menuju tempat – tempat yang lebih jauh di dalam tanah agar dapat mudah menyerap unsur hara dalam larutan tanah di tempat tersebut. Dengan memanjangnya akar tanaman maka berarti memperpendek jarak antara unsur hara dengan akar selain dengan cara transfer massa ataupun difusi.

Analisa terhadap tanaman kangkung air dilakukan pengamatan secara visual. Setiap harinya dilakukan pengukuran pada lebar daun dan panjang daun, serta perubahan fisik baik yang terjadi pada limbah maupun pada tanaman. Sebelum dialiri dengan air limbah, tanaman kangkung air ini mempunyai lebar daun antara 3,2 – 4,1 cm, dan panjang daun sekitar 5,7 – 7,1 cm. Berikut ini pertumbuhan kangkung air setelah dialiri air limbah selama 12 hari dengan berbagai variasi konsentrasi limbah.

Tabel 4.13 Panjang Daun Tanaman Kangkung Air

Reaktor	Pengamatan hari ke				
	0 (cm)	3 (cm)	6 (cm)	9 (cm)	12 (cm)
Kontrol	7.1	7.2	7.2	7.5	7.5
25%	6.7	6.7	6.9	7	7
50%	5.7	5.8	5.8	6	6
75%	6.7	6.8	6.8	6.8	6.9
100%	6	6	6.1	6.2	6.2

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.14 Lebar Daun Tanaman Kangkung Air

Reaktor	Pengamatan hari ke				
	0 (cm)	3 (cm)	6 (cm)	9 (cm)	12 (cm)
Kontrol	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4
25%	3.9	4	4.2	4.3	4.3
50%	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8
75%	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4
100%	3.6	3.6	3.6	3.8	3.8

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan tanaman kangkung air pada sistem *constructed wetlands* yang digunakan untuk mengolah limbah cair pabrik tahu menunjukkan peningkatan penyerapan dengan meningkatnya berat nitrat dan fosfat yang terdapat pada 1 gr berat kangkung sampai hari ke-12 sebagai berikut : Nitrat sebesar 0,099 mg/gr, dan Fosfor sebesar 0,033 mg/gr.
2. Tanaman kangkung air yang telah digunakan untuk mengolah limbah tidak dapat digunakan atau dikonsumsi kembali oleh manusia. Kandungan nitrat dan fosfor pada tanaman yakni 98,905 mg/L dan 32,51 mg/L, jika hasil tersebut dibandingkan dengan nitrat sebagai N yakni 10 mg/L dan total fosfat sebagai P yakni 0,2 mg/L sesuai dengan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 untuk golongan I karena diperuntukkan untuk air baku air minum.
3. Dengan menggunakan media tanah pada sistem *constructed wetlands* yang digunakan untuk mengolah limbah cair pabrik tahu menunjukkan peningkatan penyerapan sampai hari ke 12 sebagai berikut : Nitrat sebesar 75,50 mg/L dan fosfor sebesar 0 mg/L.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya:

1. Disarankan untuk melakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair pabrik tahu sebelum diolah dengan menggunakan sistem sistem *constructed wetlands*.
2. Disarankan untuk mengembangkan penelitian dari segi pengaliran limbah yaitu secara terus – menerus (*continue*) dan variasi tanaman serta mengembangkan penelitian dengan pengujian dampak kontaminan pada tanaman terhadap makhluk hidup.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap tanah sebagai media tumbuh dan hidup tanaman dalam sistem *constructed wetlands*.

DAFTAR PUSTAKA

- 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
- Epstein, E, 1972, "*Mineral Nutrition of Plant, Principle and Perspective*", Wiley Eastern Ltd., Bombay, P.8.
- Fitter, A, H, dan R,K,M, Hay, 1991, "*Fisiologi Lingkungan Tanaman*", Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Gopal, B, 1999, "*Natural and Constructed Wetland for Wastewater Treatment : Potentials 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
- Handi, K, 2005, "*Fitoremediasi Logam Cr oleh Tanaman Kangkung Air (Ipomoea aquatic Forsk)*", Jurusan Ilmu Kimia, FMIPA – UII, Jogjakarta.

- 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.
- Priyanto & Prayitno, 2004, "*Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, khususnya Logam Berat*", [http : /www. Ltl. Bppt. Tripod. com](http://www.Ltl.Bppt.Tripod.com)
- Veenstra, 1995, "*Wastewater Treatment*", IHE Delf
- Vymazal, J, 1999, "*Removal of BOD in Constructed Wetland with Horozontal 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.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I	(DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM)
LAMPIRAN II	(DATA HASIL ANALISA PERHITUNGAN)
LAMPIRAN III	(DATA HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN)
LAMPIRAN VI	(DOKUMENTASI)
LAMPIRAN V	(DATA HASIL UJI UNIANOVA)
LAMPIRAN VI	(STANDAR BAKU MUTU)

LAMPIRAN I

DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM

1. Hasil Pengujian Nitrat

Tabel 1.1 Konsentrasi Nitrat Pada Tanaman Kangkung Air (mg/L)

Waktu	Konsentrasi limbah									
	100%		75%		50%		25%		Kontrol	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
(Hari)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488	3.488
3	4.297	4.299	2.425	2.428	1.512	1.516	1.721	1.721	1.681	1.685
6	6.819	6.832	4.293	4.288	8.613	8.613	10.208	10.212	9.328	9.320
9	10.843	10.843	8.994	8.988	8.782	8.782	8.588	8.588	7.951	7.951
12	18.776	18.808	13.058	13.076	19.128	19.128	13.149	13.139	12.358	12.358

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 1.2 Konsentrasi Nitrat Pada Media Tanah (mg/L)

Waktu	Konsentrasi limbah									
	100%		75%		50%		25%		Kontrol	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
(Hari)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	<u>0.286</u>	<u>0.282</u>	<u>0.286</u>	<u>0.282</u>	<u>0.286</u>	<u>0.282</u>	<u>0.286</u>	<u>0.282</u>	<u>0.286</u>	<u>0.282</u>
12	0.590	0.594	0.615	0.616	0.414	0.412	0.760	0.750	0.387	0.388

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

2. Hasil Pengujian Fosfat

Tabel 2.1 Konsentrasi Fosfat Pada Tanaman Kangkung Air (mg/L)

Waktu	Konsentrasi limbah										
	100%		75%		50%		25%		Kontrol		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
(Hari)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
3	0.277	0.277	3.519	3.517	10.476	10.476	3.148	3.146	0.449	0.454	0.454
6	3.301	3.298	4.887	4.887	0.560	0.558	12.137	12.199	4.911	4.908	4.908
9	3.792	3.786	7.244	7.244	6.971	6.971	5.512	5.512	5.152	5.156	5.156
12	9.675	9.653	7.059	7.050	7.695	7.695	9.222	9.222	7.516	7.507	7.507

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 2.2 Konsentrasi Fosfat Pada Media Tanah (mg/L)

Waktu	Konsentrasi limbah										
	100%		75%		50%		25%		Kontrol		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
(Hari)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
0	-0.333	-0.330	-0.333	-0.330	-0.333	-0.330	-0.333	-0.330	-0.333	-0.330	-0.330
12	-1.006	-1.006	-0.984	-0.983	-0.921	-0.920	-0.557	-0.558	-1.157	-1.156	-1.156

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

LAMPIRAN II

DATA HASIL ANALISA PERHITUNGAN

1. Berat Kangkung Dan Volume Air Yang Digunakan

Tabel 1.1 Pengujian Nitrat

	Hari	Konsentrasi Limbah				
		100%	75%	50%	25%	0%
Kangkung (gr)	0	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5
	3	35.1	18	11.4	11.4	12.4
	6	37	18.43	27	35	23.2
	9	20.7	21	20	23	30.1
	12	19	27	20	31.5	38.7
Air (mL)	0	200	200	200	200	200
	3	200	200	250	250	200
	6	200	200	200	200	100
	9	100	200	200	200	200
	12	100	200	100	200	200

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 1.2 Pengujian Fosfat

	Hari	Konsentrasi Limbah				
		100%	75%	50%	25%	0%
Kangkung (gr)	0	15	15	15	15	15
	3	19.1	37.8	36.7	20.73	10.2
	6	35	24	6.4	30.46	27
	9	15.2	22	21	17.86	21.24
	12	19.4	18.23	20.1	19.7	25
Air (mL)	0	250	250	250	250	250
	3	250	200	100	250	300
	6	250	250	650	150	200
	9	250	250	250	250	250
	12	200	250	250	200	250

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

2. Berat Tanah Dan Volume Air Yang Digunakan

Tabel 1.2 Pengujian Nitrat Dan Fosfat

	Hari	Konsentrasi Limbah				
		100%	75%	50%	25%	0%
Tanah (gr)	0	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1
	6	1	1	1	1	1
	9	1	1	1	1	1
	12	1	1	1	1	1
Air (mL)	0	100	100	100	100	100
	3	100	100	100	100	100
	6	100	100	100	100	100
	9	100	100	100	100	100
	12	100	100	100	100	100

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

3. Hasil Perhitungan Konversi Nitrat

Nitrat yang terdapat pada tanaman atau tanah dapat dihitung dengan persamaan 3.3. Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

Konsentrasi limbah 100 %, pada hari ke-3

Diketahui : Berat Kangkung = 35.1 gr, Volume air yang digunakan = 200 mL

Hasil dari laboratorium = 4,298 mg/L

Menghitung Konsentrasi Nitrat pada tanaman atau tanah

$$C_2 = C_1 * \left(\frac{V_{air}}{W_{tanaman}} \right) = 4.298 * \left(\frac{0.2}{35.1} \right)$$
$$= 0,024 \text{ mg/gr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel – tabel berikut

Tabel 3.1 Konversi Nitrat Pada Tanaman Kangkung Air

Waktu	Konsentrasi Limbah					
	100%		75%		50%	
	NO ₃ lrt	NO ₃ tnm	NO ₃ lrt	NO ₃ tnm	NO ₃ lrt	NO ₃ tnm
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)
0	3.488	0.016	3.488	0.016	3.488	0.016
3	4.298	0.024	2.427	0.027	1.514	0.033
6	6.826	0.037	4.291	0.047	8.613	0.064
9	10.843	0.052	8.991	0.086	8.782	0.088
12	18.792	0.099	13.067	0.097	19.128	0.096

Lanjutan

Waktu	Konsentrasi Limbah			
	25%		Kontrol	
	NO ₃ lrt	NO ₃ tnm	NO ₃ lrt	NO ₃ tnm
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)
0	3.488	0.016	3.488	0.016
3	1.721	0.038	1.683	0.027
6	10.210	0.058	9.324	0.040
9	8.588	0.075	7.951	0.053
12	13.144	0.083	12.358	0.064

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 3.2 Konversi Nitrat Pada Media Tanah

Waktu	Konsentrasi Limbah					
	100%		75%		50%	
	NO ₃ lrt	NO ₃ tnh	NO ₃ lrt	NO ₃ tnh	NO ₃ lrt	NO ₃ tnh
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)
0	0.284	0.0284	0.284	0.0284	0.284	0.0284
12	0.592	0.0592	0.616	0.0616	0.413	0.0413

Lanjutan

Waktu	Konsentrasi Limbah			
	25%		Kontrol	
	NO ₃ lrt	NO ₃ tnh	NO ₃ lrt	NO ₃ tnh
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)
0	0.284	0.0284	0.284	0.0284
12	0.755	0.0755	0.388	0.0388

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

4. Hasil Perhitungan Konversi Fosfor

Fosfat yang terdapat pada tanaman atau tanah dapat dihitung dengan persamaan 3.3. Berikut ini adalah contoh perhitungannya :

Konsentrasi limbah 100 %, pada hari ke-3

Diketahui : Berat Kangkung = 19.1 gr, Volume air yang digunakan = 250 mL

Hasil dari laboratorium = 0.277 mg/L

Menghitung Konsentrasi Fosfat pada tanaman atau tanah

$$C_2 = C_1 * \left(\frac{V_{air}}{W_{tanm / tmh}} \right) = 0.277 * \left(\frac{0.25}{19.1} \right)$$

$$= 0.004 \text{ mg/gr}$$

Menghitung Konsentrasi Fosfor pada tanaman atau tanah

$$C_p = \left(\frac{Brt.unsur P}{Brt.senyawa PO_4} \right) * C_2 = \left(\frac{31}{95} \right) * 0.004$$

$$= 0.0012 \text{ mg/gr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel – tabel berikut:

Tabel 4.1 Konversi Fosfor Pada Tanaman Kangkung Air

Waktu	Konsentrasi Limbah								
	100%			75%			50%		
	PO ₃ lrt	PO ₃ tnm	P tnm	PO ₃ lrt	PO ₃ tnm	P tnm	PO ₃ lrt	PO ₃ tnm	P tnm
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)
0	0.030	0.001	0.0002	0.030	0.001	0.0002	0.030	0.001	0.0002
3	0.277	0.004	0.0012	3.518	0.019	0.0061	10.476	0.029	0.0093
6	3.300	0.024	0.0077	4.887	0.051	0.0166	0.559	0.057	0.0185
9	3.789	0.062	0.0203	7.244	0.082	0.0269	6.971	0.083	0.0271
12	9.664	0.100	0.0325	7.055	0.097	0.0316	7.695	0.096	0.0312

Lanjutan

Waktu	Konsentrasi Limbah					
	25%			Kontrol		
	PO ₃ lrt	PO ₃ tnm	P tnm	PO ₃ lrt	PO ₃ tnm	P tnm
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)
0	0.030	0.001	0.0002	0.030	0.001	0.0002
3	3.147	0.038	0.0124	0.452	0.013	0.0043
6	12.168	0.060	0.0196	4.910	0.036	0.0119
9	5.512	0.077	0.0252	5.154	0.061	0.0198
12	9.222	0.094	0.0306	7.512	0.075	0.0245

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

Tabel 4.2 Konversi Fosfor Pada Media Tanah

Waktu	Konsentrasi Limbah								
	100%			75%			50%		
	PO ₃ lrt	PO ₃ tnh	P tnh	PO ₃ lrt	PO ₃ tnh	P tnh	PO ₃ lrt	PO ₃ tnh	P tnh
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)
0	-0.332	-0.0332	-0.011	-0.332	-0.0332	-0.011	-0.332	-0.0332	-0.011
12	-1.006	-0.1006	-0.033	-0.984	-0.0984	-0.032	-0.921	-0.0921	-0.030

Lanjutan

Waktu	Konsentrasi Limbah					
	25%			Kontrol		
	PO ₃ lrt	PO ₃ tnh	P tnh	PO ₃ lrt	PO ₃ tnh	P tnh
(Hari)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)	(mg/L)	(mg/gr)	(mg/gr)
0	-0.332	-0.0332	-0.011	-0.332	-0.0332	-0.011
12	-0.558	-0.0558	-0.018	-1.157	-0.1157	-0.038

(Sumber : Data Primer, Juni 2006)

LAMPIRAN III

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 msh segar, warna kuning, sdkt buih, daun kuning
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih, lalat mati
50	tanaman	tnm msh segar, ada tunas baru, warna agak hitam, sdkt buih
	tanah	limbah warna kuning, sdkt buih di permukaan,
25	tanaman	tnm msh segar, ada bunga, warna agak hitam, ada buih
	tanah	warna limbah agak hitam, tdk ada buih, ada jentik nyamuk
Kontrol	tanaman	tanaman msh 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	tnm mulai layu & kuning, warna agak hitam, ada buih, lap.susu
	tanah	limbah warna kuning, sdkt 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	tnm layu & ada yg segar, warna agak hitam, sdkt lap.susu basi
	tanah	limbah warna hitam pekat, lap.susu basi
75	tanaman	tnm segar, warna agak hitam, tdk ada lap.susu
	tanah	limbah warna hitam, sdkt lap.susu basi
50	tanaman	tnm 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 IV
DOKUMENTASI

1. Pada Hari Ke-0



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(100 %)

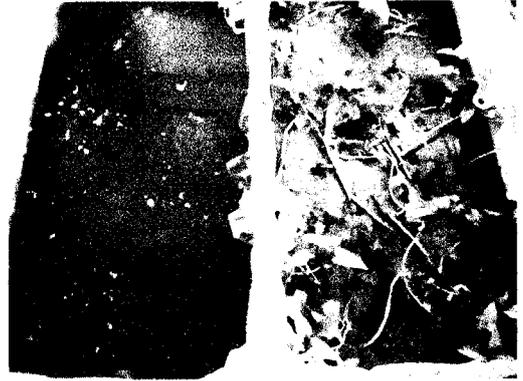


(75 %)

2. Pada Hari Ke-2



(Kontrol)



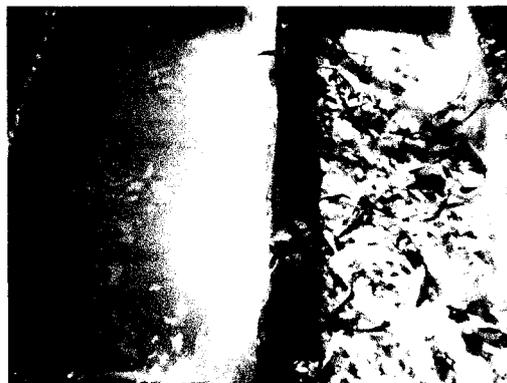
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

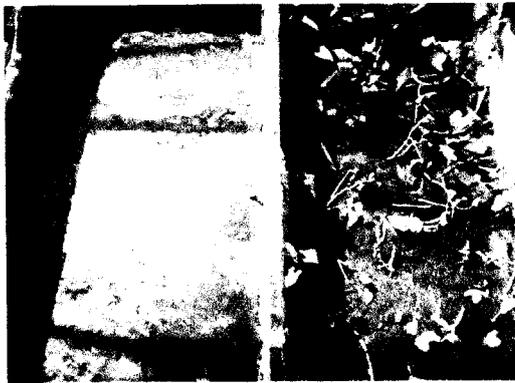
3. Pada Hari Ke-3



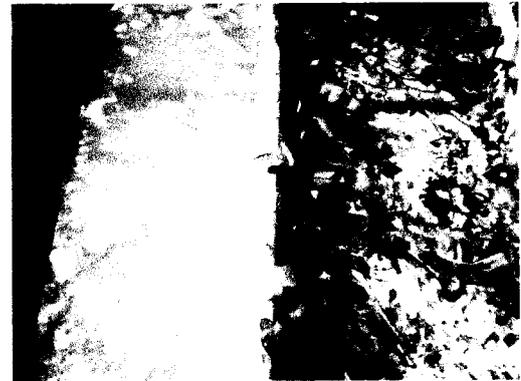
(Kontrol)



(25 %)



(50 %)

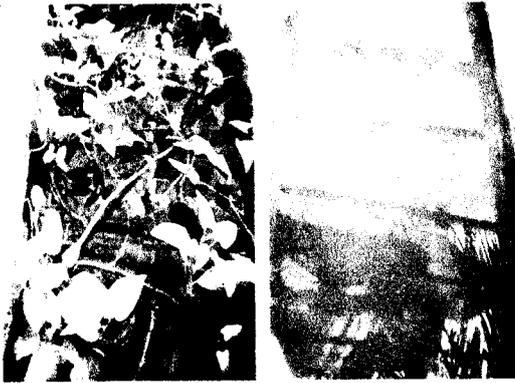


(75 %)



(100 %)

4. Pada Hari Ke-4



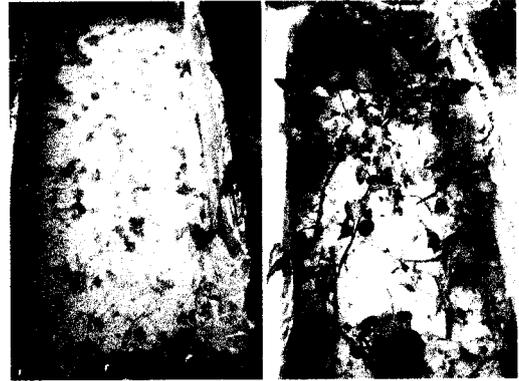
(Kontrol)



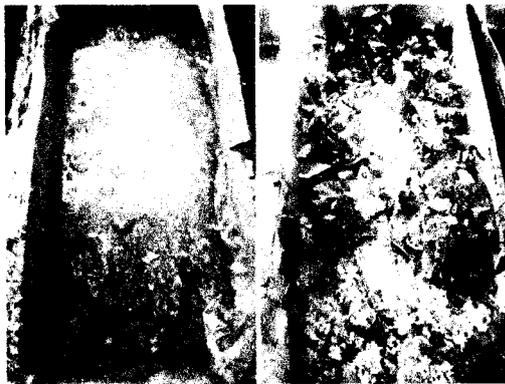
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

5. Pada Hari Ke-5



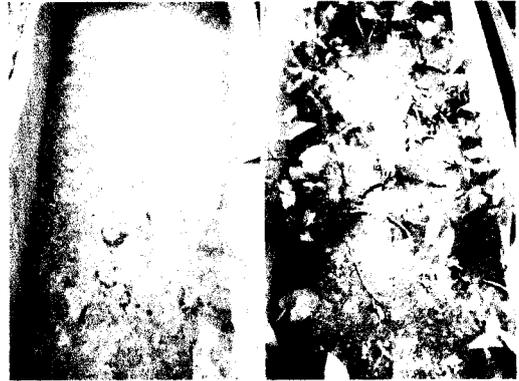
(Kontrol)



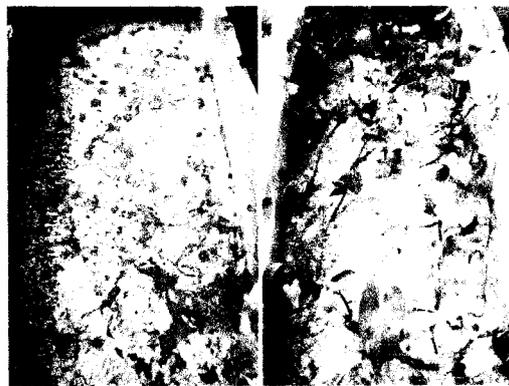
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

6. Pada Hari Ke-6



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

7. Pada Hari Ke-7



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)

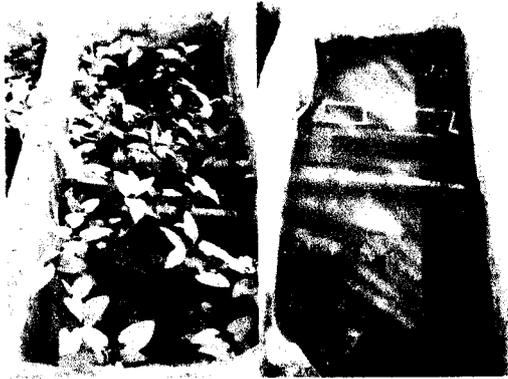


(75 %)



(100 %)

8. Pada Hari Ke-9



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)

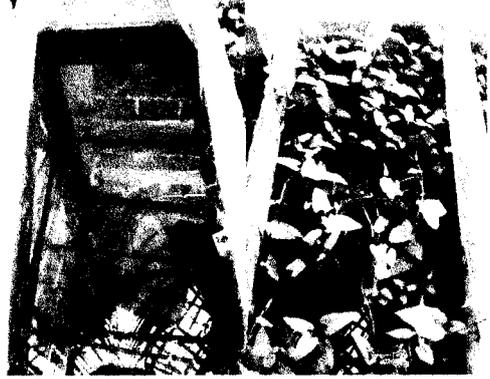


(100 %)

9. Pada Hari Ke-10



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

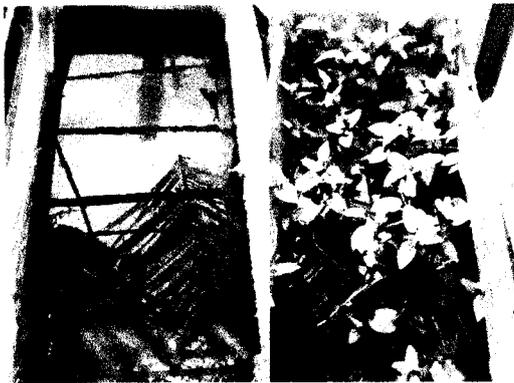
10. Pada Hari Ke-11



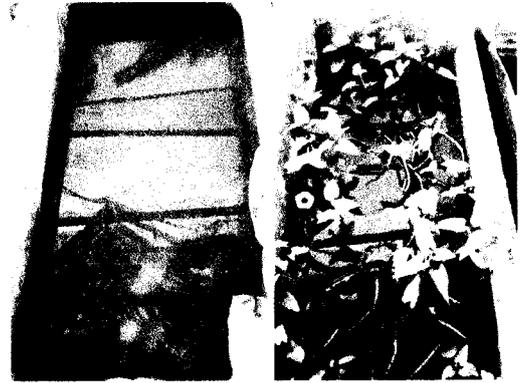
(Kontrol)



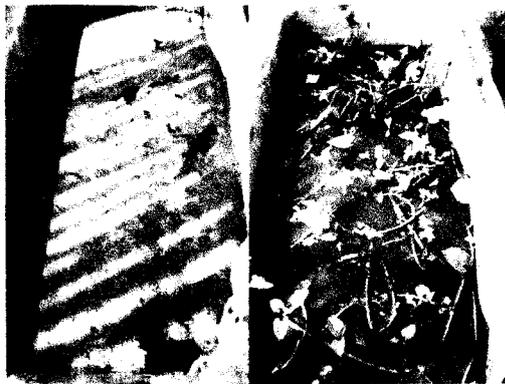
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

11. Pada Hari Ke-12



(Kontrol)



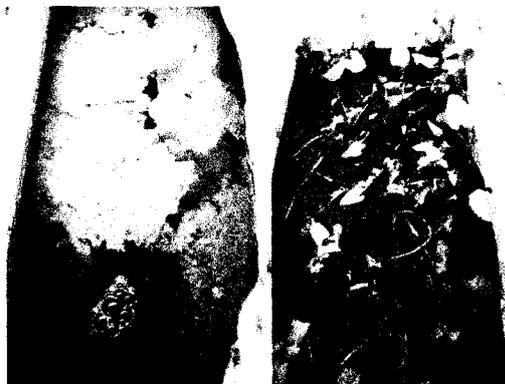
(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

12. Pada Hari Ke-25



(Kontrol)



(25 %)



(50 %)



(75 %)



(100 %)

LAMPIRAN VI
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 Tempertar dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/l.	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/l.	50	50	100	100	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, al. residu tersuspensi \leq 5000 mg/l.

KIMIA ANORGANIK						
		6-9	6-9	6-9	5-9	
pH						Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/l.	2	3	5	12	
COD	mg/l.	10	25	50	100	
DO	mg/l.	6	4	3	0	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	

NH3-N	mg/l	0,5	1-1	1-1	1-1	Bagi perikanan, kandungan ammonia bebas tidak akan yang peka $\geq 0,02$ mg/l sebagai NH3
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	
Feribaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al. Cu ≤ 1 mg/l.
Besi	mg/l	0,5	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	0,5	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	
Sianida	mg/l	0,02	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	0,0	Bagi pengolahan air minum secara konvensional ≤ 1 mg/l
Sulfat	mg/l	100	100	100	0,0	
Klorin bebas	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,0	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Beberapa sebagai H ₂ S	mg/l	0,002	0,002	0,002	0,0	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	pl/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional
Total coliform	pl/100 ml	1000	5000	10000	10000	al. fecal coliform ≤ 2000 ml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 ml/100ml
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	bg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/l	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/l	1000	1000	1000	0,0	
Detergen sebagai MBAS	ug/l	200	200	200	0,0	
Senyawa Fenol	ug/l	1	1	1	0,0	
Sebagai Fenol	ug/l					
BHC	ug/l	210	210	210	0,0	
Aldrin/Dieldrin	ug/l	17	10	10	0,0	
Chlordane	ug/l	3	10	10	0,0	
DDT	ug/l	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/l	18	10	10	0,0	
Lindane	ug/l	50	10	10	0,0	
Methoxyeter	ug/l	35	10	10	0,0	
Endrin	ug/l	1	4	4	0,0	
Toxaphen	ug/l	5	10	10	0,0	

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 V
DATA HASIL UJI UNIANOVA

1. Nitrat Di Tanaman

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Hari	0	0 hari	5
	1	3 hari	5
	2	6 hari	5
	3	9 hari	5
	4	12 hari	5
Konsentrasi limbah	0	kontrol	5
	25	25%	5
	50	50%	5
	75	75%	5
	100	100%	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: nitrat (mg/L)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18089.391 ^a	8	2261.174	23.958	.000
Intercept	64454.547	1	64454.547	682.927	.000
WAKTU	16901.280	4	4225.320	44.769	.000
KONS.LIM	1188.111	4	297.028	3.147	.044
Error	1510.078	16	94.380		
Total	84054.016	25			
Corrected Total	19599.469	24			

a. R Squared = .923 (Adjusted R Squared = .884)

2. Fosfor Di Tanaman

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Hari	0	0 hari	5
	1	3 hari	5
	2	6 hari	5
	3	9 hari	5
	4	12 hari	5
Konsentrasi limbah	0	kontrol	5
	25	25%	5
	50	50%	5
	75	75%	5
	100	100%	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fosfor (mg/L)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3117.752 ^a	8	389.719	50.427	.000
Intercept	5714.634	1	5714.634	739.435	.000
WAKTU	2976.221	4	744.055	96.276	.000
KONS.LIM	141.532	4	35.383	4.578	.012
Error	123.654	16	7.728		
Total	8956.041	25			
Corrected Total	3241.407	24			

^a. R Squared = .962 (Adjusted R Squared = .943)

3. Nitrat Di Tanah

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
konsentrasi limbah	1	100%	2
	2	75%	2
	3	50%	2
	4	25%	2
	5	kontrol	2
hari	1	0	5
	2	12	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nitrat pd tanah (mg/L)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2269.752 ^a	5	453.950	3.896	.106
Intercept	17497.489	1	17497.489	150.160	.000
KON.LIMB	466.103	4	116.526	1.000	.500
WAKTU	1803.649	1	1803.649	15.479	.017
Error	466.104	4	116.526		
Total	20233.345	10			
Corrected Total	2735.856	9			

a. R Squared = .830 (Adjusted R Squared = .617)

4. Fosfor Di Tanah

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
konsentrasi limbah	1	100%	2
	2	75%	2
	3	50%	2
	4	25%	2
	5	kontrol	2
hari	1	0	5
	2	12	5

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fosfor pd tanah (mg/L)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1042.824 ^a	5	208.565	7.888	.034
Intercept	4201.352	1	4201.352	158.900	.000
KON.LIMB	105.761	4	26.440	1.000	.500
WAKTU	937.063	1	937.063	35.441	.004
Error	105.761	4	26.440		
Total	5349.937	10			
Corrected Total	1148.585	9			

a. R Squared = .908 (Adjusted R Squared = .793)