TA/TL/2004/0012

PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 15 September 2005
NO. JUDUL : 001729
NO. INV. : 52 000 729 001
NO. INDUK. :

Tugas Akhir

STUDI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN JAMUR DENGAN REAKTOR *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR

(*Ipomoea aquatica Forsk*)

R
628.4
Ind
S
1



xi, 87 p; bibl. lamp: 28

Di Susun Oleh :

Nama : ULLY ANDRIYANI

No. MHS : 99 513 009

• kualitas lindi
• Reaktor Constr. Wetland

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2004

Tugas Akhir

STUDI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN JAMUR DENGAN REAKTOR *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica Forsk*)

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:
Ully Andriyani
99 513 009

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDINESIA
JOGJAKARTA
2004

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN JAMUR DENGAN REAKTOR *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica Forsk*)

Nama : **Ully Andriyani**

No. Mahasiswa : **99 513 009**

Program Studi : **Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Luqman Hakim, ST, Msi

Tanggal: 29/12/04

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST

Tanggal: 5/1/05

Motto

"Allah menganugerahkan hikmah kepada siapa yang dia kehendaki. Barang siapa yang dianugerahi hikmah itu, dia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak, hanya orang-orang yang berakallah yang dapat mengambil pelajaran."

"Hanya dengan doa dan Usaha semuanya dapat dicapai"

"Sesungguhnya di dalam kesukaran, Allah memberikan kemudahan"

Persembahan

Sepenuh hati, ku persembahkan kepada:

Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senangtiasa selalu mendo'akan dan memberikan dorongan yang sangat berarti dalam hidupku baik kasih sayang, perhatian dan cinta.....

Adikku-adikku tercinta, Ummu yang selalu cerewet dan pemarah, kiki yang pendiam dan puput yang hiper aktif, terima kasih atas kasih sayang kalian, Kalian semua sangat kusayangi.

Abangku yang selalu mendorong aku dan menyemangati aku dalam mengerjakan tugas ini, terimah kasih atas perhatiannya dan kesabarannya.

Sahabat karibku Sari yang selalu cerewet mengingatkan aku agar cepat menyelesaikan tugas ini.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang pemilik segala ilmu pengetahuan, yang senantiasa memberikan jalan bagi setiap insannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dan penelitian skripsi yang berjudul "STUDI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENGALENGAN JAMUR DENGAN REAKTOR *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (***Ipomoea aquatica Forsk***)" dengan baik dalam jangka waktu yang ditentukan.

Laporan Akhir hasil dari penelitian ini, penulis susun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Atas bimbingan serta bantuan dan penjelasan yang berguna dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya khususnya kepada:

1. Bapak Prof.Ir.Widodo, MSCE, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku Dosen Pembimbing II.
5. Dosen-dosen Teknik Lingkungan lain yang telah membagi banyak ilmu untuk saya.
6. Kedua orang tuaku yang telah mendidikku selama ini.
7. Abangku yang dengan sabar selalu membantu dan mendampingiku.
8. Sahabatku Sari yang selalu mengingatkanku dan membantuku dalam segala hal dan terima kasih juga buat Ricky.
9. Kepada adekku Ummu yang selalu cerewet mengingatkanku.
10. Bapak Sutriyono dan Bapak Budi yang telah memberikan ijin untuk pengambilan limbah jamur.
11. Bapak Gito yang telah menanam dan merawat tanaman kangkungnya.
12. Bapak wahyu, Bapak Nur dan Bapak " The Beatles" yang telah membantu dalam melakukan penelitian.
13. Terima kasih buat ibu dan bapak kost yang telah memberi ijin untuk pengambilan tanahnya dan penyediaan lahan untuk menyimpanan reaktor.

14. Teman-teman angkatan '99 Teknik Lingkungan, terima kasih atas bantuan informasinya.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan kepada semuanya sesuai dengan pengorbanan dan kebaikkannya. Akhirnya penulis sadar bahwa sebagai manusia banyak keterbatasan yang ada pada isi dan penulisan skripsi ini yang jauh dari kesempurnaan.

Sebagai penutup semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jogjakarta, Juni 2004

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	**i**
Halaman Pengesahan	**ii**
Motto	**iii**
Halaman Persembahan	**iv**
Kata Pengantar	**v-vii**
Daftar Isi	**viii**
Daftar Tabel	**xiv**
Daftar Gambar	**xvi**
Abstraksi	**xviii**
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Lahan Basah (*Constructed Wetland*)	II-1
2.1.1 Mekanisme Pengolahan	II-2

2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengolahan II-3

2.1.2.1 Tanaman II-4

2.1.2.2 Media Tanam II-4

2.1.2.3 Mikroorganisme II-5

2.1.2.4 Temperatur II-5

2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland* II-5

2.2 Padatan Tersuspensi Dalam *Constructed Wetland* II-8

2.3 BOD Dalam *Constructed Wetland* II-9

2.4 COD Dalam *Constructed Wetland* II-12

2.5 Besi Dalam *Constructed Wetland* II-13

2.6 Magnesium Dalam *Constructed Wetland* II-14

2.7 DO Dalam *Constructed Wetland* II-18

2.8 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air Dalam *Constructed Wetland* II-19

2.9 Tanah Sebagai Media Pertumbuhan Tanaman II-26

2.10 Landasan Teori II-27

2.11 Hipotesa II-29

2.12 Analisa Data II-29

2.13 Gambaran Umum Perusahaan II-30

2.13.1 Sejarah Singkat Perusahaan II-30

2.13.2 Lokasi Perusahaan II-31

2.13.3 Struktur Organisasi II-31

2.13.4 Produksi II-31

2.13.4.1 Bahan Baku dan Bahan Pembantu II-31

2.13.4.2 Proses Produksi II-32

2.13.5 Pemasaran Produksi II-37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian III-1

3.2 Bahan Dan Lokasi Penelitian III-2

3.3 Pengambilan Dan Penyimpanan Limbah III-2

3.4 Karakteristik Awal Limbah cair III-2

3.5 Parameter Yang Diteliti III-3

3.6 Variabel Penelitian

3.6.1 Variabel Berpengaruh (*Independent Variable*) III-3

3.6.2 Variabel Terpengaruh (*Dependent Variable*) III-4

3.7 Metode Penelitian III-4

3.7.1 Permasalahan III-4

3.7.2 Analisa Parameter III-4

3.7.3 Prinsip-prinsip III-5

3.7.4 Desain Peralatan Penelitian III-6

3.8 Cara Kerja III-7

3.8.1 Aklimatisasi III-7

3.8.1.1 Bahan dan Alat Penelitian III-7

3.8.1.2 Cara Kerja III-7

3.8.2 Rancangan Penelitian III-8

3.8.2.1 Cara Kerja III-8

3.8.3 Analisa Laboratorium III-9

3.8.4 Pemeriksaan BOD_5 Lamp. I

3.8.4.1 Alat Yang Digunakan

3.8.4.2 Bahan Yang Digunakan

3.8.4.3 Cara Kerja

3.8.4.4 Perhitungan

3.8.5 Pemeriksaan COD Lamp. II

3.8.5.1 Alat Yang Digunakan

3.8.5.2 Bahan Yang Digunakan

3.8.5.3 Cara Kerja

3.8.5.4 Perhitungan Kadar COD

3.8.6 Pemeriksaan TSS Lamp.III

3.8.6.1 Alat dan Bahan

3.8.6.2 Cara Kerja

3.8.7 Pemeriksaan Besi Lamp. IV

3.8.7.1 Alat dan Bahan

3.8.7.2 Reagen

3.8.7.3 Cara Kerja

3.8.8 Pemeriksaan Magnesium Lamp. V

3.8.8.1 Alat dan Bahan

3.8.8.2 Cara Kerja

3.8.8.3 Perhitungan

3.8.9 Pemeriksaan DO Lamp.VI

3.8.9.1 Alat Yang Digunakan

3.8.9.2 Pereaksi

3.8.9.3 Cara Kerja

3.8.9.4 Perhitungan

3.9 Teknik Pengolahan III-9

3.10 Perencanaan Reaktor III-10

3.10.1 Tanaman Tidak Dipengaruhi Umur III-10

3.10.2 Tanaman Dalam Reaktor III-10

3.10.3 Frekuensi Pengaliran Limbah III-11

3.10.4 Frekuensi Pengambilan Sampel III-11

3.11 Percobaan Dalam Reaktor Tanaman III-11

3.11 Dimensi Reaktor III-12

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Efisiensi penurunan BOD_5 IV-2

4.2 Efisiensi penurunan COD IV-6

4.3 Efisiensi penurunan TSS IV-8

4.4 Efisiensi penurunan Fe IV-12

4.5 Efisiensi penurunan Mg IV-16

4.6 Efisiensi Kenaikan DO IV-20

4.7 Efisiensi Penurunan Optimal Parameter IV-23

4.7.1 Menggunakan Tanaman Kangkung Air IV-23

4.7.2 Non Tanaman Kangkung Air IV-25

4.8 Dampak Pengaliran Limbah Terhadap Fisisologi IAF IV-27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Karakteristik Awal Limbah Cair	III-2
Tabel 3.2	Persamaan Reaktor Awal	III-13
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Menggunakan IAF	IV-23
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Non IAF	IV-25
Tabel 1.	Karakteristik Awal Limbah Cair	Lamp.VII
Tabel 2.	Data Hasil Pengujian Menggunakan IAF	Lamp.VII
Tabel 3.	Data Hasil Pengujian Non IAF	Lamp.VII
Tabel 4.	Data Hasil Pengujian Menggunakan IAF	Lamp.VII
Tabel 5.	Data Hasil Pengujian Non IAF	Lamp.VII
Tabel 1.	Rerata Efisiensi (%) Penurunan 1 Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 2.	Rerata Efisiensi (%) Penurunan 1 Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 3.	Rerata Efisiensi (%) Penurunan 1 tanpa IAF	Lamp. VIII
Tabel 4.	Rerata Efisiensi (%) Kenaikan 1 tanpa IAF	Lamp. VIII
Tabel 5.	Rerata Efisiensi (%) Penurunan 2 Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 6.	Rerata Efisiensi (%) Kenaikan 2 Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 7.	Rerata Efisiensi (%) Penurunan 2 Tanpa IAF	Lamp. VIII
Tabel 8.	Rerata Efisiensi (%) Kenaikan 2 Tanpa IAF	Lamp. VIII

Tabel 9.	Total Rerata Efisiensi Penurunan Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 10.	Total Rerata Efisiensi Kenaikan Menggunakan IAF	Lamp. VIII
Tabel 11.	Total Rerata Efisiensi Penurunan Tanpa IAF	Lamp. VIII
Tabel 12.	Total Rerata Efisiensi Kenaikan Tanpa IAF	Lamp. VIII

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	*Constructed Wetland* Model FWS	II-3
Gambar 2.2	*Constructed Wetland* Model SFS	II-3
Gambar 2.3	Hubungan antara ketersediaan hara dengan pertumbuhan tanaman (Marschner, 1986)	II-17
Gambar 2.4	Gambaran umum pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi hara dalam jaringan tumbuhan (Epstein, 1972).	II-17
Gambar 2.5	Morfologi Tanaman Kangkung Air	II-21
Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Penelitian	III-1
Gambar 3.2	Reaktor Tanaman Tampak Atas	III-13
Gambar 3.3	Reaktor Tanaman Tampak Samping	III-14
Gambar 4.1	Efisiensi Rerata Penurunan Parameter BOD_5	IV-3
Gambar 4.2	Efisiensi Rerata Penurunan Parameter COD	IV-7
Gambar 4.3	Efisiensi Rerata Penurunan Parameter TSS	IV-9
Gambar 4.4	Efisiensi Rerata Penurunan Parameter Fe	IV-13
Gambar 4.5	Efisiensi Rerata Penurunan Parameter Mg	IV-16
Gambar 4.6	Efisiensi Rerata Kenaikan Parameter DO	IV-20
Gambar 4.7	Efisiensi Penurunan Optimal Parameter	IV-23

Gambar 4.7.1 Menggunakan Tanamanan Kangkung Air IV-224

Gambar 4.7.2 Non Tanaman Kangkung Air IV-26

Gambar 1. Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur Lamp.IX

Gambar 2. Pengujian Kadar Fe Lamp.IX

Gambar 3. Reaktor Uji Limbah Hari Ke-4 Lamp.IX

Gambar 4. Penyiraman Limbah Ke Dalam Reaktor Uji Lamp.IX

Gambar 5. Reaktor Uji Tanpa Tanaman Kangkung Air Lamp.IX

ABSTRAKSI

Salah satu alternatif yang ditawarkan dalam pengolahan limbah adalah dengan menggunakan sistem *constructed wetland*, dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), dimana konsentrasi limbah yang akan dialirkan pada tanaman kangkung air tersebut bervariasi yaitu 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor dengan panjang 1 m dan lebar 0,5 m dengan volume 75 L. Intensitas penyiraman dilakukan 2 kali dengan waktu pengukuran pada hari keempat (td 4 hari) setelah penyiraman limbah. Parameter yang dianalisis adalah kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO guna mengetahui efisiensi penurunan yang optimal dan pengaruh pengaliran limbah terhadap tanaman kangkung air. Hasil yang diperoleh untuk parameter BOD_5, COD, dan TSS yang menggunakan tanaman kangkung air, efisiensi penurunan yang terbesar terjadi pada konsentrasi 50 %, sedangkan untuk kadar Fe, efisiensi penurunan terbesar terjadi pada konsentrasi 25 %. Untuk parameter Mg efisiensi penurunan tertinggi terjadi pada konsentrasi 100 % , sedangkan untuk efisiensi penurunan pada reaktor yang non tanaman kangkung air efisiensi yang terjadi pada tiap parameter terjadi pada konsentrasi yang berbeda-beda. Efisiensi penurunan optimum yang terjadi pada semua parameter terjadi pada konsentrasi 50 %.

Kata kunci: BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg, dan DO, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), *Constructed wetland*, efisiensi.

ABSTRACT

Constructed wetland by using aquatic leafy vegaetable (*Ipomoea aquatica Forsk*) is the one of the alternatives offered in wastewater treatment, where waste concentration that will be flowed into the aquatic leafy vegetable varied among 25 %, 50 %, 75 % and 100 %.the recent study was done by using reactor 1 m in length and 0.5 m in width and 75 L in volume. Watering intensity was done twice a day and measurement time in fourty day (td 4 days) after watering the waste. Parameter analyzed are levels of BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg and DO to know the optimal reducing efficiency and the effect of waste flow to the aquatic leafy vegetable. Results obtained for parameter BOD_5, COD and TSS using the aquatic leafy vegetable is the biggest reducing efficiency on 50 % concentration, while for level Fe, the biggest reducing efficiency is on 25 % concentration in inverse comparison with level Mg of which it has the highest efficiency on 100 % concentration, whereas the reducing efficincy on reactor with non aquatic leafy vegetable the efficiency happened for each parameter in different concentrations. The optimum reducing efficiency happened for all parameters that is on 50 % concentration.

Keywords : BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg, DO, aquatic leaf vegetable (*Ipomoea aquatica Forsk*), *Constructed wetland*, efficiency.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di Indonesia pada saat ini masalah pencemaran lingkungan terutama pencemaran sungai, danau dan perairan umum lainnya yang disebabkan oleh limbah baik limbah industri maupun limbah rumah tangga merupakan masalah yang sulit diatasi.

Berkembangnya industri saat ini mempunyai dampak yang amat luas. Dampak positif yaitu terbukanya lapangan kerja, meningkatnya taraf hidup masyarakat. Dampak negatif, berkembangnya industri akan diiringi oleh meningkatnya produk samping yang berupa limbah yang jika hanya dibiarkan akan merugikan bagi manusia dan lingkungan hidup, termasuk tanah, air dan udara di sekitar industri.

Salah satu contoh permasalahan adalah limbah cair industri pengalengan jamur yang dihasilkan oleh PT. Margorejo. Karakteristik awal limbah cair yang dihasilkan oleh PT. Margorejo untuk Fe (besi) sebesar 2,35 mg/l, untuk Mg (magnesium) sebesar 13,6 mg/l dan untuk TSS sebesar 108 mg/l, BOD_5 sebesar 85 mg/l, COD sebesar 180 mg/l dan DO sebesar 2.8 mg/l, apabila dibandingkan dengan standar baku mutu limbah belum cukup memadai terutama untuk Fe dan

Mg, sedangkan untuk parameter BOD_5, COD, TSS dan DO sudah cukup memadai dan merupakan parameter uji tambahan.

Untuk mencegah kadar limbah yang berlebihan, maka diperlukan pengolahan terhadap limbah tersebut. Salah satu cara adalah dengan menggunakan sistem *constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), dimana salah satu variabel yang mempengaruhi dalam proses penurunan tersebut waktu detensi empat hari, kedalaman media dan kecepatan tertentu.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah di atas diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah sistem *Constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman kangkung air dapat menurunkan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan menaikkan kadar DO pada limbah cair industri pengalengan jamur PT. Margorejo.
2. Pada konsentrasi limbah berapakah terjadi efisiensi penurunan optimum untuk menurunkan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan menaikkan kadar DO yang terjadi di dalam *constructed wetland.*

1.3 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini yaitu :

1. Tanaman yang digunakan adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*).
2. Tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) yang digunakan tidak dipengaruhi oleh umur tanaman.
3. Penelitian ini terbatas untuk mengetahui efisiensi penurunan optimum guna menurunkan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan menaikan kadar DO pada limbah cair industri pengalengan jamur PT Margorejo.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besarnya efisiensi optimum penurunan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan kenaikan kadar DO terhadap limbah cair industri pengalengan jamur oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dengan menggunakan *constructed wetland.*
2. Mengetahui dampak pengaliran limbah terhadap fisiologi tanaman kangkung air.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam tugas akhir ini :

1. Meminimalisasi kadar Fe, Mg BOD_5, COD, TSS dan menaikkan kadar DO yang terkandung dalam limbah cair industri pengalengan jamur dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*).
2. Mengetahui efisiensi penurunan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan efisiensi kenaikan kadar DO yang optimal oleh tanaman kangkung air

(*Ipomoea aquatica Forsk*) terhadap limbah cair industri pengalengan jamur.

3. Diperolehnya sistem pengolahan air limbah yang sederhana, mudah, murah serta mempunyai efisiensi yang tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lahan Basah (*Wetland Treatment*)

Definisi *wetland* secara umum adalah suatu lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya ditumbuhi oleh komunitas hewan (Cowardin dkk, 1979 dalam Siswoyo, 2002). Definisi lain dari *wetland* 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 mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis*, *photooksida* dan *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1993 dalam Siswoyo, 2002).

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

2.1.1 Mekanisme Pengolahan

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

a. *Solid* (padatan)

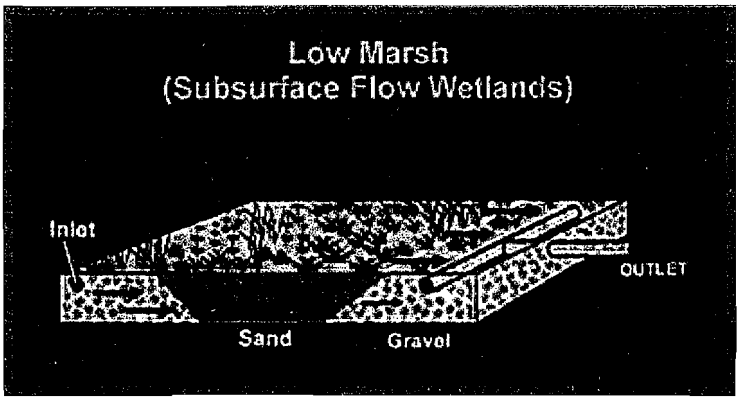
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup. Kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

b. Bahan Organik

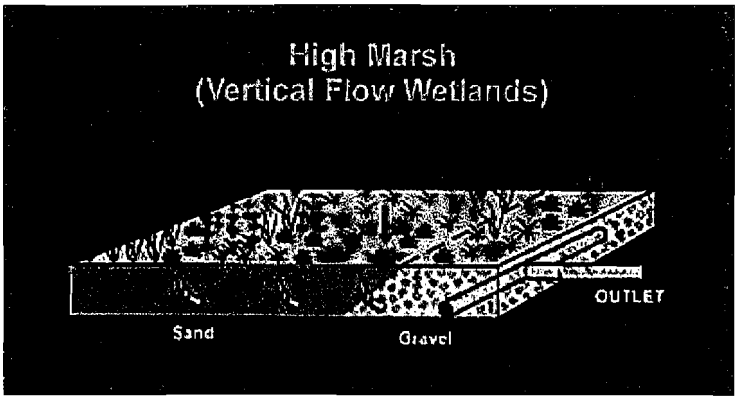
BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland.* Proses pengolahan biologis dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengelurkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :

$$\text{Bahan organik} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$



Gambar 2.1 *Constructed Wetland* Model FWS



Gambar 2.2 *Constructed Wetland* Model SSF

2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi proses Pengolahan

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

2.1.2.1 Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland* dan memberi dukungan berupa transformasi nutrient melalui proses fisik, kimia dan mikrobiologi. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel suspended. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *Constructed wetland.* Jika menggunakan tanaman *cattail* dan *reeds* akan lebih praktis karena tanaman ini dapat dibersikan satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Siswoyo, 2002).

2.1.2.2 Media Tanah

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

1. Sebagai tempat hidup dan tumbuh tanaman.
2. Sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisme.
3. 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 akan dikeluarkan akar tanaman dan air limbah. Keadaan tanah seperti permeabilitas tanah dan konduktivitas hidrolis sangat berpengaruh pada waktu detensi air limbah (Wood, 1993).

2.1.2.3 Mikroorganisme

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

2.1.2.4 Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas effluent air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam mengolah air limbah (Wood, 1993).

2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland* dari Sistem Pengolahan Konvensional Lainnya

Selama ini pengolahan air buangan seringkali menggunakan sistem konvensional, yaitu dengan menggunakan *ponds* atau *lagoons*. Kedua jenis pengolahan tersebut seringkali menimbulkan kendala-kendala antara lain:

1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Seringkali menjadi tempat hidup lalat dan insekta lainnya.
3. Tingkat removal yang kurang optimal.

Sedangkan sistem lainnya yang sering digunakan adalah dengan menggunakan pengolahan biologis seperti *Activated sludge* atau *oxcidation ditch.* Kedua sistem diatas memerlukan perawatan khusus dan memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk operasional aerasinya.

Jika menggunakan sistem *Constructed wetland,* maka kendala-kendala di atas akan dapat diatasi. Hal ini karena sistem *Constructed wetland* ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain:

1. Karena sistem pengolahan di dalam tanah, genangan air akan dapat diminimalkan sehingga timbulnya bau akan dapat dihindarkan.
2. Tingkat removal atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.
4. Merupakan sistem pengolahan yang mudah dan murah.

Keuntungan pengolahan dengan sistem *constructed wetland* adalah biaya pengolahan dan perawatan lebih murah, mampu mengolah air limbah domestik dan industri dimana kualitas effluent yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dan kontrol yang mudah (Grambel, 1994). Sistem *Constructed wetland* dikonstruksi sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tumbuhan seperti *reeds, cattail, eichornia.*

Mempertimbangkan hal-hal di atas tampak bahwa sistem *Constructed wetland* merupakan salah satu alternatif pengolahan air limbah yang sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia.

Berdasarkan definisi EPA dan *Water Pollution Control Federation,* sistem *Constructed wetand* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

   Secara umum sistem FWS berupa kolam atau saluran yang dilapisi lapisan impermeabel alami atau tanah liat yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kolam-kolam tersebut berisi tanah sebagai tempat hidup tanaman air.

   Tanaman yang biasa digunakan dalam sistem ini adalah *cattail*, *reed*, *sedge* dan *rush* (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Pada sistem ini penurunan limbah terjadi ketika air limbah melalui akar tanaman diserap oleh bakteri dan tanaman.

2. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

   Pada sistem SSF, 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 (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Proses yang terjadi adalah filtrasi, adsorpsi oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik olch akar tanaman, (Novotny dan Olem, 1994). Jenis tanaman yang digunakan dalam pengolahan sama dengan yang digunakan pada sistem FWS.

2.2 Padatan Tersuspensi Di Dalam *Constructed Wetland*

Padatan tersuspensi dapat dihilangkan dan diproduksi dalam proses alami *wetlands*. Proses utama untuk *removal* padatan tersuspensi adalah dengan proses flokulasi atau sedimentasi dan proses filtrasi atau intersepsi. Padatan tersuspensi

di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invetebrata, batang tanaman yang jatuh, produksidari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfid (USEPA, 1999). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat didalam *wetlands* (Merz, 2000). Tanaman *wetlands* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi mixing pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat didalam *wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot atau *floc-floc* (Merz, 2000). Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup kedaratan menuju *wetland* secara umum dapat mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* dan mempengaruhi terhadap proses agregasi dan proses sedimentasi dan proses resuspensi, dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Hubungan yang terjadi dilapangan dibuatkan grafik yang menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan. Untuk *suspended solid* hubungan tersebut secara umum digunakan persamaan (Reed, 1995) :

$$SS_{effluent} = SS_{influent} \times (A \times B \times HLR)$$

Dimana :

A = 0.1139 and B = 0.00213

SS = padatan tersuspensi, mg/l

HLR = *hydraulic loading rate*, cm/ hari

2.3 BOD_5 Di Dalam *Constructed Wetland*

Air buangan sebagian besar mengandung karbon organik yang dapat didegradasi dengan konsentrasi BOD_5 yang tinggi serta bahan yang membutuhkan oksigen lainnya untuk oksidasi. Di dalam *wetland* siklus karbon didominasi oleh tanaman, yaitu dimulai dengan proses pertumbuhan dan penyerapan nutrien, kemudian mati dan akhirnya mengalami proses degradasi dengan melepaskan nutrien, selanjutnya kembali menjadi tanah (Gidley, 1995).

Dekomposisi dari karbon di dalam *wetland* ditentukan oleh kesetimbangan antara karbon yang masuk ke dalam *wetland* dengan suplai oksigen yang terjadi, apabila persediaan oksigen di dalam air tersebut cukup dengan yang dibutuhkan pada proses oksidasi bahan organik karbon maka proses degradasi berlangsung secara aerobik dan apabila sebaliknya maka proses dekomposisi atau degradasi berlangsung secara anaerobik.

Suplai oksigen ke dalam kolom air *wetland* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfir 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 tedapat pada tanaman. Di dalam FWS, kehilangan konsentrasi dari BOD_5 terlarut tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada akar, batang dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh ke dalam *wetland.* Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetland*, maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah datang dari reaerasi pada permukaan air dan dari translokasi oksigen menuju *rhizosfer* (Reed. et al., 1987).

Perencanaan kedalaman di dalam *Constructed wetland* air seharusnya 600 mm (24 inch) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen (Reed et al., 1987). Kehilangan konsentrasi BOD di dalam *wetland* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut:

$$C_e / C_o = \exp (- K_T * t)$$

dimana:

C_e = effluen BOD_5 (mg/L)

C_o = influen BOD_5 (mg/L)

K_T = *temperature*, bergantung pada laju reaksi orde pertama($hari^{-1}$)

t = *hydraulic residence time* (hari)

hydraulic residence time dapat dilihat dengan menggunakan persamaan:

$$t = LWd / Q$$

dimana:

L = panjang (m)

W = lebar (m)

D = kedalaman air (m)

Q = debit rata-rata ($flow_{in} + flow_{out}$)/2 (m^3/hari)

Temperatur yang mempengaruhi pada konstanta kecepatan reaksi dihitung berdasarkan konstanta untuk 20 °C dan dengan faktor koreksi yang digunakan

adalah 1,1 (Tchobanoglous et. Al., 1980). Konstanta kecepatan reaksi K_T ($hari^{-1}$) pada T (°C) dapat ditentukan dengan persamaan:

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

dimana:

K_{20} = rate constant pada 20 °C = 0,0057 $hari^{-1}$

Persamaan yang dipergunakan untuk memperkirakan hubungan $BOD_{effluent}$ dapat juga menggunakan persamaan (Reed, 1995):

$$BOD_{effluent} = (A \times BOD_{influent}) + (B \times HLR)$$

dimana:

A = 0,192

B = 0,097

BOD = *biochemical oxygen demand* (mg/L)

IILR = *hydraulic loading rate* (cm/hari)

2.4 COD Di Dalam *Constructed Wetland*

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam sampel air, pengoksidasiannya menggunakan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan sebagai sumber oksigen.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya oksigen terlarut didalam air.

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/L yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. COD adalah sejumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi oleh senyawa oksidator, nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam (Benefield dan Randall, 1980).

Soewito, S (1985) mengemukakan bahwa pengukuran nilai COD sangat diperlukan, hal ini dikarenakan COD dapat menunjukkan sifat kekerasan air limbah. Standar nilai COD yang diperbolehkan adalah berkisar antara 50 mg/L – 80 mg/L sebagai O_2.

Umney (1962) mengatakan bahwa pertumbuhan mikroorganisme yang cepat akan menyebabkan kebutuhan oksigen lebih banyak (proses aerasi), merupaka proses biologis murni karena air limbah campur dengan mikroorganisme kemudian diaerasi dengan periode tertentu. Semakin lama aerasi., oksigen yang terkandung semakin banyak akibatnya jumlah bakteri bertambah. Dengan penambahan oksigen maka konsentrasi zat akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali.

2.5 Fe (Besi) Di Dalam *Constructed Wetland*

Besi (Fe) adalah salah satu elemen kimia yang dapat ditemui disetiap tempat di bumi, berasal dari pelapukan mineral dan penyebarannya sangat luas. Besi (Fe) biasa terdapat pada tanah, pasir batuan bersama oksigen, silikon dan alumunium (Holden, 1970).

Pada air permukaan jarang ditemui kadar besi (Fe) lebih dari 0,1 mg/l, tetapi dalam air tanah kadar besi (Fe) dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi besi (Fe) yang tinggi dapat cepat diketahui sebab dapat menodai kain dan perkakas dapur (Alaert dan Santika, 1987).

Pada umumnya besi (Fe) dalam air dapat bersifat:

1) Terlarut sebagai ferro (Fe^{2+}) atau ferri (Fe^{3+}) bentuk ferri lebih stabil daripada bentuk ferro dan pada umumnya cenderung berubah menjadi bentuk ferri.
2) Tersuspensi sebagai butir koloidal antara lain: Fe_2O_3, FeO, $Fe(OH)_3$ dan sebagainya.
3) Tergabung dalam zat padat organik seperti tanah liat dan sebagainnya.

Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi (Fe) berada sebagai Fe^{2+} yang cukup mudah terlarut. Sementara itu pada air sungai yang mengalir dan mengalami aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+}, yang sukar larut dalam pH 6 – 8 (kelarutannya hanya beberapa g/liter) dapat menjadi ferrihidroksida atau $Fe(OH)_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan dapat mengendap.

Besi (Fe) biasanya terlarut dalam bentuk Ferrobikarbonat, tetapi kadang-kadang pada air tanah, air permukaan ditemukan konsentrasi oksida besi (Fe)

yang tinggi. Dalam air yang sedikit mengandung asam sulfat, besi (Fe) dapat ditemukan sebagai ferrosulfat dan Ferrisulfat (Alaert dan Santika,1987).

2.6 Mg (Magnesium) Di Dalam *Constructed Wetland*

Komposisi hara mineral dalam tubuh tanaman tidak dapat digunakan secara langsung untuk menentukan apakah hara-hara tersebut merupakan hara esensial bagi pertumbuhan tanaman (Hartman *et al.*,1981). Hara mineral dikelompokkan sebagai hara esensial paling tidak harus memenuhi 3 kriteria (Epstein, 1972), yaitu : 1) tanpa kehadiran hara tersebut maka tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidupnya, 2) fungsi hara tersebut tidak dapat digantikan oleh hara yang lain, dan 3) hara tersebut secara langsung terlibat dalam metabolisme tanaman yaitu sebagai komponen yang dibutuhkan dalam reaksi-reaksi enzimatis. Dengan demikian, sangatlah sulit untuk meng-generalisir apakah suatu hara mineral tertentu termasuk esensial atau non esensial, karena hara mineral yang satu bisa bersifat esensial bagi tanaman tertentu tetapi sebaliknya tidak esensial bagi jenis tanaman yang lain.

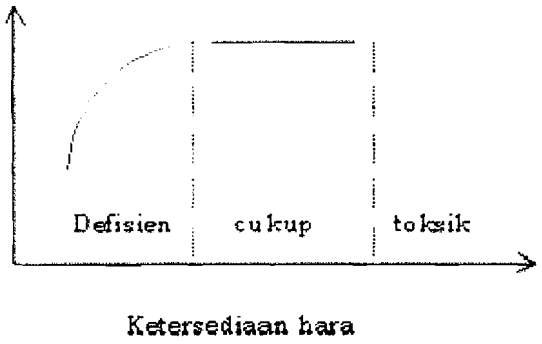
Untuk tanaman tingkat tinggi terdapat 13 jenis hara esensial yang terdiri atas kelompok hara makro (N, P, K, S, Mg dan Ca) den kelompok hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo dan Cl) (Janick *et al*, 1974; Hartman *et al.*, 1981; Baligar dan Duncan, 1990). Selanjutnya Brown *et al.* (1987 *dalam* Salisbury dan Ross,1992) menyajikan daftar unsur hara esensial dan konsentrasinya dalam jaringan yang diperlukan agar tumbuhan dapat tumbuh dengan baik. Disebutkan bahwa nilai konsentrasi tesebut menjadi pedoman yang berguna bagi para ahli

fisiologi, pengelola kebun dan petani, karena konsentrasi unsur-unsur dalam jaringan (terutama dalam daun terpilih) lebih dapat dipercaya dari analisis tanah untuk menunjukkan apakah tanaman akan tumbuh lebih baik dan/atau lebih cepat jika unsur tertentu diberikan lebih banyak.

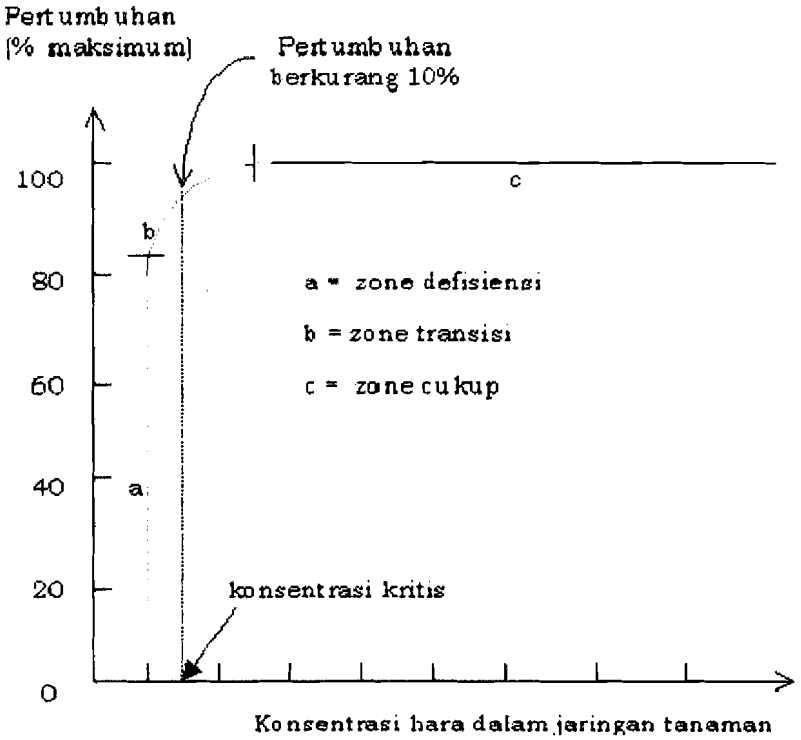
pertumbuhan tanaman (dinyatakan dalam bahan kering) dalam hubungannya dengan persediaan hara mineral dapat digambarkan dalam bentuk kurve respon pertumbuhan (Gambar 2.3). Dalam gambar tersebut dapat dilihat hara mineral dalam hubungannya dengan pertumbuhan dikelompokkan menjadi 3 daerah. Pertama; zone kahat/defisien (*deficient range*) yaitu laju pertumbuhan meningkat dengan meningkatnya persediaan hara, kedua; zone cukup (adequate range) yaitu laju pertumbuhan telah mencapai maksimum dan pada keadaan itu tidak dipengaruhi oleh persediaan hara tanah, dan ketiga; zone toksik (*toxic range*) yaitu laju pertumbuhan menurun dengan meningkatnya persediaan hara (Marschner, 1986).

Dalam produksi tanaman, suplai hara optimal biasanya dilakukan melalui pemupukan. Aplikasi pemberian pupuk yang rasional membutuhkan informasi jumlah hara yang tersedia dalam tanah serta status nutrisi pada jaringan tanaman. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah disamping dengan melakukan analisis kandungan hara tanah tersedia juga dengan analisis status hara tanaman. Analisis status hara tanaman dapat dilakukan berdasarkan diagnosis gejala visual dan/atau analisis tanaman sebagai dasar untuk rekomendasi apakah diperlukan pemupukan atau tidak, pupuk jenis apa yang diperlukan dan berapa jumlahnya (Grundon, 1987; Baligar dan Duncan, 1990).

Gambar 2.4 memperlihatkan gambaran ideal laju pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi suatu unsur dalam tumbuhan. Pada rentang konsentrasi rendah yang dinamakan daerah kahat, pertumbuhan naik sangat tajam bila unsur diberikan lebih banyak dan konsentrasinya dalam tumbuhan meningkat. Di atas konsentrasi kritis (konsentrasi jaringan minimum yang menghasilkan pertumbuhan hampir maksimum, sekitar 90%), kenaikan konsentrasi akibat pemupukan tidak banyak berpengaruh pada pertumbuhan (daerah berkecukupan). Daerah berkecukupan menunjukkan adanya pemakai-an unsur secara berlebihan, akibat adanya penimbunan di vacuola. Daerah tersebut cukup lebar untuk hara makro, tetapi lebih sempit untuk hara mikro. Kenaikan lebih lanjut dari unsur itu akan menyebabkan keracunan dan pertumbuhan yang menurun (daerah beracun) (Epstein 1972; Baligar dan Duncan, 1990).



Gambar 2.3 Hubungan antara ketersediaan hara dengan pertumbuhan tanaman (Marschner, 1986)



Gambar 2.4 Gambaran umum pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi hara dalam jaringan tumbuhan (Epstein, 1972).

2.7 DO (*Disolved Oxygen*) Di Dalam *Constructed Wetland*

Ujicoba oksigen terlarut sangat penting untuk menjamin keadaan aerobik perairan yang menampung limbah. Dalam pengendalian pencemaran air, ikan, tetumbuhan dan binatang lain perlu berkembang biak. Hal ini perlu pemeliharaan oksigen terlarut yang dapat menunjang tata kehidupan di dalam air dengan keadaan yang sehat.

Oksigen terlarut adalah oksigen yang terdapat di dalam air (dalam bentuk molekul oksigen, bukan dalam bentuk molekul hydrogen oksida) dan biasanya dinyatakan dalam mg/l (ppm).

Adanya oksigen bebas ini sangat diperlukan oleh berbagai biota air (misalnya ikan hanya dapat hidup di air yang mempunyai kandungan oksigen bebas lebih besar 3 ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran atau limbah organik yang *degradable*.

Dalam air kotor selalu terdapat bakteri (bakteri aerob dan anaerob). Bakteri aerob adalah bakteri yang memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya sedangkan bakteri anaerob adalah bakteri yang tidak memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya.

Bakteri aerob dan anaerob akan menguraikan zat organik dalam air menjadi persenyawaan yang sederhana. Selama ini air mengandung oksigen bebas cukup banyak, maka yang bekerja atau tumbuh berkembang adalah bakteri aerob. Bakteri aerob akan merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan yang tidak berbahaya (yang dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi persenyawaan nitrat, belerang dirubah menjadi persenyawaan sulfat, bila

oksigen bebas dalam air itu habis atau sangat kurang, maka yang bekerja atau tumbuh dan berkembang adalah bakteri anaerob. Bakteri anaerob merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan sederhana (tidak dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi amoniak, belerang dirubah menjadi *hydrogen sulfide*, yang keduanya berbentuk gas dan bau.

Oksigen larut dalam air dan tidak bereaksi dengan air secara kimiawi. Pada tekanan tertentu, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu. Faktor lain yang mempengaruhi kelrutan oksigen olakan air dan luas permukaan air yang terbuka bagi atmosfer (Mahida, 1984).

2.8 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air Dalam Sistem *Constructed Wetland*

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Kangkung air termasuk dalam famili *Convolvulaceae* dan genus *Ipomoea.* Batang tanaman kangkung air berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (*herbaceous*), dan berlubang-lubang. Batang tanaman kangkung air tumbuh merambat atau menjalar dan percabangannya banyak..

Tumbuhan ini dalam taksonomi tumbuhan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Divisi : *Spermatophyta.*

Sub divisi : *Angiospermae.*

Kelas : *Dicotyledoneae.*

Famili : *Canvalvulaceae.*

Genus : *Ipomoea.*

Spesies : *Ipomoea aquatica Forsk.*

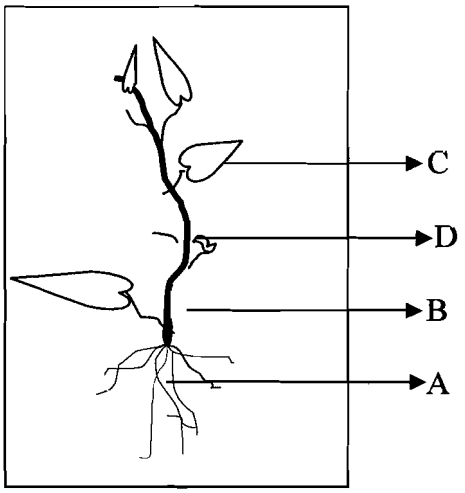
Seperti halnya tumbuhan aquatik lain, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) mempunyai struktur yang spesifik baik akar, batang, maupun daunnya. Adapun sifat yang cepat berkembang dan bertoleransi terhadap lingkungan, menyebabkan air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), bentuk daun panjang dengan ujung agak tumpul, berwarna hijau kelam, bunganya berwarna putih kekuning-kuningan atau kemerah-merahan (Dwijosaputro, 1986).

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

Daun dan batang yang tenggelam dalam air mempunyai penyebaran kloroplas yang meningkat dengan kutikula yang tereduksi. Absorbsi gas juga dipermudah karena dinding tipis epidermis dan jaringan disebelah dalamnya. Kutikula biasanya tidak ada pada organ yang tenggelam (Fahn, 1991).

Morfologi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) di sajikan pada gambar 2. Tanaman kangkung air:



Gambar 2.5 Morfologi Tanaman Kangkung air

Keterangan gambar:

A = akar

B = batang

C = daun

D = bunga

Sumber : Dwijosaputro, 1986

Untuk dapat hidup tumbuh-tumbuhan memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi umumnya unsur hara diambil oleh tumbuhan dalam bentuk ion-ion molekul akar dari dalam tanah. Makin panjang akar, akan makin tersedia unsur hara bagi tanaman, demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan pertambahan volume percabangan akar,

akan meningkatkan penyerapan unsur hara dari dalam tanah. Unsur essensial adalah unsur yang sangat diperlukan, sehingga ketidakhadiran unsur ini, menyebabkan tanaman tidak melakukan siklus hidup yang lengkap. Penemuan elemen atau unsur yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk melakukan fotosintesis. Unsur-unsur kimia di alam umumnya dibagi menjadi dua kelompok, berdasarkan atas jumlah yang dibutuhkan tanaman, yaitu :

1. Unsur Makro

Biasanya dibutuhkan tanaman dalam ukuran yang besar (lebih dari 500 ppm), contoh : nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), belerang (S).

2. Unsur Mikro

Dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil biasanya kurang dari 50 ppm dalam tanaman, contoh : besi (Fe), boron (Bo), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molybdenum (Mo), kobalt (Co), khlor (Cl), empat dari unsur mikro sebagai kation dan tiga sebagai anion (Ray, 1979).

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk*) dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, sulfat, karbon dan nitrogen termasuk dalam elemen makro, yaitu unsur-unsur hara yang diperlukan dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1986).

Mekanisme penurunan kadar besi (Fe) oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terjadi karena proses penyerapan air dan unsur hara yang lain oleh akar. Hasil penguraian besi (Fe) yang telah berbentuk ion Fe^{2+} kemudian diserap oleh bulu-bulu akar melalui proses difusi yaitu berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Makin masuk kedalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, hal ini berarti makin masuk kedalam akar, defisit tekanan tekanan difusinya makin besar. Kemudian melalui *xylem* menuju ke daun, didaun Fe^{2+} digunakan oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen melalui batang dan akar.

Oksigen yang dihasilkan digunakan oleh miroorganisme *rhizofera* untuk kembali mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan unsur hara berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme *rhizofera* dengan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Melalui siklus simbiosis ini akan terjadi pengurangan kadar bahan-bahan yang berdampak terhadap penurunan bahan pencemar dalam sumber air limbah.

Banyak jenis tanaman, khususnya yang hidup dalam habitat air yang memiliki kelompok mikroba *rhizofera* yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah air buangan dan banyak pula jenis *rhizofera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik atau pun anorganik yang terdapat di dalam air buangan sehingga kehadirannya dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengolahan air buangan (Suriawiria, 1986). Sehubungan dengan

kegunaannya sebagai penjernih air limbah, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) berperan dalam biofiltrasi seperti halnya tanaman eceng gondok, kayu apu, kayambang, mendong dan *azolla pinata*. Pada dasarnya proses biofiltrasi merupakan penyerapan dan akumulasi zat-zat polutan dan zat-zat lain yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tumbuhan. Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) mempunyai daya adaptasi cukup luas terhadap kondisi iklim dan tanah di daerah tropis sehingga dapat ditanam (dikembangkan) di berbagai daerah atau wilayah Indonesia. Persyaratan tumbuhnya kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) sebagai berikut :

1. Syarat iklim

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik didataran rendah sampai dataran tinggi (pegunungan) kurang lebih 2000 m dpl., dan diutamakan lahannya terbuka atau mendapat sinar matahari yang cukup. Di tempat yang terlindungi, tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) akan tumbuh memanjang (tinggi) dan kurus-kurus.

2. Syarat tanah

Persyaratan tanah yang paling ideal untuk tanaman kangkung air sangat tergantung pada jenis atau varietasnya, yakni : kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) membutuhkan tanah yang banyak mengandung air dan lumpur, misalnya di rawa-rawa, persawahan, dan kolam-kolam. Pada tanah yang kurang air

(kekeringan), tanaman kangkung air pertumbuhannya akan kerdil, lambat dan rasanya menjadi liat (kelat).

Adanya faktor lingkungan yang menjadi syarat pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) adalah jumlah curah hujan dan temperatur udara. Jumlah curah hujan berkisar antara 500 – 5000 mm/tahun. Sedangkan temperatur udara dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Setiap naik 100 meter tinggi tempat, maka temperatur udara turun sekitar 20°C (Dwijosaputro,1986).

Berkenaan dengan penanggulangan pencemaran air akhir-akhir ini banyak dicoba penjernihan air yang tercemar melalui biofiltrasi dengan menggunakan tumbuhan air, antara lain dengan menggunaka tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Tanaman akuatik dapat menyerap mineral terlarut dan memperkaya air dengan oksigen sebgagai hasil fotosintesis. Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat digunakan dalam proses biofiltrasi yaitu penyerapan dan akumulasi zat-zat polutan dalam struktur tubuh tanaman

Tanaman kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60 – 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100 – 150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air.

Kangkung air ternyata dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah. Tumbuhan tersebut mampu menyerap logam berat (penyebab pencemaran) yang terlarut dalam media tumbuh, sehingga kandungannya menjadi menurun. Kadar logam berat dalam tanaman tersebut meningkat dan dalam media cair menurun (Muers, 1980). Sehingga ion bebas dalam air tersebut akan mampu

mengikat oksigen, yang mengakibatkan oksigen terlarut (DO) dalam media cair meningkat dan meningkat pula mutu air tersebut.

Pemilihan tanaman kangkung air pada *Constructed wetland* ini adalah didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

a. Tanaman kangkung air banyak terdapat di Indonesia yaitu sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari.
b. Daya tahan hidup tanaman kangkung air cukup lama.
c. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam system *Constructed wetland* pemeliharaan sangat mudah.

2.9 Tanah Sebagai Media Pertumbuhan Tanaman

Menumbuhkan tanaman memerlukan (i) air, (ii) oksigen, (iii) karbon dioksida, (iv) unsur-unsur mineral, (v) penunjang mekanis, (vi) cahaya dan (vii) panas. Dengan kadar air yang biasa, tanah-tanah mengatur suhu dan menolong mengurangi pengaruh fluktuasi tinggi suhu udara atmosfer. Kadar hawa dalam tanah mensuplai oksigen pada akar tanaman dan memelihara kondisi-kondisi aerobik untuk kegiatan bakteri yang dibutuhkan bagi pembenahan air limbah.

Tanah menyimpan dan mensuplai oksigen, zat hara bagi pemakaian tanaman yang menyediakan tunjangan mekanis untuk tanaman. Tanah dapat juga mengandung atau menimbun kedua-duanya dibawah irigasi biasa dan irigasi air limbah. Unsur-unsur beracun bagi tanaman-tanaman seperti garam-garam yang berlebihan atau unsur yang beracun lainnya. Tanah dapat mengembangkan reaksi alkalis atau asam yang berlebih-lebihan, dan sekali-kali dapat sangat terpecah-

pecah. Perubahan-perubahan yang diakibatkan dalam hal lainnya harus dipelajari dalam mengevaluasi akibat-akibat dari irigasi air limbah pada tanah sebagai media pertumbuhan tanaman.

2.10 Landasan Teori

Sistem *constructed wetland* dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair, baik itu limbah cair industri maupun limbah cair domestik.

Di dalam *constructed wetland* pengolahan limbah dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sistem ini adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), dimana tanaman ini dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah sehingga dapat menurunkan kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.

Kangkung air (*Ipomoeae aquatica Forsk*) mempunyai struktur anatomi yang spesifik, baik akar, batang, maupun daunnya, seperti halnya tumbuhan aquatik lainnya. Adanya sifat yang cepat berkembang dan toleransi terhadap lingkungan, menyebabkan kangkung air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Batang tanaman berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (*herbaceous*), menjalar dan percabangannya banyak. Kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai

kedalaman 60 – 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100 – 150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), (Rahmat, 1994).

BOD_5 dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman di dalam *constructed wetland,* penurunan COD secara alamiah oleh zat organik dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi sedangkan untuk penurunan TSS dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi.

Mekanisme penurunan kadar besi (Fe) oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terjadi karena proses penyerapan air dan unsur hara yang lain oleh akar. Hasil penguraian besi (Fe) yang telah berbentuk ion Fe^{2+} kemudian diserap oleh bulu-bulu akar melalui proses difusi yaitu berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Makin masuk kedalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, hal ini berarti makin masuk kedalam akar, defisit tekanan tekanan difusinya makin besar. Kemudian melalui *xylem* menuju ke daun, didaun Fe^{2+} digunakan oleh tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen melalui batang dan akar.

Penurunan parameter-parameter di atas sangat dipengaruhi oleh konsentrasi limbah yang berbeda-beda guna mendapatkan hasil yang optimal juga oleh waktu detensi dimana pada sistem *constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan pada partikel-partikel solid untuk

mengendap dan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang akan dikeluarkan tanaman dan air limbah.

2.11 Hipotesa

1. Sistem *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air untuk pengolahan limbah cair dapat menurunkan kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.
2. Perbedaan konsentrasi limbah berpengaruh terhadap efisiensi penurunan optimal kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.

2.12 Analisa Data

Data yang didapatkan dari hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian untuk mencari hubungan antara parameter yang diukur dengan konsentrasi volume limbah digunakan analisa statistik berikut:

1. Efisiensi penurunan oleh tanaman kangkung air terhadap limbah cair dihitung berdasarkan kadar limbah awal (S_0) sebelum masuk ke *wetland* dan kadar limbah akhir (S_1) setelah melalui *Constructed wetland.*

   Perhitungan:

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{S_0 - S_1}{S_0} * 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\text{II -1})$$

   dimana:

   S_0 = kadar limbah sebelum perlakuan

   S_1 = kadar limbah sesudah perlakuan

2.13 Gambaran Umum Perusahaan

2.13.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Margorejo awalnya bernama PT. Loji Rejo yang bergerak di bidang usaha pengalengan kopi dan biskuit, serta merintis usaha *cornet beef*. Pada tahun 1956 PT. Loji Rejo dibeli oleh PT. Mantrust di Jakarta, kemudian pada tahun 1960 PT. Loji Rejo diubah namanya menjadi PT. Margorejo dengan bidang usaha biskuit dan *cornet beef*.

PT. Margorejo didirikan tanggal 15 Juli 1960 yang merupakan anak perusahaan dari PT. Mantrust yang berdiri tahun 1954. maksud dan tujuan pendirian perusahaan tersebut untuk memperluas dan memperkuat usaha PT. Mantrust Group.

Pada tahun 1972 produksi cornet beef pernah dihentikan karena harga daging melonjak, tetapi pada tahun 1978 corned beef di produksi kembali oleh PT. Bali raya Dempasar Bali yang merupakan Group PT. Mantrust lainnya. Untuk kelanjutan kegiatan produksi, maka pada tahun 1973 PT. Margorejo memproduksi udang brine dan sarden/mackerel dalam saos tomat. Produksi ini berlangsung sampai tahun 1979, karena kesulitan bahan baku. Oleh karena itu PT. Margorejo mengalihkan usahanya memproduksi makanan Indonesia dalam kaleng seperti : sambal goreng ati, daging rendang, opor ayam dan lain-lain. Produksi pengalengan makanan tersebut, setiap harinya mencapai 5.000 – 6.000 kaleng. Selain memproduksi makanan Indonesia, PT. Margorejo juga memproduksi minuman dalam kaleng seperti : papin juice, sour shop juice, guava juice, manggo juice dan baby corn.

Pada tahun 1985 PT. Margorejo mengalihkan usahanya kebidang pengalengan jamur merang. PT. Margorejo mampu mengolah jamur merang sebanyak 50.000 kg setiap harinya untuk dikalengkan.

2.13.2 Lokasi Perusahaan

Lokasi PT. Margorejo do Yogyakarta terletak di jalan Magelang No. 21 Jetis Yogyakarta.

2.13.3 Struktur Organisasi

PT. Margorejo merupakan salah satu anak perusahaan PT. Mantrust yang berpusat di Jakarta, tetapi kegiatan sehari-hari diberi hak otonom di bawah pengawasan langsung PT. Mantrust Jakarta. Sistem organisasi pada PT. Margorejo adalah sistem lini, sehingga tugas, wewenang, tanggung jawab berlangsung secara vertikal dalam satu jalur.

Pimpinan tertinggi adalah pimpinan perusahaan (direktur) yang membawahi dua orang manager. Masing-masing manager dibantu oleh beberapa kepala bagian yang membawahi beberapa supervisor.

2.13.4 Produksi

2.13.4.1 Bahan Baku dan Bahan Pembantu

PT. Margorejo dalam melaksanakan proses produksi menggunakan :

a. Bahan Baku

   - Jamur Merang

- Kaleng
- Doos
- Plastik Salted
- Container Plastik
- Peti Salted

b. Bahan Pembantu

- Air
- Kaporit
- Asam Sitrat
- Garam Halus dan Kasar
- Tepol
- Hol
- Solar

2.13.4.2 Proses Produksi

PT. Margorejo merupakan perusahaan yang mengolah jamur merang segar (fresh) menjadi jamur kalengan. Adapun pelaksanaan proses produksi pengalengan jamur adalah sebagai berikut :

1. Persiapan bahan baku

   Pada tahap ini jamu yang diterima dari hasil penanaman langsung ditimbang untuk mengetahui berat bahan baku yang masuk dan bahan baku yang akan diolah serta penyusutan bahan selama proses. Setelah itu jamur dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang melekat

pada jamur. Air pencuci yang digunakan mengandung klorin dengan kadar 15 – 25 ppm.

2. *Trimming*

   Proses ini berupa penghilangan bagian-bagian yang tidak diperlukan sekaligus untuk memisahkan jamur berdasarkan bentuk dan ukurannya. Proses tersebut dilakukan secara manual dengan menggunakan pisau.

3. *Blanching*

   Yaitu proses merendam jamur dalam air panas pada suhu 98°- 100°C selama 8 menit. Maksud dari proses tersebut adalah untuk :

   a. Memperkecil jumlah mikroorganisme pada bahan baku.
   b. Menonaktifkan enzim yang terdapat pada jaringan tanaman jamur.
   c. Menghilangkan bau mentah dan rasa yang tidak diinginkan.
   d. Mengeluarkan gas yang terdapat pada jamur.
   e. Mencegah kerusakan mekanis pada waktu grading.
   f. Mengurangi penggelembungan kaleng yang disebabkan penyerapan air selama proses.

4. Pendinginan

   Proses selanjutnya setelah jamur di *blanching* langsung didinginkan dengan air yang disemprotkan, serta direndam pada air yang ditambahkan asam sitrat dengan konsentrasi 0,2 – 0,5 ppm pada alat shaker pertama,

kemudian direndam pada shaker kedua yang mengandung larutan khlor dengan konsentrasi 0,6 – 0,8 ppm. Maksud penambahan asam sitrat pada pencucian ini adalah untuk mempertahankan warna dari jamur, sedangkan proses pendinginan untuk mencegah terjadinya *over cooking*, dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme termodurik.

5. *Grading*

Setelah jamur didinginkan dalam *cooling shaker* kemudian dibawa oleh *belt conveyer* untuk masuk ke dalam mesin grading. Tujuan dari proses tersebut untuk memisahkan jamur menjadi beberapa macam berdasarkan ukuran masing-masing jamur

6. *Soaking*

Setelah jamur dipisahkan berdasarkan ukurannya, kemudian direndam dalam tangki perendaman. Air yang dipakai untuk perendaman ini mengandung khlor dengan kadar 0,2 – 0,5 ppm dengan penambahan asam sitrat sampai pH 4,6. perendaman ini untuk menjaga kesegaran jamur, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, dan kerusakan jamur.

7. *Inpection* dan *Sortasi*

Jamur yang telah direndam pada tangki perendaman selanjutnya dilakukan sortasi secara manual di atas *belt conveyer*. Tahap ini bertujuan untuk memeriksa serta mensortasi secara sempurna, jika pada proses trimming

belum memenuhi target. Selain itu juga untuk memisahkan jamur yang rusak, tetapi masih layak untuk diproses.

8. Pencucian dan Penirisan

   Tahap pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang mungkin masih terdapat pada jamur merang serta benda-benda asing yang mungkin mengkontaminasi jamur. Setelah tahap pencucian selesai kemudian jamur langsung ditiriskan menggunakan alat *vibrator dewatering*. Proses penirisan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam jamur.

9. *Filling* dan *weighting*

   Tahap tersebut merupakan tahap pengisian jamur dalam kaleng secara manual. Jika pengisian jamur ke dalam kaleng menggunakan mesin, kemungkinan rusaknya jamur merang selama pengisian akan semakin besar. Setelah proses *filling* selesai, kemudian ditimbang supaya berat produk sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

10. Pemberian Larutan Garam

    Setelah jamur dimasukkan ke dalam kaleng, sesaat sebelum proses *exchausting* ditambahkan larutan garam yang terdiri atas garam dapur dan asam sitrat.

Tujuan dari proses tersebut adalah untuk pengawet, mempertajam *flavour* asli jamur, mempercepat penetrasi panas, dan mengurangi terjadinya korosi kaleng dengan berkurangnya akumulasi udara.

11. *Exchausting*

Merupakan upaya untuk mendapatkan kedaan fakum dalam kaleng. Jika dalam kaleng terdapat oksigen, maka akan bereaksi dengan bahan makanan dan bagian dalam diri kaleng yang akan mempengaruhi kualitas, nilai gizi, dan masa simpan.selain itu juga untuk mencegah kebocoran pada kaleng saat sterilisasi. *Exchausting* dilakukan pada suhu 80 °C selama 10 – 12 menit.

12. Penutupan

Setelah jamur di*exchausting*, kemudian kaleng ditutup dengan mesin penutup.

13. Sterilisasi

Setelah proses penutupan selesai kemudian kaleng-kaleng dimasukkan dalam keranjang untuk disterilisasi dengan *retort*. Adapun tujuan sterilisasi adalah untuk membunuh mikroorganisme *pathogen*, serta meningkatkan tekstur dan aroma dari produk. Proses sterilisasi dilakukan pada suhu 128,5 °C dengan waktu disesuaikan ukuran kaleng.

14. Observasi

Proses tersbut dilakukan untuk pemeriksaan sebuah produk setelah dilakukan pendinginan. Selanjutnya dilakukan penyimpanan selama 6 hari untuk melihat perkembangan produk dalam inkubator pada suhu 37 °C dan suhu 51 °C.

15. Labelling dan Pengepakan

Proses tersbut dilakukan jika dalam mas pnyimpanan tidak mengalami perubahan pada kaleng. Sebelum kaleng diberi label terlebih dahlu diperiksa menggunakan cap test. Setelahpemberian label selesai, kemudian dilanjutkan dengan pengepakan kaleng dengan karton/dus, dan siap untuk dipasarkan.

16. Pengemasan

Tujuan bahan makanan dikemas adalah untuk menjaga mutu produk, melindingi produk terhadap kontaminasi, menjaga kekurangan/penambahan kadar air, melindungi produk dari oksidasi dan sinar matahari, serta untuk memudahkan penanganan.

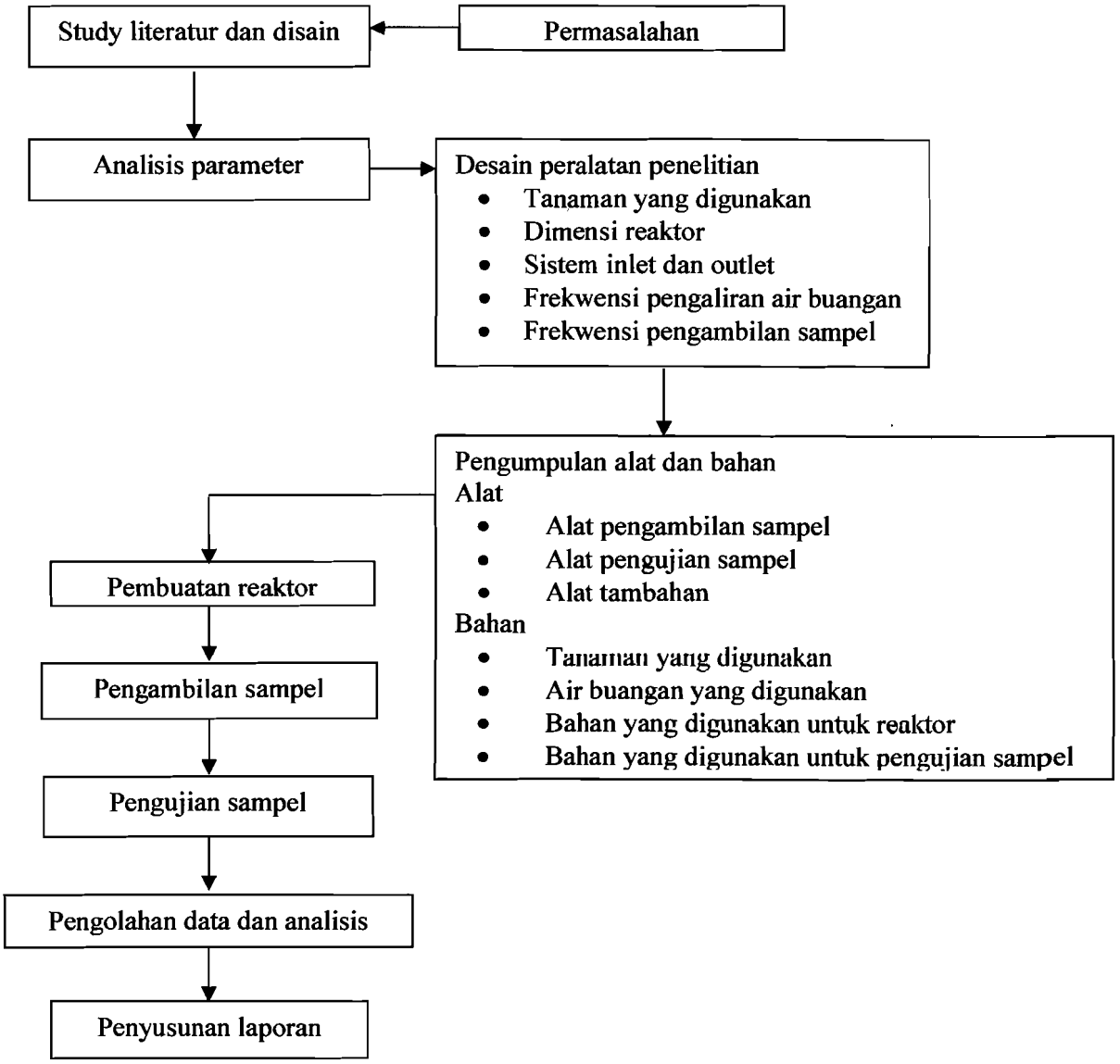
2.13.5 Pemasaran Produksi

Hasil produksi PT. Margorejo 97 % diekspor ke luar negeri, dan 3 % dijual di dalam negeri. Pemesaran hasil produksi di dalam negeri dilakukan oleh distribusi tunggal yaitu PT. Borsumij Wehry Indonesia (BWI), yang mana PT. BWI tersebut

merupakan anak perusahaan dari PT. Mantrust. Daerah pemasaran dalam negeri meliputi : Yogyakarta, Jakarta, Surabaya, Semarang, dan kota-kota lainnya. Pemasaran luar negeri ditangani sendiri oleh bagian expedisi PT. Margorejo untuk diekspor ke beberapa negara seperti : Amerika, Australia, Hongkong, London, taiwan, Jerman, dan Jepang.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram alir metode penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir metode Penelitian

3.2 Bahan Dan Lokasi Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri pengalengan jamur. Limbah ini diambil di industri pengalengan jamur PT. Margorejo Jl. Magelang No. 21 Jetis Jogjakarta.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL) Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah Pemerintahan Proponsi Daerah Jogjakarta.

3.3 Pengambilan dan Penyimpanan Limbah

Limbah cair diambil dengan menggunakan jerigen sampai terisi penuh. Limbah diambil dari saluran buangan sebelum dibuang kebadan air, yaitu pada bak penampung.

3.4 Karakteristik Awal Limbah Cair

Tabel 3.1 Karakteristik Awal Limbah cair

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	Fe	Mg/L	2.35
2	Mg	Mg/L	13.6
3	BOD_5	Mg/L	85
4	COD	Mg/L	180
5	TSS	Mg/L	108
6	DO	Mg/L	2.8

3.5 Parameter Yang Diteliti

Pada penelitian ini ditekankan pada parameter-parameter sebagai berikut:

1. Besi (Fe)
2. Magnesium (Mg)
3. BOD_5
4. COD
5. TSS
6. DO (*Disolved Oxygen*)

3.6 Variabel Penelitian

3.6.1 Variabel Berpengaruh (*independent variable*)

Konsentrasi limbah untuk penyiraman dibedakan dalam 9 keadaan yaitu keadaan pertama dengan 0 konsentrasi limbah dengan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) tanpa dialiri limbah untuk bak kontrol, sedangkan untuk bak uji dibedakan sesuai dengan konsentrasi limbah. Untuk reaktor uji menggunakan tanaman kangkung air (Ipomoea aquatica Forsk) dibagi dalam 4 reaktor dengan dengan konsentrasi 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %. Untuk reaktor uji non tanaman kangkung air juga menggunakan 4 reaktor dengan konsentrasi yang sama.

3.6.2 Variabel Terpengaruh (*dependent variable*)

Variabel terpengaruh dalam penelitian ini adalah perubahan kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan kenaikan kadar DO dari kadar tinggi menjadi kadar rendah.

3.7 Metode Penelitian

3.7.1 Permasalahan

"Apakah sistem *Constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman kangkung air dalam menurunkan kadar Fe, Mg, BOD_5, COD, TSS dan DO pada industri pengalengan jamur PT. Margorejo".

3.7.2 Analisis Parameter

1. Kadar BOD_5 : Metode Titrimetri
2. Kadar COD : Metode Titrimetri
3. Kadar TSS : Metode Gravimetri
4. Kadar Fe : Colorimetri
5. Kadar Mg : Titrasi kompleksometri dengan EDTA
6. Kadar DO : Metode Titrimetri

3.7.3 Prinsip-prinsip

1. BOD_5 : pengukuran BOD_5 terdiri dari pengenceran sampel, inkubasi selama 5 hari pada suhu 20 °C dan pengukuran oksigen terlarut sebelum dan sesudah inkubasi.

   Penurunan oksigen terlarut selama inkubasi menunjukan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh sampel air. Oksigen terlarut dianalisa dengan menggunakan metode titrasi winkler.

2. COD : senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur sekitar 150 °C. kelebihan kalium dikromat dititrasi olah larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dengan indicator ferroin.

3. TSS : prinsip pengukuran zat padat dalam air berdasarkn gravimetric, yaitu analisa berdasarkan pertimbangan berat. Penentuan solid dilakukan dengan cara penyaringan, pengisatan, pemanasan dan penimbangan.

4. Fe : ion besi dalam suasana asam dan panas direduksi oleh hidroksilamin hidroklorida menjadi ion fero. Fero dengan 1,1 fenantrolin pada pH 3,2 – 3,3 membentuk senyawa fero fenantrolin khelat yang berwarna merah. Warna merah dibandingkan dengan warna standar yang telah diketahui kadarnya pada pembuatan kurva kalibrasi.

5. Mg : kalsium dan magnesium dalam air dapat membentuk senyawa komplek dengan Etilen Diamine Tetra Asetat (EDTA) pada suatu pH tertentu. Untuk mengetahui titik akhir titrasi digunakan indikator logam yaitu indikator EBT dan Murexida.

6. DO : oksigen akan mengoksidasi Mn^{+2} dalam suasana basa membentuk endapan MnO_2. dengan penambahan alkali iodida dalam suasana asam akan membebaskan iodium.

Banyaknya iodium yang dibebaskan ekuivalen dengan banyaknya oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan dianalisa dengan metode titrasi Iodimetris dengan larutan standar Thiosulfat dan indikator larutan kanji.

3.7.4 Desain Peralatan Penelitian

1. Tanaman yang digunakan : Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*)
2. Dimensi reaktor : Panjang 1 m, Lebar 0,5 m dengan td 4 hari.
3. Frekwensi pengaliran air buangan : hal III-8
4. Frekwensi pengambilan sampel : hal III- 8
5. Alat pengambilan sampel : menggunakan botol aqua kapasitas 1,5 L.
6. Alat pengujian sampel : dapat dilihat pada cara kerja, hal III-4.
7. Air buangan yang digunakan : Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo.

3.8 Cara Kerja

3.8.1 Aklimatisasi

3.8.1.1 Bahan dan Alat Penelitian

1. Reaktor perlakuan sebanyak 9 buah.
2. Jerigen dengan kapasitas 50 L sebanyak 6 buah.
3. Kertas label.
4. Kangkung lengkap dengan panjang akar 15 cm, tinggi 24 cm, panjang daun 8 cm dan lebar daun 4,5 cm.

3.8.1.2 Cara Kerja

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) yang diambil dari tempat pembibitan kemudian ditanam dalam 1 bak kontrol dan 4 bak uji dan dengan konsentrasi limbah 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % untuk perlakuan, dengan tinggi tanah masing-masing 15 cm dan dialiri air setinggi 15 cm, dimana tinggi air tersebut adalah percampuran antara air dengan limbah. Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dibiarkan beradaptasi dengan lingkungannya selama 4 hari baru setelah itu diberi perlakuan limbah, begitu juga dengan bak uji non tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*).

3.8.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dengan 9 perlakuan yaitu 0 reaktor kontrol tidak dialiri limbah, sedangkan untuk 4 buah reaktor uji yang menggunakan tanaman kangkung air dialiri limbah dengan konsentrasi masing-masing sebesar 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, dan untuk 4 buah reaktor yang non tanaman kangkung air 25 % konsentrasi limbah non tanaman kangkung air dialiri limbah dengan konsentrasi masing-masing sebesar , 25 %, 50 %, 75 %, 100 %.

Untuk mengetahui interaksi antara tanaman dengan media tanah dan air terhadap tanaman kangkung air dibuat rancang tempat. Ada beberapa macam perlakuan setiap tempatnya untuk perlakuan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) yang digunakan, menggunakan 9 perlakuan dengan 2 kali ulangan.

Pengamatan kadar BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO terhadap konsentrasi limbah diamati setiap 4 hari setelah perlakuan.

3.8.2.1 Cara Kerja Rancangan Penelitian

1. Setiap reaktor diisi dengan tanah dengan tinggi 15 cm.
2. Lima (5) reaktor ditanami tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) 1 buah untuk reaktor kontrol dan 4 buah untuk reaktor uji. 4 buah reaktor non ditanami tanaman kangkung air.

3. Setelah dibiarkan beradaptasi dengan lingkungannya selama 4 hari, tanaman kangkung air siap diberi perlakuan tanaman dibiarkan berkembang
4. Kemudian bak-bak tersebut diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah yang berbeda –beda yaitu 25 %, 50 %, 75 % dan 100 %. dan sampel diambil setelah td 4 hari, perlakuan diulang sebanyak 2 kali.
5. Semua tanaman kangkung air yang telah ditanam dalam bak perlakuan diletakkan ditempat terbuka dengan intensitas cahaya 90 % dari cahaya langsung.

3.8.3 Analisa Laboratorium

Pemeriksaan sampel BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan DO sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dilakukan analisis di laboratorium Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah Pemerintahan Propinsi Daerah Jogjakarta. Sampel dibawa ke laboratorium dengan menggunakan botol aqua dengan kapsitas 1,5 L yang terisi penuh dan tertutup. (dapat dilihat pada lampiran analisa laboratirum).

3.9 Teknik Pengolahan

Penelitian pada limbah cair industri jamur PT. Margorejo diawali dengan pengambilan tanaman kangkung air yang akan digunakan dalam penelitian, mendesain reaktor yang akan digunakan untuk menurunkan kadar limbah cair

tersebut, kemudian dilakukan percobaan pendahuluan untuk mengetahui karakteristik awal limbah, setelah itu di lanjutkan dengan proses pengolahan limbah di dalam reaktor *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomeae aquatica Forsk*).

3.10 Perencanaan Reaktor *Constructed Wetland*

Perencanaan terlebih dahulu dalam pembuatan reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu:

3.10.1 Tanaman Tidak Dipengaruhi Umur Tanaman

Tanaman kangkung air yang digunakan pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh umur tanaman kangkung air, disebabkab bahwa pada penelitian ini tanaman kangkung air tidak dilakukan penanaman dari awal sehingga tidak diketahui dengan jelas berapa umur tanaman kangkung air yang digunakan.

3.10.2 Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) lengkap dengan tinggi tanaman 24 cm, panjang akar 15 cm, lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm. Tanaman ini dialiri air yang telah dicampur dengan limbah jamur paling rendah 15 cm dari permukaan tanah.

3.10.3 Frekwensi pengaliran limbah

Tanaman kangkung air yang ada di dalam reaktor akan dialiri limbah cair industri pengalengan jamur PT. Margorejo sebanyak 2 (dua) kali.

3.10.4 Frekwensi pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan setiap 4 (empat) hari setelah penyiraman.

3.11 Percobaan Dalam Reaktor Tanaman

Media tanam yang digunakan adalah tanah, dan reaktor yang digunakan ada 9 buah reaktor dimana tiap reaktor nanti akan diberi perlakuan limbah yang sama. Reaktor di atas dibagi atas reaktor kontrol dan reaktor uji, dimana reaktor kontrol diberi ditanami tanaman kangkung air tanpa dialiri limbah dengan tinggi tanaman kangung air 24 cm, panjang akar 15 cm, panjang daun 8 cm, dan lebar daun 4,5 cm, dengan konsentrasi 0% sebanyak 1 buah reaktor, sedangkan untuk reaktor uji dibagi menjadi dua yaitu reaktor uji pertama diberi perlakuan limbah dengan konsentrasi 25 %, 50%, 75 % dan 100% dan ditanami tanaman kangkung sebanyak 4 buah reaktor sedangkan 4 reaktor uji yang non tanaman kangkung air diberi perlakuan limbah dengan konsentrasi yang sama dengan reaktor yang ditanami tanaman kangkung air. Pengaliran limbah secara *batch* dan sistem yang digunakan dalam *constructed wetland* adalah FWS.

3.12 Dimensi Reaktor

Reaktor yang digunakan dibuat dari bahan kayu dan dilapisi dengan plastik. Berikut adalah perhitungan untuk dimensi reaktor:

Direncanakan :

Volume = 75 L = 0.075 m^3

H air = 0.15 m

H substrat = 0.15 m

Maka:

$$A = \frac{Volume}{Hair} = \frac{0.075m^3}{0.15m} = 0.5m^2$$

A = b x h b = 2h

A = $2h^x$ h b = 2 x 0.5 m

A = $2h^2$ b = 1 m

0.5 m^2 = $2h^2$

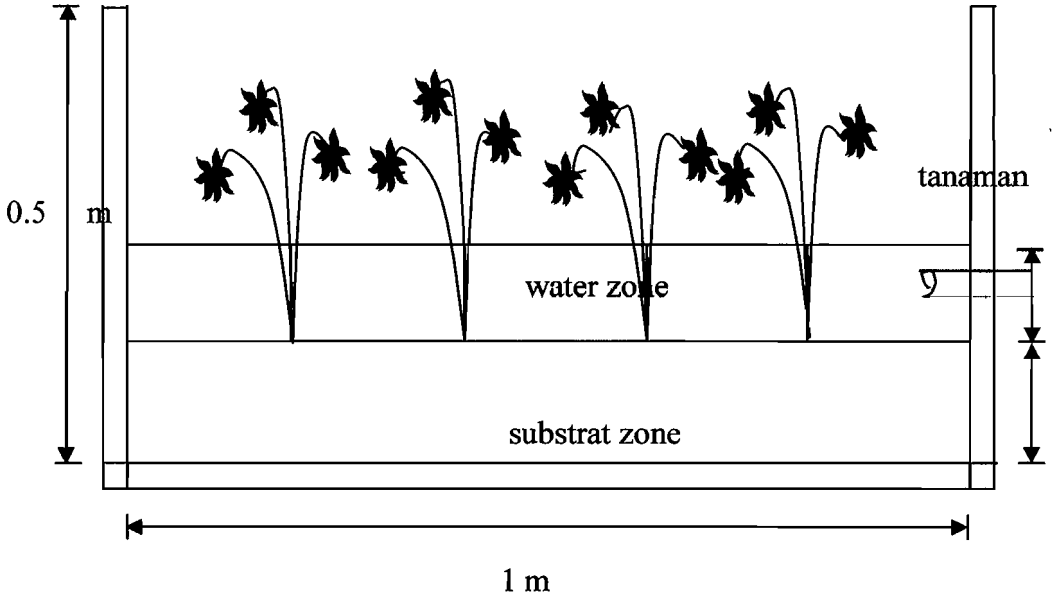
h^2 = 0.25

h = 0.5 m

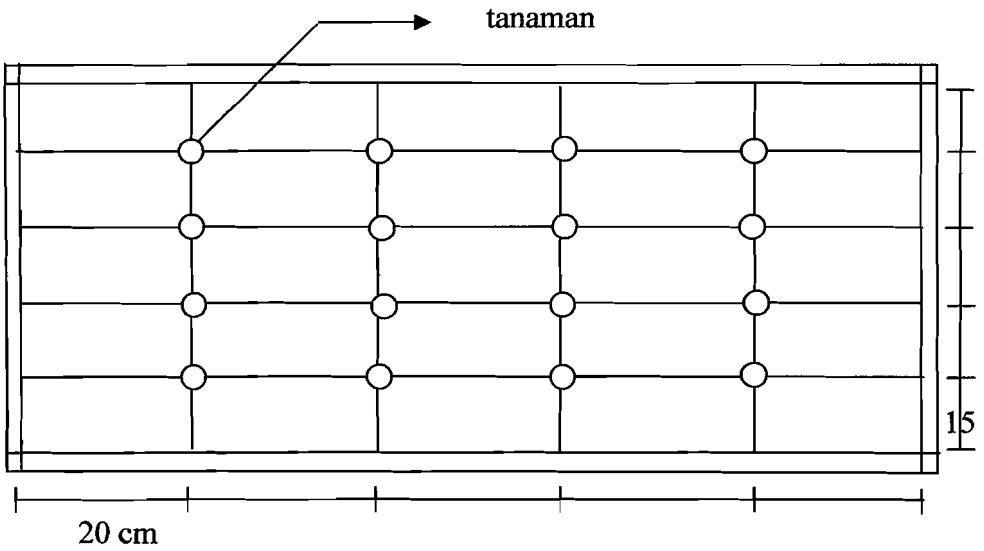
Maka untuk panjang reaktor adalah 1 m sedangkan lebar reaktor adalah 0.5m, dengan jarak penanaman tanaman kangkung air adalah 20 cm x 15 cm. Karena pengaliran menggunakan sistem bacth maka nilai Q = 0

Tabel 3.2 Persamaan reaktor awal

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Unit	Persamaan	Keterangan
Luas	A=(pxl)	P = 1 L = 0.5	m	$A = \frac{volume}{Hair}$	
Waktu detensi	Td	4 96	hari jam		



Gambar 3.2 Reaktor Tanaman Tampak Samping



Gambar 3.3 Reaktor Tanaman Tampak Atas

BAB IV

HASIL PENELITIAN

DAN PEMBAHASAN

Penelitian dimulai dengan melakukan penanaman tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) di dalam reaktor perlakuan dimana tanaman kangkung air tersebut akan diberi perlakuan limbah dari Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo.

Reaktor ditanami dengan kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) lengkap dengan tinggi tanaman 24 cm, panjang akar 15 cm, lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm. Tanaman kangkung air tersebut dibiarkan beradaptasi dengan lingkungannya selama 4 hari, dan terjadi pertumbuhan pada tanaman kangkung air tersebut sehingga tinggi tanaman menjadi 27 cm lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm. Penyiraman limbah dilakukan dengan konsentrasi limbah yang berbeda-beda yaitu konsentrasi limbah 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % dari total tinggi air 15 cm sebanding dengan 75 L.

Setelah waktu detensi 4 hari, sampel diambil dan diuji langsung. Data hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada daftar lampiran VII.

Pemanfaatan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pengolahan limbah cair industri pengalengan jamur dengan variasi konsentrasi limbah 25 %, 50, 75 % % dan 100 % dengan total volume 75 L menunjukkan

kemampuan yang berbeda-beda dalam menurunkan parameter BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan menaikkan parameter DO begitu juga dengan reaktor non tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Untuk mengetahui penurunan parameter yang diuji dapat digunakan rumus :

Efisiensi (%) = $\{(S_0 - S_1)/S_0\}$ x 100 %

Dimana: S_0 = Kadar pencemar sebelum perlakuan

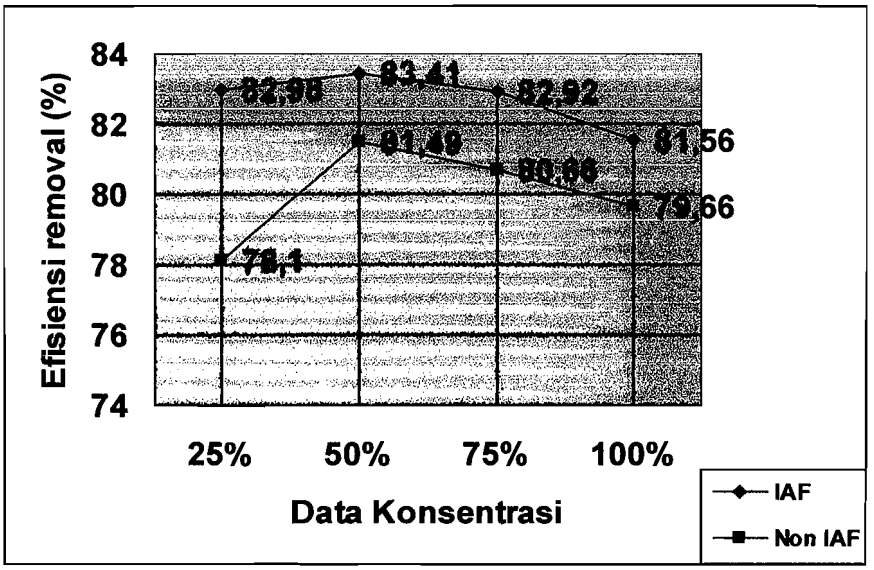
S_1 = Kadar pencemar sesudah perlakuan

Hasil perhitungannya dapat dilihat pada daftar lampiran.

4.1 Efisiensi Penurunan BOD_5

Data hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan efisiensi penurunan kualitas air limbah dengan adanya variasi konsentrasi dari limbah. Adanya variasi konsentrasi limbah diharapkan dapat diketahui efisiensi penurunan yang optimal pada bak perlakuan yang menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air dan mampu menurunkan kualitas limbah cair industri pengalengan jamur.

Variasi efisiensi penurunan masing-masing parameter limbah cair berdasarkan konsentrasi limbah dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 4.1 Efisiensi Rerata Penurunan Parameter BOD_5

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD_5 limbah cair industri pengalengan jamur dengan menggunakan 2 jenis variasi perlakuan yaitu menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), menunjukkan adanya penurunan konsentrasi yang cukup nyata terhadap waktu detensi limbah cair dalam reaktor.

Berdasarkan dari gambar 4.1 reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), dengan konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunan yang terjadi pada BOD_5 sebesar 82,98 % dengan konsentrasi awal (S_0) 22 mg/L menjadi 3,5 mg/L dengan waktu detensi 4 hari. Konsentrasi limbah 50 %, efisiensi penurunannya adalah 83,41 % dengan konsentrasi awal 43,5 mg/L menjadi 7,35 mg/L. Konsentrasi limbah 75 %, efisiensi penurunannya adalah 82,29 % dengan nilai konsentrasi awal 65 mg/L menjadi 10,55 mg/L dan

untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 81,56 mg/L dengan nilai konsentrasi awal 85 mg/L menjadi 15,7 mg/L.

Untuk limbah cair pada reaktor yang non tanaman kangkung air untuk konsentrasi limbah 25 %, efisiensi penurunan yang terjadi sebesar 78,10 mg/l dengan nilai konsentrasi awal 22mg/L menjadi 4,48 mg/L. Konsentrasi 50 %, efisiensi penurunannya adalah 81,49 % dengan nilai konsentrasi awal 43,5 mg/L menjadi 7,75 mg/L. Konsentrasi 75 % efisiensi penurunannya adalah 80,66 % dengan nilai konsentrasi awal 65 mg/L menjadi 13,13 mg/L. Konsentrasi 100 % efisiensi penurunannya adalah 79,11 % dengan konsentrasi awal 85 mg/L menjadi 19 mg/L.

Penurunan konsentrasi BOD_5 di dalam reaktor tersebut disebabkan oleh adanya suplai oksigen melalui proses fotosintesis tanaman, alga dan biofilm, proses difusi langsung ke badan air yang berada di dalam reaktor dan melalui reaerasi dari permukaan tanaman, serta dari translokasi oksigen menuju lapisan rhizosfer dan proses difusi langsung dari atmosfer yang berada di atas permukaan air. Reed et., al (1987) dan Merz, (2000) mengenai suplai oksigen di dalam *wetland.*

Oksigen tersebut dibutuhkan untuk mendekomposisi atau menguraikan secara aerobik bahan organik karbon yang terdapat dalam air limbah oleh mikroorganisme, sedangkan untuk reaktor yang tidak menggunakan tanaman kangkung air hanya terjadi pada proses difusi dan reaerasi permukaan air.

Pada waktu detensi 4 hari, konsentrasi BOD_5 pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air mengalami kenaikan dari konsentrasi limbah 25 % sebesar 3,5 mg/L ke konsentrasi limbah 100 % sebesar 15,7 mg/L, sedangkan untuk reaktor non tanaman kangkung air mengalami kenaikan dari konsentrasi limbah 25 % sebesar 3,5 mg/L ke konsentrasi limbah 100 % sebesar 19 mg/L. Hal ini disebabkan semakin pekatnya kadar limbah yang terdapat pada reaktor tersebut, juga dipengaruhi oleh adanya alga atau mikroorganisme lain yang terdapat dalam reaktor tersebut. Perbedaan penurunan yang terjadi pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan reaktor non tanaman kangkung air, efisiensi penurunan yang terjadi lebih besar pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Kenaikan kadar BOD_5 pada konsentrasi limbah 25 % dari 3,5mg/L menjadi 15,7 mg/L, kurangnya efisiensi penurunan yang terjadi pada reaktor non tanaman kangkung air disebabkan pertumbuhan alga dan mikroorganisme dalam reaktor tersebut, dan menurut Scott, 2004 bahwa alga dan *cyanobacteria* ada di dalam air tawar dan air asin secara alami. Karena tidak adanya vegetasi *wetland* sehingga alga dapat tumbuh dengan pesat pada reaktor. Alga dapat tumbuh apabila ada nutrien dan sinar matahari yang cukup untuk proses asimilasi alga (Reed. et. Al., 1987).

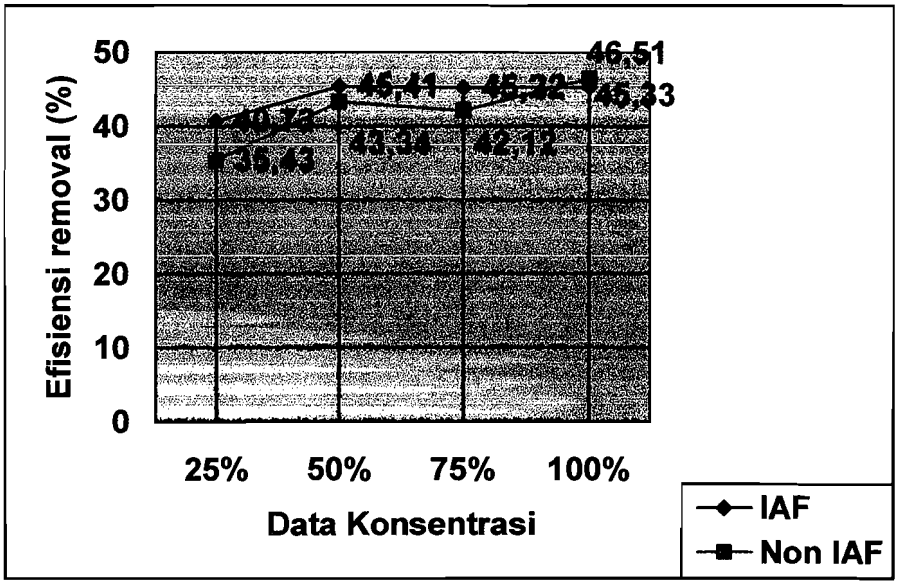
Penurunan penguraian limbah yang terjadi pada gambar 4. yang mulai terjadi pada konsentrasi 75 % bisa disebabkan karena kurangnya persediaan oksigen dalam air serta adanya pelarutan karbondioksida, maka proses penguraian zat organik menjadi terhambat. Proses dekomposisi bahan organik akan terjadi

dengan seimbang apabila jumlah bahan organik yang masuk sebanding dengan jumlah persediaan oksigen.

Suplai oksigen ke dalam kolam air *wetland* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfir 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. Di dalam FWS, kehilangan konsentrasi dari BOD_5 terlarut tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada akar, batang dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh kedalam *wetland.* Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetland,* maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah datang dari reaerasi pada permukaan air dan dari translokasi oksigen menuju *rhizosfer* (Reed. et al., 1987).

4.2 Efisiensi Penurunan COD

Penurunan kandungan COD dalam reaktor menurun seiring dengan semakin banyaknya kontak udara yang terjadi terhadap bahan organik yang terkandung dalam air limbah, sehingga dengan memperbanyak waktu pengaliran udara akan semakin banyak kandungan COD yang teroksidasi.



Gambar 4.2 Efisiensi Rerata Penurunan Parameter COD

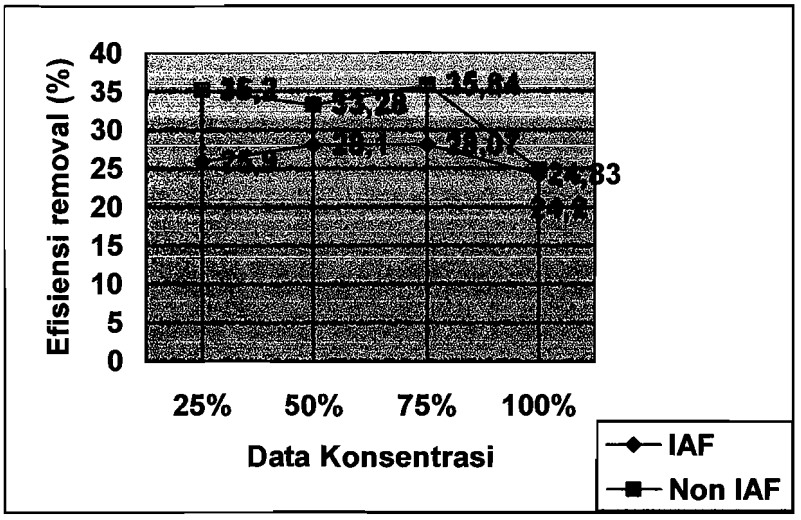
Berdasarkan hasil penelitian pada gambar 4.2 penurunan kadar COD pada konsentrasi limbah 25 % dengan efisiensi penurunannya adalah 40,74 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 45,41 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 45,22 %, dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 45,33 %. Penelitian pada reaktor yang non tanaman kangkung air efisiensi penurunan kadar COD lebih sedikit dibandingkan pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air, untuk konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunannya adalah 35,43 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 43,34 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 42,12 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 46, 51 %.

Perbedaan penurunan yang terjadi pada reaktor non tanaman kangkung air bisa disebabkan oleh kurangnya oksigen yang yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam mengolah limbah cair tersebut, dimana nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam (Benefield dan Randall, 1980).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya oksigen terlarut di dalam air.

4.3 Efisiensi Penurunan TSS

Padatan tersuspensi dapat dihilangkan dan diproduksi dalam proses alami *wetlands*. Proses utama untuk *removal* padatan tersuspensi adalah dengan proses flokulasi atau sedimentasi dan proses filtrasi atau interscpsi. Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invetebrata, batang tanaman yang jatuh, produksidari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfid (USEPA, 1999). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat didalam *wetlands* (Merz, 2000).



Gambar 4.3 Efisiensi Rerata Penurunan Parameter TSS

Constructed wetland sangat efektif untuk menurunkan konsentrasi TSS dalam air buangan, karena terjadi proses flokulasi, sedimentasi dan proses filtrasi, maupun intersepsi, tetapi pada penelitian ini efisiensi penurunan kadar TSS yang terjadi pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan pada reaktor non tanaman kangkung air tidak terlalu optimal, Hal ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah jarak penanaman tanamanan yang terlau jauh. Sehingga proses pembentukan flok-flok yang terjadi di dalam reaktor kurang sempurna, sehingga penurunan kadar TSS menjadi rendah dan kurangnya waktu detensi yang hanya 4 hari.

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 dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, E., 2002).

Berdasarkan gambar 4.3 pada reaktor non tanaman kangkung air konsentrasi limbah TSS 25 % efisiensi penurunannya adalah 25,90 % dari konsentrasi limbah awal 26,7 mg/L menjadi 18,9 mg/L. Pada konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 28,10 % dari konsentrasi limbah awal 56 mg/l menjadi 44,85 mg/L, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 28,07 % dari konsentrasi limbah awal 84 mg/L menjadi 53,75 mg/L dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 24,20% dari konsentrasi limbah awal 108 mg/L menjadi 82,6 mg/L. Penurunan kadar TSS pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air terjadi efisiensi penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan reaktor yang non tanaman kangkung air. Untuk konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunannya adalah 35,20 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 33,28 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 35,84 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 24,83 %.

Penurunan konsentrasi TSS merupakan proses alami yang terjadi di dalam *constructed wetland.* Proses yang paling berperan adalah proses fisika meliputi proses sedimentasi, agregasi dan intersepsi. Pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air bahan organik terlarut dimanfaatkan untuk proses asimilasi atau proses fotosintesis oleh tanaman dan penguraian oleh bakteri di dalam

reaktor, sehingga dengan berlangsungnya proses tersebut maka konsentrasi padatan tersuspensi menjadi berkurang.

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air buangan pada reaktor mengalami proses flokulasi, sehingga membentuk jonjot dengan diameter jonjot semakin besar dan berat, sehingga terpresipitasi membentuk lapisan sedimen pada lapisan dasar rektor. Padatan atau partikel di dalam *wetland* mempunyai kecenderungan untuk mengalami proses flokulasi (Merz,2000).

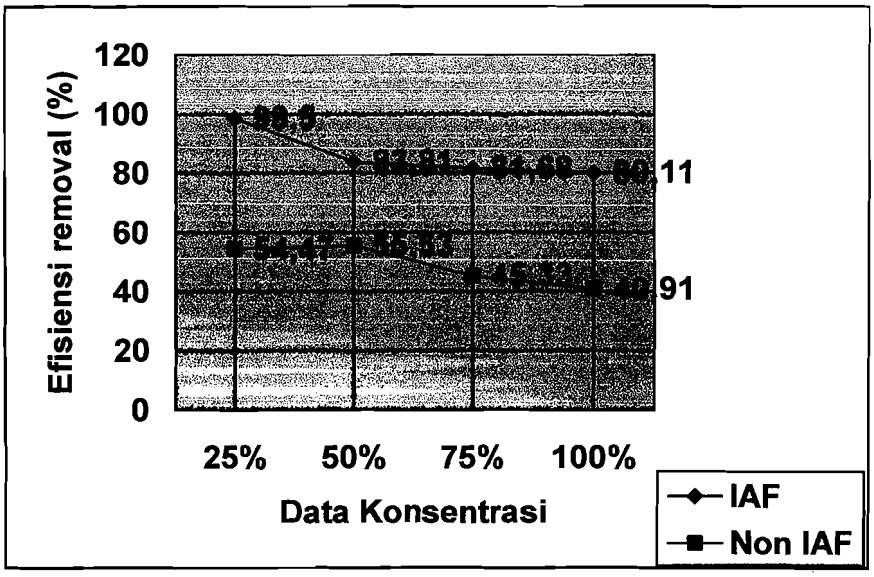
Penurunan konsentrasi limbah lebih besar terjadi pada reaktor non tanaman kangkung, hal ini discbabkan oleh berbagai faktor diantaranya oleh formasi alga yang ada pada reaktor, kurangnya waktu detensi yang hanya 4 hari dan jauhnya jarak penanaman kangkung air pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air.Di dalam reaktor terdapat bahan organik dari air buangan dan sinar matahari yang masuk tanpa terhalangi oleh tanaman, memberikan energi dan nutrien yang cukup untuk pertumbuhan alga dan bakteri dengan pesat. Pertumbuhan alga dan *cyanobakteria* yang pesat terjadi karena terpenuhinya kebutuhan dalam pertumbuhan yaitu adanya sinar matahari, nutrien dan oksigen, dengan pertumbuhan paling tinggi pada saat keadaan temperatur tinggi dan hangat (Jack and Lamar, 1999). Hal ini dikemukakan juga dalam kywater. Org., bahwa TSS dalam air terdiri dari bahan organik seperti alga, zooplankton, bakteri dan pengurai dan bahan anorganik seperti *silt, clay* dan lain-lain.

Padatan yang terdapat dalam air limbah pada reaktor non tanaman kangkung air ada yang langsung mengendap karena proses sedimentasi,

sedangkan untuk padatan halus menempel pada lapisan biofilm yang terdapat pada alga dan membentuk gumpalan besar dan berat kemudian mengendap, sedangkan penurunan TSS pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air kurang, disebabkan oleh jarak tanaman kangkung air yang terlalu jauh dan adanya daun-daun kangkung air yang layu dan jatuh ke dalam reaktor sehingga tempat untuk vegetasi alga tumbuh tidak ada, dan partikel-partikel halus hanya menempel pada lapisan biofilm yang ada pada akar halus, batang tanaman kangkung air dan daun yang jatuh.

4.4 Efisiensi Penurunan Fe

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi Fe limbah cair industri pengalengan jamur dengan menggunakan 2 jenis variasi perlakuan yaitu menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), menunjukkan adanya penurunan konsentrasi yang cukup nyata terhadap waktu detensi limbah cair dalam reaktor.



Gambar 4.4 Efisiensi Rerata Penurunan Parameter Fe

Hasil penelitian meunjukkan bahwa penurunan konsentrasi Fe pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air lebih besar dibandingkan dengan penurunan konsentrasi yang terjadi pada reaktor yang non tanaman kangkung air.

Berdasarkan gambar 4.4 menunjukkan bahwa reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air, efisiensi penurunan yang terjadi pada konsentrasi limbah 25 % dengan efisiensi penurunannya adalah 98,50 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 83,81 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 81,68 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunannya adalah 80, 11 %. Reaktor yang non tanaman kangkung air, pada konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunanya adalah 54, 47 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunannya adalah 55,53 %, untuk

konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunannya adalah 45,33 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunanmya adalah 40,91 %.

Perbedaan penurunan pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan yang non tanaman kangkung air dipengaruhi oleh aktivitas tanaman kangkung air itu sendiri dan faktor mikroorganisme. Penurunan kadar Fe oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dimulai dengan aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland.* Proses pengolahan dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengelurkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, E., 2002).

Mekanisme penurunan kadar besi (Fe) oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terjadi karena proses penyerapan air dan unsur hara yang lain oleh akar. Hasil penguraian besi (Fe) yang telah berbentuk ion Fe^{2+} kemudian diserap oleh bulu-bulu akar melalui proses difusi yaitu berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Makin masuk kedalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, hal ini berarti makin masuk kedalam akar, defisit tekanan difusinya makin besar. Kemudian melalui *xylem* menuju ke daun, di daun Fe^{2+} digunakan oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen melalui batang dan akar.

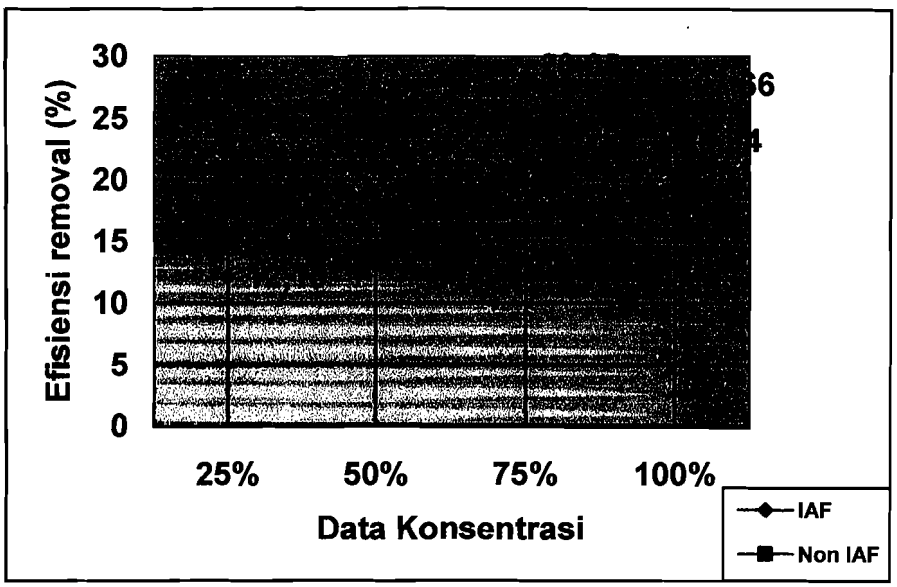
Oksigen yang dihasilkan digunakan oleh miroorganisme *rhizofera* untuk kembali mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan unsur hara berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme *rhizofera* dengan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Melalui siklus simbiosis ini akan terjadi pengurangan kadar bahan-bahan yang berdampak terhadap penurunan bahan pencemar dalam sumber air limbah.

Untuk dapat hidup tumbuh-tumbuhan memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi umumnya unsur hara diambil oleh tumbuhan dalam bentuk ion-ion molekul akar dari dalam tanah. Makin panjang akar, akan makin tersedia unsur hara bagi tanaman, demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan pertambahan volume percabangan akar, akan meningkatkan penyerapan unsur hara dari dalam tanah. Unsur essensial adalah unsur yang sangat diperlukan, sehingga ketidakhadiran unsur ini, menyebabkan tanaman tidak melakukan siklus hidup yang lengkap. Penemuan elemen atau unsur yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk melakukan fotosintesis. Unsur-unsur kimia di alam umumnya dibagi menjadi dua kelompok, berdasarkan atas jumlah yang dibutuhkan tanaman, yaitu : Dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil biasanya kurang dari 50 ppm dalam tanaman, contoh : besi (Fe), boron (Bo), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molybdenum (Mo), kobalt (Co), khlor (Cl), empat dari unsur mikro sebagai kation dan tiga sebagai anion (Ray, 1979).

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk*) dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan karena Fe termasuk dalam elemen mikro, yaitu unsur-unsur hara yang diperlukan dalam jumlah yang cukup besar (Dwijoseputro, 1986).

4.5 Efisiensi Penurunan Mg

Efisiensi penurunan Mg yang kecil bisa disebabkan oleh Komposisi hara mineral dalam tubuh tanaman tidak dapat digunakan secara langsung untuk menentukan apakah hara-hara tersebut merupakan hara esensial bagi pertumbuhan tanaman (Hartman *et al.*,1981).



Gambar 8. Efisiensi Rerata Penurunan Parameter Mg

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar Mg pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan pada reaktor non tanaman kangkung air hampir tidak jauh berbeda. Pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air, untuk konsentrasi limbah 25 % efisiensi penurunan yang terjadi sebesar 12,15 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunan sebesar 17,10 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunan sebesar 27,58 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunan sebesar 27,66 %. Pada reaktor yang non tanaman kangkung air, 25 % efisiensi penurunan yang terjadi sebesar 15,05 %, untuk konsentrasi limbah 50 % efisiensi penurunan sebesar 14,12 %, untuk konsentrasi limbah 75 % efisiensi penurunan sebesar 28,05 % dan untuk konsentrasi limbah 100 % efisiensi penurunan sebesar 26,94 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kangkung air berpengaruh pada penurunan Mg tetapi dengan efisiensi penurunan yang kecil.

Hara mineral yang dibutuhkan oleh tanaman dikelompokkan sebagai hara esensial paling tidak harus memenuhi 3 kriteria (Epstein, 1972), yaitu : 1) tanpa kehadiran hara tersebut maka tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidupnya, 2) fungsi hara tersebut tidak dapat digantikan oleh hara yang lain, dan 3) hara tersebut secara langsung terlibat dalam metabolisme tanaman yaitu sebagai komponen yang dibutuhkan dalam reaksi-reaksi enzimatis. Dengan demikian, sangatlah sulit untuk meng-generalisir apakah suatu hara mineral tertentu termasuk esensial atau non esensial, karena hara mineral yang satu bisa bersifat

esensial bagi tanaman tertentu tetapi sebaliknya tidak esensial bagi jenis tanaman yang lain.

Untuk tanaman tingkat tinggi terdapat 13 jenis hara esensial yang terdiri atas kelompok hara makro (N, P, K, S, Mg dan Ca) den kelompok hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo dan Cl) (Janick *et al*, 1974; Hartman *et al.,* 1981; Baligar dan Duncan, 1990). Selanjutnya Brown *et al.* (1987 *dalam* Salisbury dan Ross,1992) menyajikan daftar unsur hara esensial dan konsentrasinya dalam jaringan yang diperlukan agar tumbuhan dapat tumbuh dengan baik (Tabel 1). Disebutkan bahwa nilai konsentrasi tesebut menjadi pedoman yang berguna bagi para ahli fisiologi, pengelola kebun dan petani, karena konsentrasi unsur-unsur dalam jaringan (terutama dalam daun terpilih) lebih dapat dipercaya dari analisis tanah untuk menunjukkan apakah tanaman akan tumbuh lebih baik dan/atau lebih cepat jika unsur tertentu diberikan lebih banyak.

Perbedaan yang terjadi pada efisiensi penurunan pada Mg, pada konsentrasi limbah 25 % naik sedangkan pada konsentrasi limbah 50 % turun dan begitu juga yang terjadi pada konsentrasi limbah 50 % dan 100 %. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan tanaman (dinyatakan dalam bahan kering) dalam hubungannya dengan persediaan hara mineral dapat digambarkan dalam bentuk kurve respon pertumbuhan (Gambar 2.3). Dalam gambar tersebut dapat dilihat hara mineral dalam hubungannya dengan pertumbuhan dikelompokkan menjadi 3 daerah. Pertama; zone kahat/defisien (*deficient range*) yaitu laju pertumbuhan meningkat dengan meningkatnya persediaan hara, kedua; zone cukup (adequate

range) yaitu laju pertumbuhan telah mencapai maksimum dan pada keadaan itu tidak dipengaruhi oleh persediaan hara tanah, dan ketiga; zone toksik (*toxic range*) yaitu laju pertumbuhan menurun dengan meningkatnya persediaan hara (Marschner, 1986).

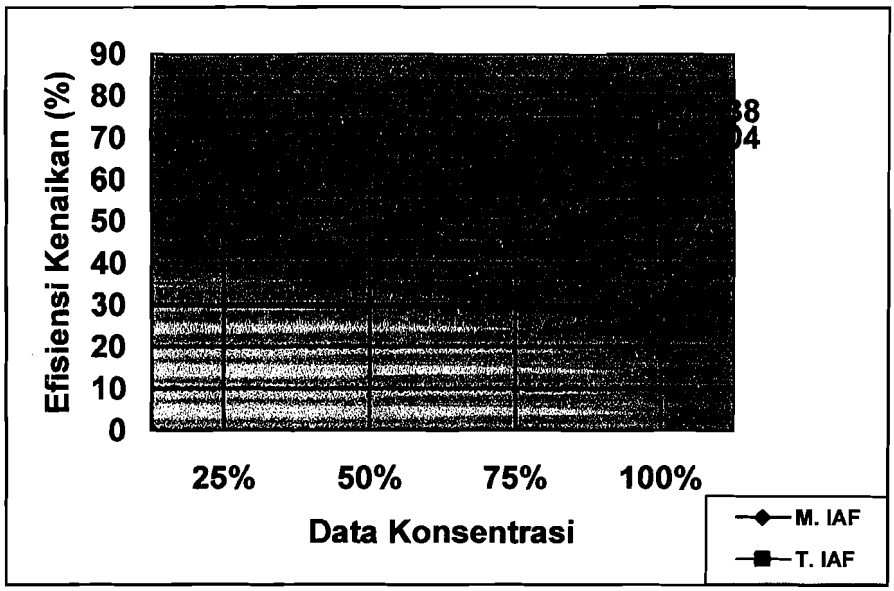
Dalam produksi tanaman, suplai hara optimal biasanya dilakukan melalui pemupukan. Aplikasi pemberian pupuk yang rasional membutuhkan informasi jumlah hara yang tersedia dalam tanah serta status nutrisi pada jaringan tanaman. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah disamping dengan melakukan analisis kandungan hara tanah tersedia juga dengan analisis status hara tanaman. Analisis status hara tanaman dapat dilakukan berdasarkan diagnosis gejala visual dan/atau analisis tanaman sebagai dasar untuk rekomendasi apakah diperlukan pemupukan atau tidak, pupuk jenis apa yang diperlukan dan berapa jumlahnya (Grundon, 1987; Baligar dan Duncan, 1990).

Gambar 2.4 memperlihatkan gambaran ideal laju pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi suatu unsur dalam tumbuhan. Pada rentang konsentrasi rendah yang dinamakan daerah kahat, pertumbuhan naik sangat tajam bila unsur diberikan lebih banyak dan konsentrasinya dalam tumbuhan meningkat. Di atas konsentrasi kritis (konsentrasi jaringan minimum yang menghasilkan pertumbuhan hampir maksimum, sekitar 90%), kenaikan konsentrasi akibat pemupukan tidak banyak berpengaruh pada pertumbuhan (daerah berkecukupan). Daerah berkecukupan menunjukkan adanya pemakai-an unsur secara berlebihan, akibat adanya penimbunan di vacuola. Daerah tersebut cukup lebar untuk hara

makro, tetapi lebih sempit untuk hara mikro. Kenaikan lebih lanjut dari unsur itu akan menyebabkan keracunan dan pertumbuhan yang menurun (daerah beracun) (Epstein 1972; Baligar dan Duncan, 1990).

4.6 Efisiensi Kenaikan DO

Ujicoba oksigen terlarut sangat penting untuk menjamin keadaan aerobik perairan yang menampung limbah. Dalam pengendalian pencemaran air, ikan, tetumbuhan dan binatang lain perlu berkembang biak. Hal ini perlu pemeliharaan oksigen terlarut yang dapat menunjang tata kehidupan di dalam air dengan keadaan yang sehat.



Gambar 4.6 Efisiensi Rerata Kenaikan Parameter DO

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efisiensi DO yang terjadi pada mengalami kenaikan , hal ini menandakan bahwa kadar DO yang terkandung di dalam reaktor yang mengandung limbah tersebut menurun dan hal ini terjadi pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air maupun pada reaktor yang tidak menggunakan tanaman kangkung air. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6.

Oksigen terlarut adalah oksigen yang terdapat dalam air (dalam bentuk molekul oksigen, bukan dalam bentuk molekul hidrogen oksida) dan biasanya dinyatakan dalam mg/L (ppm).

Penurunan yang terjadi pada rektor dapat disebabkan oleh bakteri. Dalam air kotor selalu terdapat bakteri baik bakteri aerob maupun anaerob. Bakteri aerob akan menguraikan zat organik dalam air menjadi persenyawaan yang sederhana. Selama air mengandung bebas cukup banyak, maka yang bekerja atau tumbuh berkembang adalah bakteri aerob. Bakteri aerob akan merubah persenyawaan organik menjadi persenyawaan yang tidak berbahaya (yang dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi persenyawaan nitrat, belerang dirubah menjadi persenyawaan sulfat. Bila oksigen bebas dalam air tersebut habis atau berkurang, maka yang bekerja atau tumbuh dan berkembang adalah bakteri anaerob. Bakteri anaerob ini merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan yang sederhana (tidak dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi amoniak, belerang dirubah menjadi hidrogen sulfida, yang keduanya berbentuk gas dan berbau. Sehingga bila limbah terlalu banyak

mengandung kotoran, pasti akan mengeluarkan bau yang tidak enak karena kehabisan oksigen bebas sehingga mengeluarkan gas-gas yang berbau.

Oksigen larut dalam air dan tidak bereaksi dengan air secara kimiawi. Pada tekanan tertentu, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu. Faktor lain yang mempengaruhi kelarutan oksigen adalah olakan air dan luas permukaan air yang terbuka bagi atmosfer (Mahida, 1984).

Efisiensi penurunan DO pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air yang terjadi pada konsentrasi limbah 25 % sebesar 68,84 % sedangkan pada reaktor non tanaman kangkung air efisiensi penurunan sebesar 64,04 %.

Penurunan efisiensi yang terjadi baik pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan non tanaman kangkung air dari konsentrai limbah 50 % kekonsentrasi 75 % semakin kecil disebabkan oleh karena terbatasnya kelarutan oksigen dalam air, maka kemampuan air untuk membersihkan dirinya juga terbatas, sehingga diperlukan pengolahan air limbah untuk mengurangi bahan-bahan penyebab pencemaran, dan kenaikan efisiensi terjadi lagi pada konsentrasi limbah 100 % Oksidasi biologis meningkat bersama meningkatnya suhu perairan, sehingga kebutuhan oksigen terlarut juga meningkat. Keadaan demikian sangat membahayakan, karena pada suhu tinggi kelarutan oksigen dalam air menurun, sedangkan kebutuhan oksigen meningkat, sehingga dalam air dapat kekurangan oksigen. Berkurangnya oksigen dalam air sangat berpengaruh pada tata kehidupan air. Keadaan suhu tinggi ini terjadi terutama pada musim panas (Mahida, 1984).

4.7 Efisiensi Penurunan Optimal Parameter

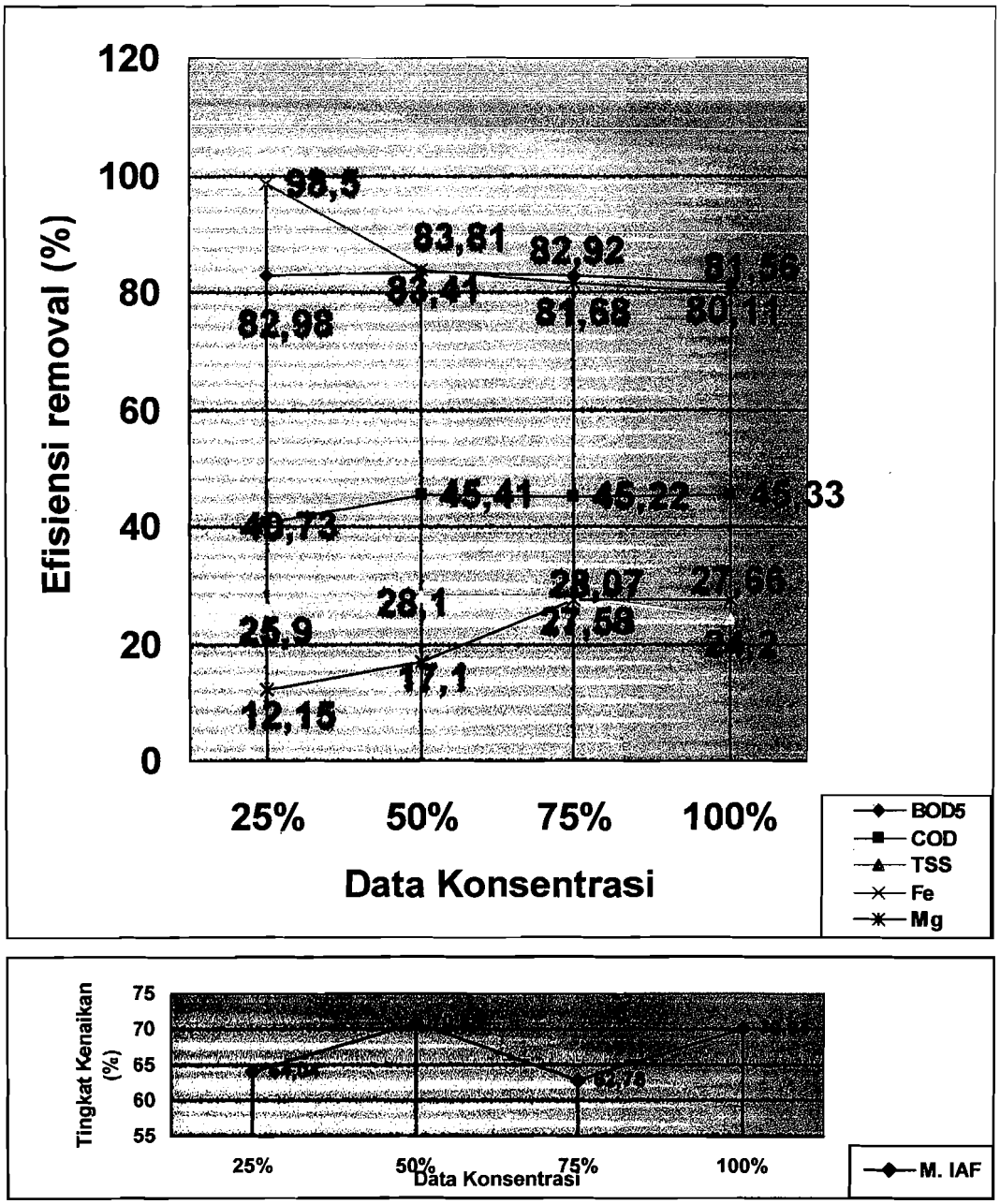
4.7.1 Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Data hasil pengujian input dan output semua parameter yang menggunakan tanaman kangkung air dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian I Menggunakan Tanaman kangkung Air

Parameter	Satuan	Konsentrasi							
		25 %		50 %		75 %		100 %	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BOD_5	Mg/L	22	3.5	43,5	7,35	65	10,55	85	15,7
COD	Mg/L	43,2	26,57	89	45,07	135	71,65	180	97,518
TSS	Mg/L	26,7	18,9	56	44,85	84	53,75	108	82,6
Fe	Mg/L	0,485	0,013	1,195	0,21	1,663	0,298	2,35	0,496
Mg	Mg/L	3,65	3,18	6,6	5,57	9,84	7,065	213,6	10,15
DO	Mg/L	1,00	1,79	1,35	2,49	2,3	3,615,7	2,8	4,7

Dari hasil tabel di atas dapat diketahui besarnya efisiensi penurunan optimal yang terjadi pada konsentrasi limbah pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air, yang diplotkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.7.1 Efisiensi optimal Parameter Yang menggunakan Tanaman kangkung Air

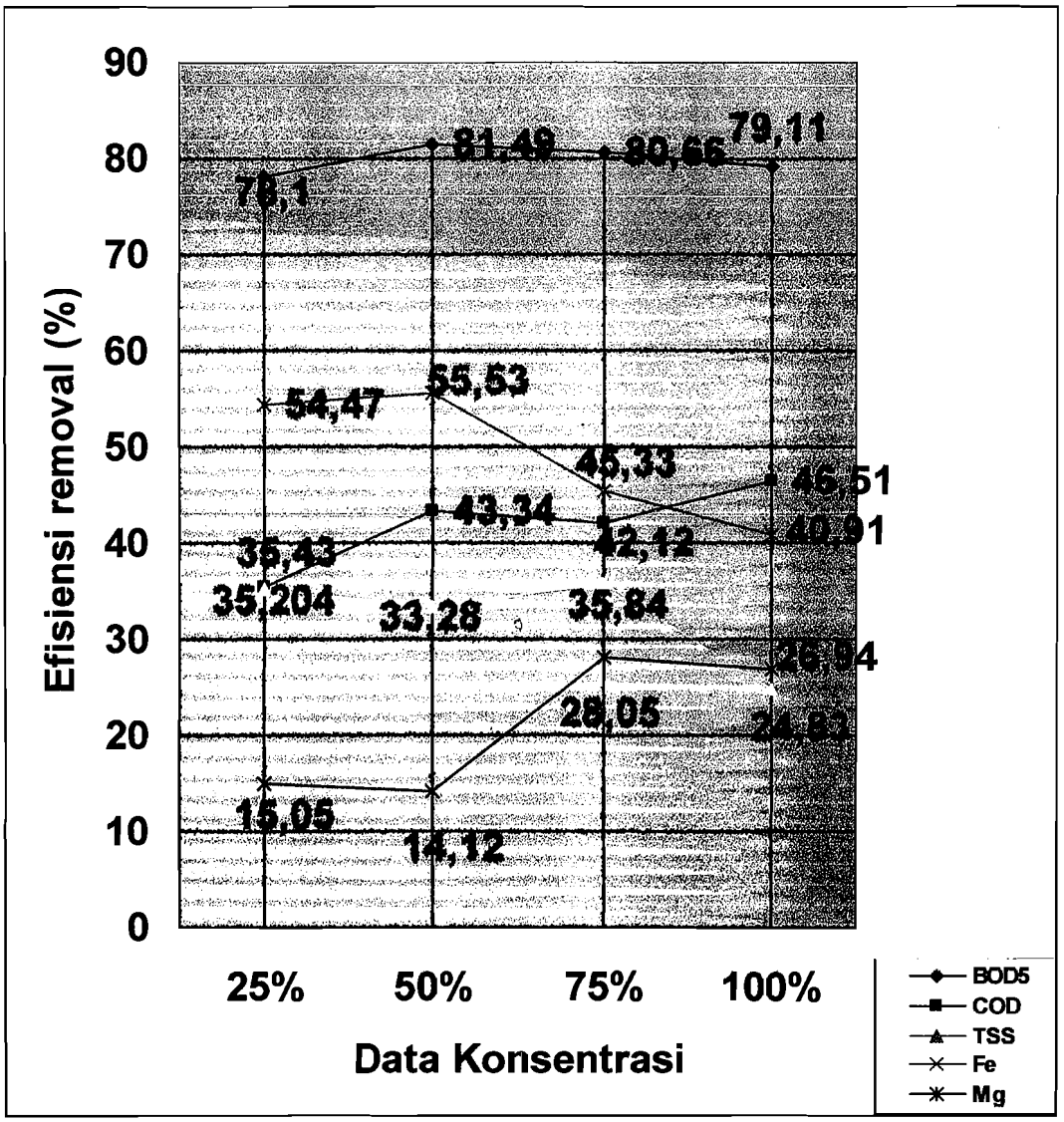
4.7.2 Non Tanaman Kangkung Air

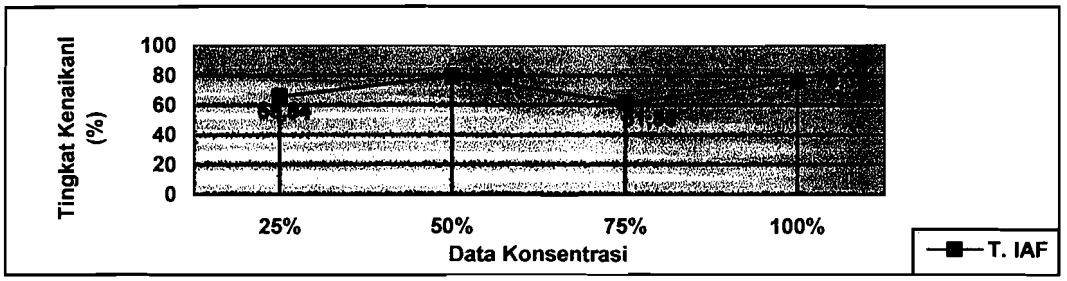
Data hasil pengujian input dan output semua parameter yang menggunakan tanaman kangkung air dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4.24,48 Data Hasil Pengujian NonTanaman kangkung Air

Parameter	Satuan	Konsentrasi							
		25 %		50 %		75 %		100 %	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BOD_5	Mg/L	22	4,48	43,5	7,75	65	13,135	85	19
COD	Mg/L	43,2	27,6	89	49,75	135	77,6	180	94,5
TSS	Mg/L	26,7	16,9	56	35,8	84	52,75	108	77,5
Fe	Mg/L	0,485	0.225	1,195	0,517	1,663	0,951	2,35	1,389
Mg	Mg/L	3,65	3,39	6,6	5,35	9,84	6,75	213,6	10,35
DO	Mg/L	1,00	1,69	1,35	2,35	2,3	3,53	2,8	4,85

Dari hasil tabel di atas dapat diketahui besarnya efisiensi penurunan optimal yang terjadi pada konsentrasi limbah pada reaktor non tanaman kangkung air, yang diplotkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :





Gambar 4.7.2 Efiiensi optimal Parameter Non Tanaman Kangkung Air

Efisiensi penurunan optimal pada parameter BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan efisiensi kenaikan optimal parameter DO pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air terjadi pada konsentrasi limbah 50 % (gambar 4.7.1), begitu juga yang terjadi pada reaktor yang non tanaman kangkung air, efisiensi penurunan optimal pada parameter BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan efisiensi kenaikan optimal parameter DO terjadi pada konsentrasi 50 % (gambar 4.7.2).

4.8 Dampak Pengaliran Limbah Terhadap Fisisologi IAF

Seperti halnya tumbuhan aquatik lain, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) mempunyai struktur yang spesifik baik akar, batang, maupun daunnya. Adapun sifat yang cepat berkembang dan bertolenransi terhadap lingkungan, menyebabkan kangkung air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Adanya pengaliran limbah dari industri pengalengan jamur tidak berdampak pada fisiologi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) hal ini diketahui dengan pengamatan terhadap tanaman kangkung air tersebut selama diberi perlakuan limbah cair jamur.

Tanaman kangkung air pada awal penanaman pada reaktor mempunyai tinggi 24 cm, panjang akar 15 cm, lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm. Sebelum tanaman kangkung air diberi perlakuan limbah tanaman kangkung air tersebuat dibiarkan beradaptasi terlebih dahulu dengan lingkungannya selama 4

hari, sehingga didapat tinggi tanaman kangkung air sesudahnya adalah 27 cm, lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm.

Tinggi tanaman kangkung air tidak berpengaruh terhadap penyiraman limbah jamur, dapat dilihat di bawah ini :

1. 1 hari setelah penyiraman limbah : Tinggi tanaman kangkung air 29 cm, lebar daun 4,5 cm dan panjang daun 8 cm.
2. 2 hari setelah penyiraman limbah : Tinggi tanaman kangkung air 31,6 cm, lebar daun 4,54 cm dan panjang daun 8 cm.
3. 3 hari setelah penyiraman limbah : Tinggi tanaman kangkung air 33 cm, lebar daun 4,6 cm dan panjang daun 8 cm.
4. 4 hari setelah penyiraman limbah : Tinggi tanaman kangkung air 36 cm, lebar daun 4,6 cm dan panjang daun 8 cm.

Pertumbuhan tanaman kangkung air sangat cepat hal ini terjadi dengan proses pengambilan air dan mineral terutama dilakukan oleh akar muda. Air yang diserap oleh ujung akar dan melalui meristem ujung adalah sangat sedikit. Di daerah yang terdapat rambut-rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama ion-ion secara selektif diangkut dan dihimpun oleh akar, sel-sel ujung akar yang tidak terdiferensiasi dan tidak bervokula, tidak menghimpun ion-ion tersebut masuk dan keluar dari sel-sel secara pasif, sel-sel bervokula dan terdiferensiasi yang besar dalam menimbun mineral.

Daun dan batang yang tenggelam dalam air mempunyai penyebaran kloroplas yang meningkat dengan kutikula yang tereduksi. Absorbsi gas juga

dipermudah karena dinding tipis epidermis dan jaringan disebelah dalamnya. Kutikula biasanya tidak ada pada organ yang tenggelam (Fahn, 1991).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

a. Efisiensi penurunan yang optimal pada parameter BOD_5, COD, TSS, Fe, Mg dan Efisiensi kenaikan optimal untuk parameter DO baik yang menggunakan tanaman kangkung air maupun non tanaman kangkung air terjadi pada konsentrasi limbah 50 %.

b. *Constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat menurunkan kualitas BOD_5, COD, TSS , Fe, Mg dan DO.

c. Pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air besarnya efisiensi penurunan optimal pada BOD_5 sebesar 83,41 %, COD sebesar 45,41 %, TSS sebesar 28,10 %, Mg sebesar 17,10 %, Fe sebesar 83,81 % dan efisiensi kenaikan optimal DO sebesar 70,88 %.

d. Pada reaktor non menggunakan tanaman kangkung air Besarnya efisiensi penurunan pada BOD_5 sebesar 81,49 %, COD sebesar 43,34 %, TSS sebesar 33,28 %, Mg sebesar 14,12 %, Fe sebesar 55,53 % dan efisiensi kenaikan optimal DO sebesar 79,27 %.

e. Pengaliran limbah dalam reaktor tidak menimbulkan dampak terhadap tanaman kangkung air.

5.2 Saran

a. Untuk industri pengalengan jamur PT. Margorejo dapat menggunakan sistem *Constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman kangkung air dalam penurunan kadar limbahnya.

b. Bagi peneliti selanjutnya

Bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan penelitian sejenis guna memperkaya ilmu lingkungan khususnya sistem *Constructed wetland*, maka diharapkan untuk memperhatikan hala-hal sebagai berikut:

1) Penelitian dikembangkan dari segi pengaliran limbah secara kontinue dan dalam reaktor yang lebih besar dengan jumlah biomassa yang besar pula.
2) Dilakukan variasi pada tanaman sehingga diperoleh penurunan kadar limbah yang diinginkan.
3) Memperhatikan jarak penanaman tanaman pada *constructed wetland* sehingga didapatkan hasil yang sesuai.
4) pH limbah maupun pH media tanam sebaiknya dijaga keasamannya untuk mendapatkan hasil efisiensi penurunan yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts. G, dan S. Santika, 1987, "*Metodologi Penelitian Air*", Usaha Nasional, Surabaya.

Baligar, V. C. and R. R. Duncan. 1990. "*Crops as Enhancers of Nutrient Us*"*e*. Academic Press, Inc. Toronto.

Benefield, L. D., and Randall C. W, 1980, " *Biological Process Design for Wastewater Treatment*", Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New York.

Chris C. Tanner and Vivian C. Kloosterman, June 1997, "*Guidelines for Constructed Wetland treatment of Farm dairy Wastewater In New Zealand*", NIWA Science and Technology Serier No. 48.

Crites, R. W, and G. Tchobanoglous, 1998, *"Small and Decentralized Wastewater Management System"*, Mc Graw Hill, New York.

Dwijosaputro, D., 1986," *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*", PT. Gramedia, Jakarta.

Epstein, E. 1972. "*Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*", John Wiley and Sons, Inc. Toronto. 412p

Grambel, R.P., 1994, *"Trace and Toxic Metals in wetland – A Review"*. Journal of Enviromental Quality. Vol. 23 pp. 883-891.

Grundon, N. J. 1987. *"Hungry Crops: A Guide to Nutrient Deficiencies in Field Crops"*, Department of Primary Industries, Queensland Government. Information Series Q187002. 242p.

Hartmann, H. T., W. J. Flocker and A. M. Kofranek. 1981. *"Plant Science"*, Prentice Hall, Inc. New Jersey. p.206-215.

Heyne, K., 1987, *"Tumbuhan Berguna Indonesia III Cetakan Kesatu Badan Penelitian dan Pengembangan Hutan"*, Departement Kehutanan. PP-1662.

Holden, W. S., 1970, *"Water Treatment and Examination"*, J and A. Churchill, London.

Jack M. Whetstone, and D. Lamar Robinette, 1999,*"Algae Problem in Water Gardens"*, Clemson University, in www. Hgic.clemson.edu

Janick, J., R. W. Schery, F. W. Woods and V. W. Ruttan. 1974. *"Plant Science"*, An Introduction to World Crops. Second Edition. W. H. Freeman and Company, San Francisco. p.305-331.

Kywater.org, *"Total Suspended Solid and water Quality"*, kywater.org/ww/TSS

Mahida, U.N., 1984, *"Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri"*, CV Rajawali, Jakarta.

Magdalena, L., 1997. " *Penyerapan Logam Timbal Oleh Tanah dan Tanaman Typha latifolia"*, Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan. ITB Bandung.

Marschner, H. 1986. *"Mineral Nutrition in Higher Plants"*, Academic Press Inc, London Ltd. 674p.

Merz, S. K., September 2000, "*Using Free Water Surface Constructed Wetland To Treat Municipal Sewage*", Departement Of Natural Resources.

Metcalf & Eddy, 1991, "*Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*", Third Edition, McGraw-Hill, new york.

Myers, N., 1985, " *Population, Environment and Conflict, Paper for UNFPA Conference On Population*", Development and Peace, London.

Novotny, V., And H. Olem, 1994, *"Water Quality: Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution"*. In Lee, E. R.: 1999, Se – Wet: *"A Wetland Simulation Model Top To Optimatize NPS Pollution Control"*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blackburg.

Reed, S. C dan Brown, D. S., 1992, " *Cosntructed Wetland Design-The First Generation*", Water Environmental Control.

Reed, S. C., E. J. Middlebrooks, and R. W. Crites., 1987 *"Natural System for Waste Management and Treatment"*, Mc Graw Hill Book Co., New York.

Reed, S. C. Crites, R. W dan Middlebrooks, EJ., 1995, *"Natural Systems for Waste Management and Treatment"*, Mc Graw Hill, New York.

Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. "*Plant Physiology*", 4th Edition. Terjemahan : Diah R. Lukman dan Sumaryono. *"Fisiologi Tumbuhan"*, Jilid I. Penerbit ITB Bandung. 241 hal.

Sawyer, Clain n, and Perry L. Mc Carty, 1994, "*Chemistry For Environmental Engineering*". 3rd edition. Mc Graw- Hill Book Company, New York.

Siswoyo, E. 2002, "*Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan*".PPLH-UII, Yogyakarta

Sugiharto, 1987, "*Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*", Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Suriawiria, U., 1993, "*Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis*", Penerbit ALUMNI Bandung.

Tchobanoglous, G., 1980, " *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*", Mc Graw Hill Book Company, New York.

U.S. Enviromental Protection Agency Office Of Research and development, September 1988, "*Constructed Wetland and Aquatic Plant System for Municipal Wastewater Treatment*", Center for Enviromental Research Information, Cincinnati.

U. S. EPA, 1999, "*Proses Desaign Manualfor Sludge Treatment and Disposal*", EPA.

Wood, J. A., 1993,"*hazardous Pollutants In class II Landfills*", J. air Pollut. Control Associaton.

Lampiran

LAMPIRAN I

ANALISA

BOD_5

1. Pemeriksaan BOD_5

1.1 Alat Yang Digunakan

1. Botol oksigen, Erlenmeyer 500 ml
2. Matt pipet, pipet tetes
3. Gelas ukur 250 ml, gelas kimia 1 L
4. Buret dan statif

1.2 Bahan Yang Digunakan

1. H_2SO_4 pekat, amylum
2. Asam oxsalat 0,1 N
3. Kalium permanganat 0,1 N
4. Pereaksi oksigen, MnO_2
5. Na-thio sulfat 1/40 N
6. Air pengencer

1.3 Cara Kerja

1. Mengambil sampel limbah dengan menggunakan botol oksigen 2 buah.
2. Pada satu buah botol oksigen, sampel dilakukan pengikatan oksigen terlarut di tempat dengan cara menambahkan 0,7 ml H_2SO_4 pekat, $KMnO_4$ 0,1 N tetes demi tetes hingga terjadi warna rose stabil. Asam oksalat 0,1 N tetes demi tetes hingga warna rose hilang, 2 ml MnO_4 dan tambahkan pereaksi oksigen 3 ml.

3. Sampel yang telah diikat oksigennya ditetesi dengan asam sulfat hingga larut endapannya.
4. Diambil (200-x) ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer untuk dititrasi dengan Na-thio sulfat 1/40 N hingga warna kuning, besarnya volume x:

$$x = \frac{200[(v)-1]}{v-p}$$

(Alaetrs G, 1987)

Dimana v : volume botol oksigen

p : volume penambahan reagent kecuali asam sulfat

5. Menambahkan amylum 1-2 ml hingga warna biru.
6. Titrasi dilanjutkan hingga larutan tak berwarna.

1.4 Perhitungan

$$BOD_5^{20} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1-P)}{P}$$

(Alaetrs G, 1987)

Dimana:

BOD_5^{20} = sebagai mg O_2/L

X_0 = OT (oksigen terlarut) sampel pada saat t = 0 (mg O_2/L)

X_5 = OT sampel pada saat t = 5 hari (mg O_2/L

B_0 = OT blanko pada saat t = 0 (mg O_2/L)

B_5 = OT blanko pada saat t = 5 hari (mg O_2/L

P = derajat pengenceran

LAMPIRAN II

ANALISA

COD

2. Pemeriksaan COD

2.1 Alat Yang Digunakan

1. Erlenmeyer, gelas kimi, gelas ukur
2. Pipet tetes, pipet ukur, pipet gondok
3. Tabung COD, batu kercik, corong
4. statif dengan buret, alat pemanas

2.2 Bahan Yang Digunakan

1. Air limbah dan air pengencer
2. Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)
3. $AgSO_4$ kristal, asam sulfat
4. Titran ferro amnia sulfat standart 0,1 N, H_2SO_4 pekat
5. Indikator Ferroin, amylum

2.3 Cara Kerja

1. Sampel ditambahkan sepucuk sendok H_2SO_4 kemudian ditambahkan 10 ml $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N dengan pipet gondok.
2. Ditambah 30 ml H_2SO_4 pekat yang telah diberi Ag_2SO_4 10 gram dalam 1 liter.
3. Diberi batu kercik panaskan dengan pemanas sampai mendidih.

4. Kemudian dibiarkan dingin sampai suhu kamar, alat semprot dengan aquades. Masukkan dalam kolf 500 ml langsung ditambah 3 tetes indikator ferroin.
5. Titrasi dengan ferro amonin sulfat dari hijau hingga warna coklat.

2.4 Perhitungan Kadar COD

COD = {(a – b) / (ml sampel)} x 8000 = ... mg O_2/l

Dimana:

a = ml ferro ammonium sulfat untuk balnko

b = ml ferro ammonium sulfat untuk sampel.

N =Normalitas ferro ammonium sulfat, (Alaerts G, 1987)

LAMPIRAN III

ANALISA

TSS

3. Pemeriksaan TSS

3.1 Alat dan Bahan

1. Furnace dengan suhu 550 ° C
2. Oven bersuhu 105 ° C
3. Cawan porselin 50 ml
4. Timbangan analitis
5. Desikator
6. cawan Petridis
7. Kertas saring
8. Vacum filter

3.2 Cara Kerja

3.2.1 Persiapan

1. Siapkan 2 buah cawan penguap (mulut lebar), 1 buah cawan pijar (cawan kecil) dan 1 lembar kertas saring bebas abu.
2. Cawan-cawan yang telah bersih dipanaskan 600 ° C selama 1 jam.
3. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator, setelah itu ditimbang sampai konstan.
4. Kertas saring bebas abu dibasahi dengan aquadest, kemudian dipanaskan 105 ° C selama 1 jam.
5. Masukkan ke dalam desikator dan ditimbang. Sehingga didapat berat masing-masing sebagai berikut:

a. Berat cawan penguap 1 = a gram

b. Berat cawan penguap 2 = b gram

c. Berat cawan 3 = c gram

d. Berat kertas saring = d gram

3.2.2 Total Suspended Solid (TSS)

1. Masukkan 100 ml sampel air (sedikit-sedikit) ke dalam cawan 1, dan uapkan di atas waterbath dan diuapkan sampai kering.
2. Cawan yang berisi sampel dimasukkan oven 105 ° C selama 1 jam.
3. Dinginkan cawan tersebut dalam desikator, kemudian ditimbang (e gram).
4. Cawan yang berisi TSS dimasukkan oven 600 ° C selama 1 jam.
5. Dinginkan dalam desikator, kemudian timbang (f gram).

LAMPIRAN IV

ANALISA

Fe

4. Pemeriksaan Besi (Fe)

4.1 Alat-alat

1. Spektrofotometer dengan sinar cahaya yang sifat panjang gelombangnya berukuran lebih 510 nm, dengan lebar 1 cm atau lebih.
2. Tujuh (7) labu takar 50 ml atau 100 ml dan 7 erlenmeyer 125 ml (5 untuk standar refensi, 1 blanko dan 1 sampel).
3. Beberapa pipet dan 7 labu takar 100 ml dan 1 liter (untuk larutan reagen).
4. Gelas ukur 1 liter dan 2 erlenmeyer 1 liter (untuk larutan reagen).
5. Pemanas Bunsen dan listrik.
6. Cawan porselin digunakan apabila air sampel mengandung kadar zat organik yang tinggi.

4.2 Reagen

1. HCl pekat p.a (proanalisa).
2. Larutan *hydroxylamine*.
3. Larutan buffer/Amonium Asetat (pH = 4)
4. Larutan *phenanthroline*.
5. Larutan induk Fe.
6. Larutan standar Fe.

4.3 Cara Kerja

1. Pembentukan warna pada larutan sampel.
   a. Dicampurkan 50 ml contoh air ke dalam labu Erlenmeyer 125 ml dengan 2 ml HCl pekat dan 1 ml larutan *hydroxylamine.*
   b. Campuran dididihkan sampai volume mencapai 15 – 20 ml.
   c. Campuran dididihkan pada temperatur kamar dan dipindahkan larutan ke dalam labu takar 100 ml atau ke dalam tabung Nessler 100 ml ditambahkan dengan larutan 100 ml larutan buffer Amonium asetat dan 2 ml larutan *phenanthroline* diencerkan sampai tanda batas.
   d. Larutan dikocok dan dibiarkan selama 10 – 15 menit.

2. Penyediaan Larutan Standar Fe.
   a. Dipindahkan jangan menggunakan pipet, larutan standar Fe masing-masing ke dalam volume 1 ml, 4 ml, 6 ml dan 8 ml untuk sel 1 cm.
   b. Ditambahkan zat-zat kimia seperti penambahan pada larutan, contoh sesuai dengan cara kerja di atas, untuk pembentukan warna pada butir 1.
3. Penentuan titik nol absorbansi dan larutan standar.

LAMPIRAN V

ANALISA

Mg

5. Pemeriksaan Magnesium (Mg)

5.1 Alat dan Bahan

1. Bubuk indicator Eriochrom Black R (Calcon) atau EBT.
2. Larutan buffer pH 10.
3. Larutan Complexon III (EDTA) 0.03571 N.
4. Buret 25 ml atau 50 ml.
5. Erlenmeyer 100 ml.
6. Pipet 25 ml, 10 ml.
7. Pereaksi:
    a. Larutan Etilen Diamine Asetat (EDTA) 1/28 N.
    b. Larutan buffer pH 10.
    c. Larutan buffer pH 12.
    d. Larutan KCN 10 %.
    e. Indikator EBT (Erio Black T).
    f. Indikator murexida.

5.2 Cara Kerja

1. Kesadahan Total (Kalsium + Magnesium)
    a. 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, tambah 5 ml larutan buffer pH 10. Jika cairan menjadi keruh tambah 1 ml larutan KCN 10 %.
    b. Kemudian ditambah 50 mg indicator EBT.

c. Titrasi dengan larutan EDTA 1/28 N sampai cairan berubah warna menjadi biru laut.

2. Kesadahan Kalsium

a. 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, ditambah 1 ml larutan buffer pH 12. Jika cairan keruh ditambah 1 ml KCN 10 %.

b. Tambah 50 mg indicator murexida.

c. Titrasi dengan larutan EDTA 1/28 N sampai cairan berubah warna menjadi ungu.

5.3 Perhitungan

1. Kesadahan Total

$$=\frac{1000}{100} xmlEDTAx\frac{1}{28} xfaktorEBTx\frac{28}{10} = \quad °G$$

2. Kesadahan Kalsium

$$=\frac{1000}{100} xmlEDTAx\frac{1}{28} xfaktorMurexida\frac{28}{10} = \quad °G$$

3. Kesadahan Magnesium

Kesadahan Total (°G) – Kesadan Kalsium (°G) = °G

Catatan : 1 °G = 10 mg/l CaO = 7,14 mg/l Ca = 4,3 mg/l Mg

LAMPIRAN VI

ANALISA

DO

6. Pemeriksaan *Disolved Oxygen* (DO)

6.1 Alat yang digunakan:

1. Gelas kimia
2. Labu takar 100 l
3. Pipet 25 ml
4. Pipet 1 ml.
5. Botol BOD

6.2 Pereaksi:

1. Sodium thiosulfat 0,1 N
2. Thiosulfat 0,025 N
3. Larutan Alkali Iodida (pereaksi oksigen)
4. Larutan asam sulfat pekat
5. Larutan $MnSO_4$
6. Indikator kanji
7. Larutan KH $(IO_3)_2$ 0,1 N

6.3 Cara Kerja

1. Standarisasi Larutan Thiosulfat ($Na_2S_2O_3$)
   a. Kedalam Erlenmeyer masukkan 20 ml larutan KH $(IO_3)_2$ tambahkan 10 ml asam sulfat dan aquadest sampai volumenya 200 ml.

b. Titrasi dengan laritan Thiosulfat, bila titik akhir titrasi hampir tercapai (warna larutan kuning muda) ditambahkan larutan kanji dan teruskan titrasi sampai tepat warna biru yang baru muncul hilang kembali.

$$\text{Normalitas } Na_2S_2O_3 = \frac{VolumeIO_3 xNIO_3}{VolumeNa_2S_2O_3}$$

2. Pemeriksaan Oksigen Terlarut
   a. Masukkan 1 ml $MnSO_4$ dan 1 ml larutan Alkali Iodida (pereaksi oksigen). Pemasukan reagen menggunakan pipet 1 ml yang ujung pipet mencapai larutan dasar botol.
   b. Tutup kembali, kemudian aduk dengan cara membolak-balikan botol sampai larutan homogen.
   c. Diamkan selama 10 menit sampai kelihatan endapan coklat pada dasar botol. (Jika ada endapan putih berarti tidak ada O_2)
   d. Tuangkan sebagian isi botol ke dalam labu Erlenmeyer , tambahkan 1 ml Asam sulfat pekat. Aduk dan titrasi secepatnya dengan larutan Thiosulfat 1/80 N, tambahkan larutan kanji dan titrasi kembali sampai warna biru hilang.
   e. Catat volume titran. Untuk larutan yang masih tersisa di dalam botol BOD, tambahkan 1 ml Asam Sulfat pekat. Tutup akan berwarna kuning coklat. Titrasi dengan larutan Thiosulfat 1/80 N dengan menggunakan indikator amilum seperti di atas.

6.4 Perhitungan

$$\text{DO mg/l} = \frac{V_{Thio} x N_{Thio} x 1000 x 8}{V_{Botol} - 2}$$

LAMPIRAN VII

HASIL ANALISA

LABORATORIUM

PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (BPKL)
JL. Arteri Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta , Telp. (0274) 489622

Nomor : 070/100
Lampiran : 1 (satu) set
Perihal : Penyampaian Hasil Uji Limbah Cair

Yogyakarta, 26 Mei 2004.

Kepada Yth.
Sdr. Ully Andriyani
Mahasiswa Universitas Islam Indonesia
di
Yogyakarta.

Menindak lanjuti surat Saudara tanggal 10 Mei 2004 perihal Analisa Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo Yogyakarta , maka bersama ini kami sampaikan hasil uji dari sampel yang Saudara kirim (seperti yang terlampir), agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Demikian , atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala Balai
Pengujian Konstruksi dan Lingkungan
Diskimpraswil Prop. DIY

Ir. Heri Siswanto
NIP. 110040934

Tembusan Kepada Yth. :
1. Pertinggal.

Lamp. Surat nomor :

Tanggal :

HASIL ANALISA LIMBAH CAIR

Pengirim : Sdr. Ully Andriyani Mahasiswa UII Yogyakarta

Asal Contoh : Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo

Tanggal Penerimaan : 07 Juli 2004

Petugas Lab. : 1. Wahyu Hidayat, Bsc

2. Noer Harjanto

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	BOD_5	Mg/L	85
2	COD	Mg/L	180
3	TSS	Mg/L	108
4	Fe	Mg/L	2.35
5	Mg	Mg/L	13.6
6	DO	Mg/L	2.8

Yogyakarta, 21 Juli 2004

Diperiksa Oleh :

Kasi Pengujian Mutu Air

Ir. M. Soedono

NIP. 110 038 656

Lamp. Surat nomor : 070 / 108
Tanggal : 21 Juli 2004

HASIL ANALISA LIMBAH CAIR

Pengirim : Sdr. Ully Andriyani Mahasiswa UII Yogyakarta
Asal Contoh : Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo
Tanggal Penerimaan : 07 Juli 2004
Petugas Lab : 1. Wahyu Hidayat, BSc
2. Noer Harjanto

RUNNING I

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan IAF

Parameter	Satuan	Bak Kontrol	Konsentrasi											
			Inlet	25 %		Inlet	50 %		Inlet	75 %		Inlet	100 %	
				I	II		I	II		I	II		I	II
BOD5	Mg/l	17	22	3,5	3,5	43,5	7,4	7,3	65	10,6	10,5	85	15,8	15,6
COD	Mg/l	50	43,2	27	26,73	89	45	45,13	135	72	71,3	180	98	97,02
TSS	Mg/l	64	26,7	19	18,8	56	45	44,7	84	53,5	54	108	83	82.2
Fe	Mg/l	tt	0,485	0,013	0,0129	1.195	0,211	0,208	1,663	0,299	0,296	2,35	0,498	0,493
Mg	Mg/l	3,6	3,65	3,2	3,16	6,6	5,6	5,54	9,84	7,1	7,03	13,6	10,2	10,1
DO	Mg/l	5,2	1,00	1,8	1,78	1,35	2,5	2,47	2,3	3,55	3,65	2,8	4,7	4,7

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tanpa IAF

Parameter	Satuan	Bak Kontrol	Konsentrasi											
			Inlet	25 %		Inlet	50 %		Inlet	75 %		Inlet	100 %	
				I	II		I	II		I	II		I	II
BOD5	Mg/l	17	22	4,5	4,46	43,5	7,7	7,8	65	13,2	13,07	85	19	19
COD	Mg/l	50	43,2	27,7	28	89	49,5	50	135	77,2	78	180	94	95
TSS	Mg/l	64	26,7	17	16,8	56	35,6	36	84	53	52,5	108	78	77
Fe	Mg/l	tt	0,485	0,23	0.22	1.195	0,52	0,514	1,663	0,956	0,946	2,35	1,383	1,395
Mg	Mg/l	3,6	3,65	3,4	3,37	6,6	5,3	5,4	9,84	6,8	6,7	13,6	10,3	10,4
DO	Mg/l	5,2	1,00	1,7	1,68	1,35	2,4	2,4	2,3	3,5	3,55	2,8	4,9	4,8

Yogyakarta, 21 Juli 2004
Diperiksa Oleh:
Kasi Pengujian Air Mutu

Ir. M. Soedono
NIP. 110 038 656

Lamp. Surat nomor :
Tanggal :

HASIL ANALISA LIMBAH CAIR

Pengirim : Sdr. Ully Andriyani Mahasiswa UII Yogyakarta
Asal Contoh : Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur PT. Margorejo
RUNNING II

Tanggal Penerimaan : 12Juli 2004
Petugas Lab : 1. Wahyu Hidayat, BSc
2. Noer Harjanto

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Dengan Menggunakan IAF

Parameter	Satuan	Bak Kontrol	Konsentrasi											
			Inlet	25 %		Inlet	50 %		Inlet	75 %		Inlet	100 %	
				I	II		I	II		I	II		I	II
BOD5	Mg/l	17	20,7	3,7	3,8	44	7,2	7,13	65	11,7	11,6	87	16,1	15,9
COD	Mg/l	57	44	24,7	25	89,7	52	53	133	75	74,2	179	98,5	99
TSS	Mg/l	63	27	21	20,8	51,8	33	33	79	62,4	63	105	78	79
Fe	Mg/l	tt	0.63	0,002	0,0021	1,22	0,182	0,180	1,7	0,317	0,320	2,4	0,451	0,446
Mg	Mg/l	3,8	3,5	3,1	3,1	6,45	5,3	5,2	10,2	7,5	7,4	13,5	9,5	9,4
DO	Mg/l	4,9	1,1	1,65	1,63	1,3	2,0	2,1	2,1	3,5	3,55	2,7	4,7	4,6

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tanpa IAF

Parameter	Satuan	Bak Kontrol	Konsentrasi											
			Inlet	25 %		Inlet	50 %		Inlet	75 %		Inlet	100 %	
				I	II		I	II		I	II		I	II
BOD5	Mg/l	17	20,7	4,9	4,8	44	8,5	8,4	65	12	12	87	17,0	16,8
COD	Mg/l	57	44	28,3	28,6	89,7	52	51	133	78	77	179	98	97
TSS	Mg/l	63	27	18	17,8	51,8	36	36	79	52	51,5	105	83	82
Fe	Mg/l	tt	0.63	0,28	0,27	1,22	0,56	0,554	1,7	0,891	0,882	2,4	1,412	1,424
Mg	Mg/l	3,8	3,5	2,7	2,7	6,45	5,8	5,9	10,2	7,7	7,6	13,5	9,5	9,4
DO	Mg/l	4,9	1,1	1,8	1,78	1,3	2,3	2,4	2,1	3,6	3,56	2,7	4,8	4,9

Yogyakarta, 21 Juli 2004
Diperiksa Oleh:
Kasi Pengujian Air Mutu

Ir. M. Soedono
NIP. 110 038 656

LAMPIRAN VIII

OLAH DATA

Olah Data

Running I

Tabel 1. Rerata Efisiensi (%) Penurunan Parameter Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	84,091	84,091	84,091	82,989	83,218	83,104
COD	37,500	38,426	37,963	49,438	49,292	49,365
TSS	28,839	29,588	29,214	19,643	20,179	19,911
Fe	97,320	97,340	97,330	82,343	82,594	82,469
Mg	12,329	13,425	12,877	15,152	16,061	15,607

Parameter	Konsentrasi					
	75 %			100%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	83,692	83,846	83,769	81,412	81,647	81,530
COD	46,667	47,185	46,926	47,222	46,555	46,889
TSS	36,310	35,714	35,512	23,148	23,889	23,519
Fe	82,020	82,201	82,110	78,809	79,021	78,915
Mg	27,846	28,557	28,201	25,00	25,676	25,338

Tabel 2. Rerata Efisiensi (%) Kenaikan Parameter Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	80,000	78,000	79,000	85,185	82,963	84,074

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	54,348	58,696	56,522	67,857	67,857	67,857

Tabel 3. Rerata Efisiensi (%) Penurunan Parameter Tanpa IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	79,545	79,727	79,636	82,299	82,069	82,184
COD	35,880	35,185	35,532	44,382	43,820	44,101
TSS	36,330	37,079	36,704	36,429	35,714	36,072
Fe	52,577	54,639	53,608	56,485	56,987	56,736
Mg	6,849	7,671	7,260	19,697	18,182	18,940

Parameter	Konsentrasi					
	75%			100%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	79,692	79,892	79,792	77,647	77,647	77,647
COD	42,815	42,222	42,519	45,556	46,100	45,830
TSS	36,905	37,500	37,203	27,778	28,704	28,241
Fe	42,514	43,115	42,814	41,191	40,638	40,915
Mg	30,894	31,910	31,402	24,265	23,529	23,897

Tabel 4. Rerata Efisiensi Kenaikan Parameter Tanpa IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	70,000	68,000	69,000	77,778	77,778	77,778

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	52,174	54,348	53,261	75,000	71,286	73,143

Running II

Tabel 5. Rerata Efisiensi (%) Penurunan Parameter Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25%			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	82,126	81,643	81,884	83,818	83,636	83,727
COD	43,864	43,182	43,523	42,029	40,914	41,472
TSS	22,222	22,963	22,592	36,293	36,293	36,293
Fe	99,683	99,667	99,675	85,082	85,246	85,164
Mg	11,429	11,429	11,429	17,829	19,380	18,604

Parameter	Konsentrasi					
	75%			100%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	82,000	82,154	82,077	81,492	81,724	81,608
COD	43,609	44,210	43,760	44,972	44,693	44,832
TSS	21,013	20,253	20,633	25,000	24,769	24,881
Fe	81,353	81,176	81,265	81,208	81,417	81,312
Mg	26,471	27,451	26,961	29,630	30,370	30,000

Tabel 6. Rerata Efisiensi (%) Kenaikan Parameter Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	50,00	48,182	49,091	53,846	61,538	57,692

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	69,048	69,047	69,0478	74,074	70,370	72,222

Tabel 7. Rerata Efisiensi (%) Penurunan Tanpa IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25%			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	76,329	76,812	76,570	80,682	80,909	80,796
COD	35,682	35,000	35,341	42,029	43,144	42,586
TSS	33,333	34,074	33,704	30,502	30,502	30,502
Fe	55,556	57,143	56,349	54,098	54,590	54,334
Mg	22,857	22,857	22,857	10,078	8,527	9,303

Parameter	Konsentrasi					
	75%			100%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
BOD5	81,538	81,538	81,538	80,460	80,690	80,575
COD	41,353	42,105	41,729	45,251	45,810	45,530
TSS	34,177	34,810	34,494	20,952	21,905	21,428
Fe	47,588	48,118	47,853	41,167	40,667	40,912
Mg	24,510	25,490	25,000	29,630	30,370	30,000

Tabel 8. Rerata Efisiensi Kenaikan Parameter Tanpa IAF

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	63,636	61,818	62,727	76,923	84,615	80,769

Parameter	Konsentrasi					
	25 %			50%		
	I (%)	II (%)	R (%)	I (%)	II (%)	R (%)
DO	71,428	69,524	70,476	77,778	81,481	79,630

Tabel 9. Total Rerata Efisiensi (%) Penurunan Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi			
	25%	50%	75 %	100%
	R (%)	R (%)	R (%)	R (%)
BOD5	82,988	83,416	82,923	81,569
COD	40,743	45,419	45,225	45,331
TSS	25,903	28,102	28,073	24,200
Fe	98,503	83,817	81,688	80,114
Mg	12,158	17,106	27,581	27,669

Tabel 10. Total Rerata Efisiensi (%) Kenaikan Parameter Menggunakan IAF

Parameter	Konsentrasi			
	25 %	50 %	75 %	100 %
DO	64,046	70,883	62,785	70,040

Tabel 11. Total Rerata Efisiensi (%) Penurunan Tanpa IAF

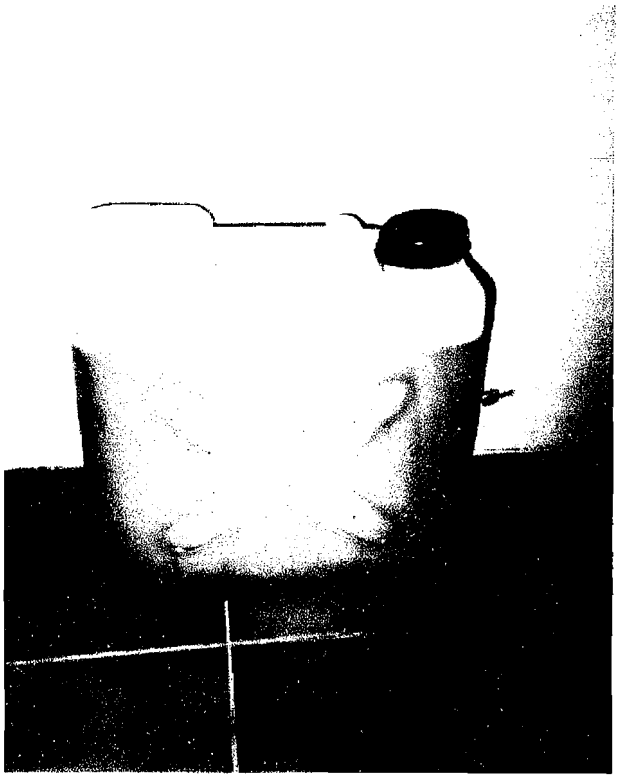
Parameter	Konsentrasi			
	25%	50%	75%	100%
	R (%)	R (%)	R (%)	R (%)
BOD5	78,103	81,490	80,665	79,111
COD	35,437	43,344	42,124	46,515
TSS	35,204	33,287	35,848	24,835
Fe	54,479	55,535	45,334	40,913
Mg	15,059	14,122	28,051	26,949

Tabel 12. Total Rerata Efisiensi Kenaikan Parameter Tanpa IAF

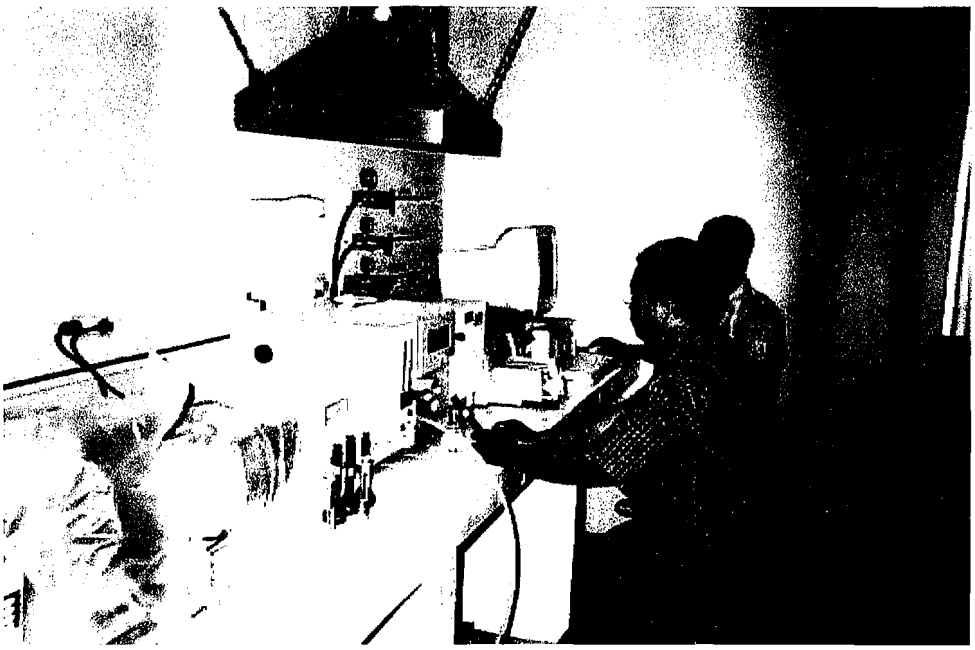
Parameter	Konsentrasi			
	25 %	50 %	75 %	100 %
DO	65,864	79,274	61,869	76,387

LAMPIRAN IX

FOTO



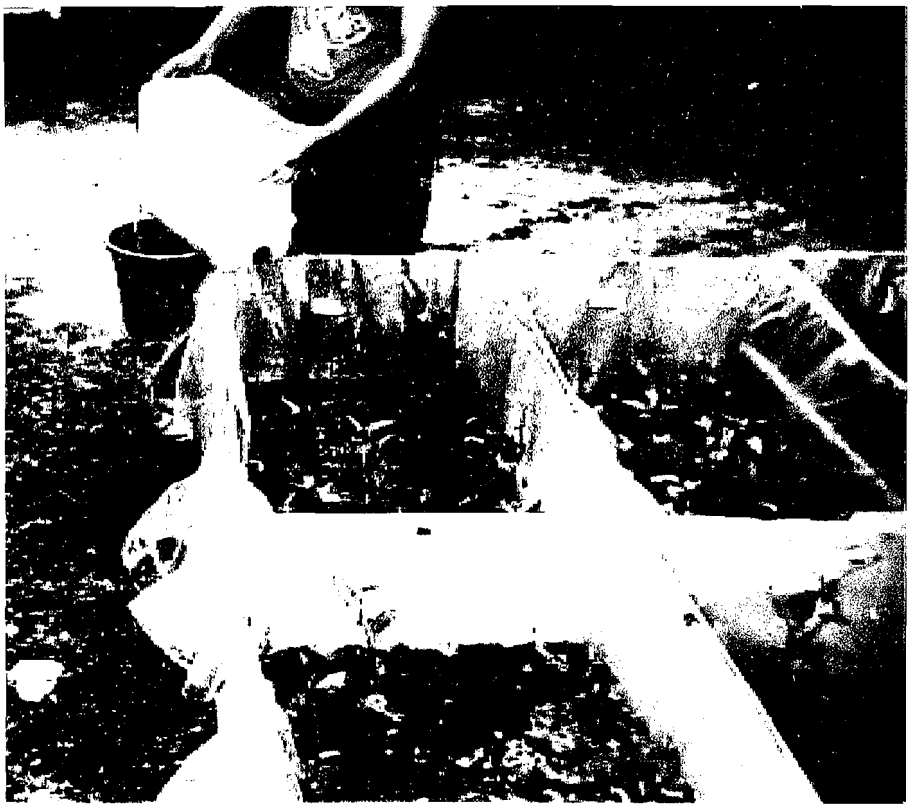
Gambar 1. Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur



Gambar 2. Pengujian Kadar Fe



Gambar 3. Reaktor Uji Limbah Hari Ke-4



Gambar 4. Penyiraman Limbah Ke Dalam Reaktor Uji



Gambar 5. Reaktor Uji Tanpa Tanaman Kangkung Air