

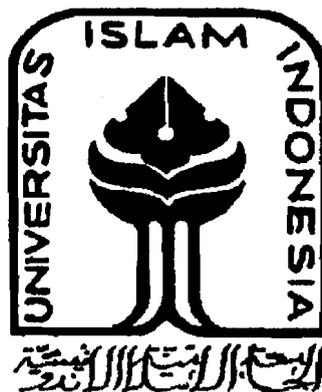
NO: TA/TL/2005/0020

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HADIRAH DEBS	
TGL. TERIMA :	15 September 2005
NO. JUDUL :	001724
NO. INV. :	5920001724001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KONSENTRASI BOD, COD, TSS DAN CN
LIMBAH CAIR TAPIOKA DENGAN *CONSTRUCTED*
WETLANDS MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR
(*Ipomoea Aquatica*)**

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



RS.
5281622
Kum
P
1
vi. gsp. 660 lang 28

Oleh

NAMA : NOOR KUMALASARI

NO. MHS : 00513009

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2005

• Air Bersih
• Coagulation Ipomoea
aquatica

ABSTRAKSI

Pada kenyataannya industri tapioka saat ini kondisinya banyak menimbulkan masalah lingkungan, karena belum mempunyai sistem pengolahan sendiri. *Constructed wetlands* adalah salah satu alternatif teknik pengolahan limbah cair yang mudah, murah dan efisien. Konsep dasar *Constructed Wetlands* adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman pada area tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN dalam limbah cair industri tapioka dengan reaktor *constructed wetlands* dan untuk mengetahui kemampuan tanaman kangkung air terhadap penurunan konsentrasi tersebut.

Pada penelitian ini menggunakan reaktor *constructed wetlands* type *Free Water Surface* (FWS) dengan memanfaatkan tanaman kangkung air (*Ipomoea Aquatica*). Adapun dimensi reaktor adalah 1 m X 0,5 m dengan waktu detensi 10 hari. Reaktor terbagi menjadi 2 yaitu: reaktor kontrol, dimana reaktor diberi limbah dengan konsentrasi 100 % tanpa ditanami tanaman kangkung air dan reaktor uji, dimana reaktor dialiri limbah dengan variasi konsentrasi 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, dan 100 % serta ditanami dengan tanaman kangkung air.

Sistem pengolahan limbah cair dengan *constructed wetlands* efektif untuk mengolah limbah cair tapioka dengan konsentrasi 20 %, efisiensi penurunan konsentrasi tiap parameter adalah sebagai berikut : BOD₅ sebesar 87,99 %, COD sebesar 85,37 %, TSS sebesar 80,65 % dan CN sebesar 99,91 %.

**Kata kunci : BOD, COD, TSS, CN, Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*),
Constructed wetlands, Limbah cair tapioka**

PERSEMBAHAN

Setulus hati kupersembahkan karya kecilku ini :

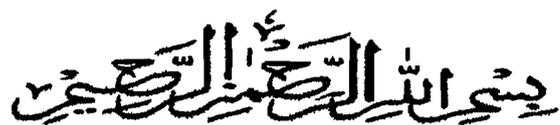
- *Kepadamu ya Allah..... terimalah sebagai amal ibadahku*
- *Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi penerang hidupku*
- *Alm. Bapak Soemanto dan Ibu Sriyati tercinta, yang telah memberikan doa, kasih sayang, perhatian, kesabaran, dan pengorbanan yang tulus yang senantiasa mengiringi setiap langkahku...*
- *Adikku semoga Allah senantiasa melindungimu*
- *Bule Watik, Bule Mei, Bule Lina, Om Wawan dan Om Sugeng terimakasih atas D'oa dan nasehat-nasehatnya*
- *Seluruh keluarga besarku.....*

Sari Special Thanks To:

- *Loeq, Dhea, Aluh, Eka, Mina, Mega, dan Yana yang telah memberikan arti persahabatan yang sesungguhnya.*
- *Tifa, Endah, Tini, Rina, dan AA yang telah ada disaat tersulit dalam hidupku*
- *Raditya yang telah memberikan dorongan semangat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.*

Almamaterku

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul PENURUNAN KONSENTRASI BOD, COD, TSS DAN CN LIMBAH CAIR TAPIOKA DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea Aquatica*). Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa tingkat akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

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

Dengan ketulusan hati penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.

2. Bapak Ir. H. Kasam, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia serta selaku Dosen I pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan izin, pengarahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST., selaku Dosen II pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan kepada kami selama dibangku kuliah.
5. Bapak Agus , selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama ini.
6. Bapak Syamsudin, Sri Widodo dan Tasyono, selaku staf Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, terima kasih atas bantuan yang telah diberikan kepada kami selama melakukan penelitian.
7. Bapak Sucipto, selaku penasehat proses produksi industri tapioka Banjarnegara yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian terhadap sampel limbah cair industri tapioka di Banjarnegara.
8. Bapak Sigit, selaku tenaga ahli Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri tapioka Banjarnegara yang telah memberikan izin dan pengarahan serta ide – ide dalam penelitian.

9. Teman – teman seperjuangan : Diah,, Luwis, Titin, Ririn, Ika, Nana dan Chika, yang selalu memberikan dorongan dan semangat serta Aulia, terima kasih atas pinjaman komputer dan scannernya.
10. Teman – teman angkatan 2000 khususnya Jurusan Teknik Lingkungan, ayo kalian pasti bisa!
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amal dan kebaikan kita semua.

Amin.....

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, April 2005

Penulis

Noor Kumalasari

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Industri Tapioka.....	6
2.1.1 Bahan Baku Tepung Tapioka	6
2.1.2 Proses Pengolahan Tepung Tapioka.....	7

2.1.3	Fasilitas Produksi dan Peralatan	10
2.1.4	Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Industri	
	Tapioka	10
2.2	<i>Constructed Wetlands</i>	14
2.2.1	Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	14
2.2.2	Macam – Macam <i>Constructed Wetlands</i>	16
2.2.3	Biochemical Oxygen Demand (BOD) Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	18
2.2.4	Chemical Oxygen Demand (COD) di Dalam <i>Wetlands</i>	22
2.2.5	Padatan Tersuspensi (TSS) di Dalam <i>Wetlands</i>	22
2.2.6	Sianida (CN) di Dalam <i>Wetlands</i>	24
2.2.7	Mikroorganisme di Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	26
2.2.8	Vegetasi di Dalam <i>Wetlands</i>	28
2.2.9	Kriteria Desain <i>Constructed Wetlands</i>	29
2.3	Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoeae Aquatica</i>).....	29
2.3.1	Gambaran Umum Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoeae Aquatica</i>).....	29
2.3.2	Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoeae Aquatica</i>) Dalam Sistem <i>Constructed Wetlands</i>	33
2.4	Landasan Teori	36
2.5	Hipotesis	39

BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Lokasi Penelitian.....	41
3.2 Bahan Penelitian	41
3.3 Waktu Penelitian.....	41
3.4 Karakteristik Awal Limbah Cair	42
3.5 Parameter Penelitian	42
3.6 Desain <i>Constructed Wetlands</i>	45
3.7 Pelaksanaan Penelitian.....	48
3.7.1 Persiapan Penelitian	48
3.7.2 Pelaksanaan Penelitian.....	49
3.8 Analisa Kualitas Air	50
3.8.1 Analisa BOD ₅	50
3.8.2 Analisa COD.....	50
3.8.3 Analisa TSS	50
3.8.4 Analisa CN.....	51
3.9 Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	51
3.10 Analisa Data.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Analisa Kualitas Limbah Cair Tapioka.....	54
4.1.1 Penurunan Konsentrasi <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD ₅).....	54
4.1.2 Penurunan Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	63

4.1.3	Penurunan Konsentrasi Padatan Tersuspensi (TSS)	72
4.1.4	Penurunan Konsentrasi Sianida (CN).....	80
4.2	Analisa Tanaman Kangkung Air (<i>Ipomoeae Aquatica</i>)	85
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Pembuatan Tepung Tapioka	12
Gambar 2.2	<i>Constructed Wetlands</i>	15
Gambar 2.3	<i>Constructed Wetlands Tipe Free Water Surface (FWS)</i>	16
Gambar 2.4	<i>Constructed Wetlands Tipe Sub Surface Flow (SSF)</i>	17
Gambar 2.5	Kangkung Air (<i>Ipomoeae Aquatica</i>)	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 3.2	<i>Reaktor Batch Constructed Wetlands</i> Tampak Atas (tanpa skala)	47
Gambar 3.3	<i>Reaktor Batch Constructed Wetlands</i> Tampak Samping (tanpa skala)	47
Gambar 4.1	Hubungan Konsentrasi BOD ₅ Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu	56
Gambar 4.2	Hubungan Konsentrasi COD Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu	65
Gambar 4.3	Hubungan Konsentrasi TSS Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu	74
Gambar 4.4	Hubungan Konsentrasi CN Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu	81

DAFTAR TABEL

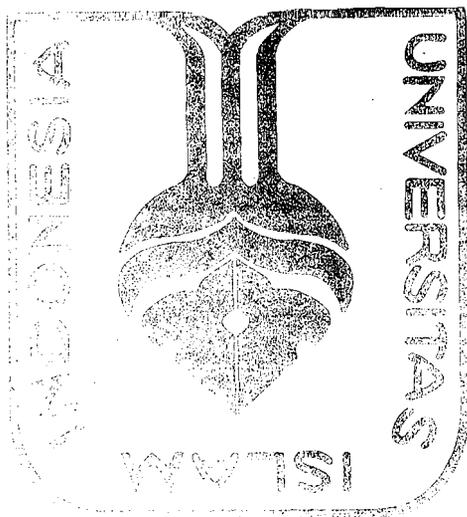
Tabel 2.1	Fasilitas Produksi dan Peralatan	10
Tabel 2.2	Karakteristik Rata – Rata Limbah Cair Berbagai Industri Tapioka	13
Tabel 2.3	Baku Mutu Limbah Industri Tapioka yang Sudah Beroperasi	13
Tabel 2.4	Kriteria Desain Untuk <i>Constructed Wetlands</i>	29
Tabel 3.1	Karakteristik Awal Limbah Cair Tapioka	42
Tabel 3.2	Parameter Kualitas Air	43
Tabel 3.3	Perhitungan Dimensi Reaktor <i>Batch Constructed Wetlands</i> ..	46
Tabel 3.4	Parameter Pertumbuhan Tanaman	52
Tabel 4.1	Effisiensi Konsentrasi BOD ₅ Limbah Cair Tapioka (%)	55
Tabel 4.2	Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi BOD antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air	61
Tabel 4.3	Hasil <i>Test of Between-Subject Effect</i> Konsentrasi BOD ₅	62
Tabel 4.4	Effisiensi Konsentrasi COD Limbah Cair Tapioka (%)	64
Tabel 4.5	Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi COD antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air	70
Tabel 4.6	Hasil <i>Test of Between-Subject Effect</i> Konsentrasi COD	71
Tabel 4.7	Effisiensi Konsentrasi TSS Limbah Cair Tapioka (%)	73
Tabel 4.8	Kelompok Alga Yang Umumnya Terdapat Pada Air Tawar....	78
Tabel 4.9	Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi TSS antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air	78

Tabel 4.10	Hasil <i>Test of Between-Subject Effect</i> Konsentrasi TSS	79
Tabel 4.11	Effisiensi Konsentrasi CN Limbah Cair Tapioka (%).....	81
Tabel 4.12	Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi CN antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air	83
Tabel 4.13	Hasil <i>Test of Between-Subject Effect</i> Konsentrasi CN.....	84
Tabel 4.14	Lingkungan Tanaman Kangkung Air Untuk Bertahan Hidup.	87
Tabel 4.15	Pertumbuhan Tanaman Kangkung Air Pada Konsentrasi 80 %	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.	Data Hasil Analisa Laboratorium	97
Lampiran II.	Data Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kangkung Air Secara Visual	100
Lampiran III.	Analisa Laboratorium	104
Lampiran IV.	Dokumentasi	114
Lampiran V.	Perhitungan UNIANOVA	118

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri di Indonesia berkembang sangat pesat sekarang ini. Perkembangan industri ini ditunjang dengan adanya otonomi daerah, dimana pemerintah daerah memanfaatkan semua potensi, baik itu sumber daya alam maupun sumber daya manusia yang dimiliki daerah tersebut, guna memenuhi kebutuhan hidup masyarakatnya. Salah satu industri yang memanfaatkan potensi sumber daya alam yaitu hasil pertanian sebagai bahan baku adalah industri tapioka.

Seperti halnya industri – industri yang lain, industri tapioka dalam skala besar maupun skala kecil, di samping mempunyai dampak positif juga berdampak negatif, yaitu dihasilkan sejumlah limbah padat maupun cair. Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Sedangkan limbah padat berasal dari proses pengupasan ketela pohon dari kulitnya yaitu berupa kotoran dan kulit dan pada waktu ekstraksi yang berupa ampas yang sebagian besar berupa serat dan pati. Penanganan yang kurang tepat terhadap hasil buangan padat dan cair akan menghasilkan gas yang dapat mencemari udara.

Pada kenyataannya industri tapioka saat ini kondisinya banyak menimbulkan masalah lingkungan, akibat kegiatan industri tersebut. Karena pada umumnya industri tapioka belum mempunyai sistem pengolahan sendiri.

Sehingga limbahnya langsung dibuang ke perairan (sungai). Kandungan limbah tapioka yang dibuang ke sungai, pada umumnya di atas ambang baku mutu yang diberlakukan oleh pemerintah. Limbah cair merupakan limbah paling potensial dan merupakan ancaman bagi lingkungan, khususnya lingkungan air, karena limbah cair mengandung bahan organik yang sangat tinggi. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair apabila dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan akan mengalami pembusukan sehingga mencemari lingkungan termasuk biota air.

Adapun dampak yang ditimbulkan akibat limbah cair yang dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu antara lain, yaitu :

1. Bahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat membawa suatu penyakit, misalnya : penyakit gatal – gatal.
2. Dapat merusak atau membunuh kehidupan dalam air, misalnya : toksisitas pada ikan karena menurunnya pH.
3. Warna dan bau akan mengganggu estetika lingkungan.

Selama ini belum ada upaya untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri tapioka tersebut. Hal ini karena ada beberapa faktor penghambat yang sampai saat ini belum bisa diselesaikan dengan baik. Faktor pertama adalah bahwa untuk mengolah limbah industri tapioka tersebut diperlukan sebuah sistem pengolahan yang cukup rumit, karena kandungan bahan-bahan organiknya yang sangat tinggi dan juga kandungan racun sianida. Faktor kedua adalah faktor biaya. Biaya pengolahan limbah yang cukup mahal seringkali menjadi kendala bagi pihak industri, sehingga banyak industri yang belum mengelolah limbahnya

dengan baik. Hal ini mengakibatkan seringnya timbul permasalahan lingkungan, yaitu tercemarnya badan air yang menjadi tempat pembuangan limbah tapioka tersebut.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu pemikiran dan terobosan baru untuk mengolah limbah industri tersebut yang tentu saja harus memenuhi beberapa syarat, yaitu mudah, murah dan mempunyai efisiensi pengolahan yang cukup tinggi. Salah satu terobosan baru yang perlu untuk dikembangkan adalah mengolah limbah dengan konsep *natural treatment* dengan memanfaatkan potensi alam yang ada di daerah tersebut. Konsep ini sangat mudah dan murah, namun tetap mempunyai efisiensi pengolahan yang cukup tinggi. Konsep *natural treatment* yang dimaksud adalah *constructed wetlands*, yaitu pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman pada area tersebut. Dalam sistem pengolahan ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, *gas transfer*, *adsorpsi*, *ion exchange*, presipitasi kimiawi, oksidasi dan reduksi sedangkan untuk pengolahan biologis terjadi proses aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman seperti proses *photosintesis*, *photooksida*, *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1991).

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang masalah dari industri tapioka maka dapat disusun beberapa rumusan masalah antara lain :

- a. Apakah *constructed wetland* dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan CN dalam limbah cair industri tapioka ?
- b. Sejauh mana peranan tanaman kangkung air terhadap penurunan konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan CN dalam limbah cair industri tapioka ?
- c. Seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi BOD₅, COD, CN, dan TSS dalam limbah cair industri tapioka ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui penurunan konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan CN dalam limbah cair industri tapioka dengan reaktor *constructed wetland*.
- b. Untuk mengetahui kemampuan tanaman kangkung air terhadap penurunan konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan CN dalam limbah cair industri tapioka.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diambil dari penelitian ini adalah :

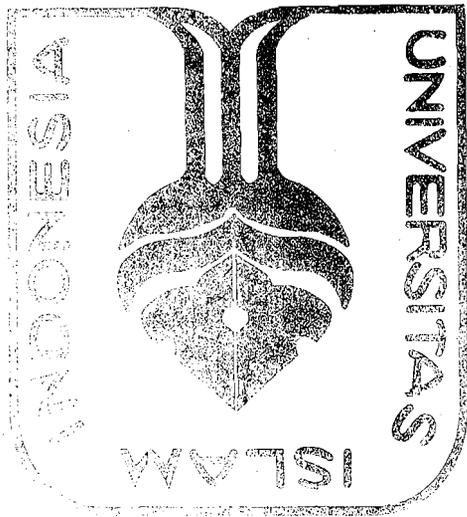
- a. Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri tapioka.
- b. Meminimalisasi terjadinya pencemaran di badan air, akibat limbah tapioka yang dibuang ke badan air.
- c. Digunakan sebagai bahan kajian lebih lanjut, apakah hasil *treatment* dapat digunakan secara langsung untuk pengaliran tanaman dan bagi industri lain.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Jenis reaktor *wetland* yang digunakan adalah *Free Water Surface (FWS)*.
- b. Tanaman yang digunakan berupa tanaman kangkung air (*ipomoea aquatica*)
- c. Bahan baku limbah berasal dari industri tapioka.
- d. Konsentrasi limbah berupa BOD₅, COD, CN, dan TSS.

جامعة إندونيسيا



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tapioka

2.1.1 Bahan Baku Industri Tapioka

Singkong atau ketela pohon (*manthot utilissima*) sebagai bahan baku utama industri tapioka, memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sebesar 32,4 gr dan kalori sebesar 567 gr dalam 100 gr ketela pohon tanpa kulit.

Ketela pohon mengandung gula dan sedikit asam sianida dalam kadar rendah. Asam sianida ini sebagian ada yang dalam bentuk asam bebas dan sebagian lagi dalam bentuk senyawa kimia yang akan terbebaskan oleh asam dan enzim apabila selnya dipecah (Anonim, 1994).

Pada dasarnya olahan singkong dalam industri dapat digolongkan menjadi tiga yaitu hasil fermentasi singkong (tape / peuyeum), singkong yang dikeringkan (gaplek) dan tepung singkong atau tepung tapioka. Dari ketiga jenis olahan singkong tersebut, akan dibahas proses teknologi industri menengah / kecil tepung tapioka. Tepung tapioka digunakan dalam industri makanan atau pakan ternak, dekstrin, glukosa (gula). Dekstrin digunakan dalam industri tekstil, industri farmasi, industri perekat sebagai extender kayu lapis atau industri lain. Sedangkan glukosa digunakan dalam industri makanan, dan industri kimia seperti etanol, dan senyawa organik lainnya.

2.1.2 Proses Pengolahan Tepung Tapioka

Untuk memperoleh tepung tapioka yang berkualitas tinggi sebaiknya dipilih singkong dari jenis yang baik dan tidak mempunyai rasa pahit. Di samping itu, singkong yang akan diproses, sebaiknya singkong yang dicabut pada hari itu juga atau masih dalam keadaan segar. Singkong yang disimpan selama 2 hari atau terlalu lama, akan menyebabkan terjadi perubahan warna menjadi hitam akibat kerja enzim *polifenolase* yang terdapat dalam lendir daging ketela, yang mengakibatkan sarinya akan berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut, singkong diolah untuk memperoleh tepung tapioka.

Proses pembuatan tepung tapioka melalui beberapa tahap, yaitu antara lain:

1. Pemilihan bahan baku

Ketela pohon yang digunakan sebagai bahan baku adalah ketela pohon yang berkualitas tinggi, dipilih dari jenis yang baik dan tidak mempunyai rasa pahit.

2. Pengupasan kulit

Pengupasan adalah proses pendahuluan, dimana daging ketela pohon dipisahkan dari kulit. Selama pengupasan, dilakukan sortasi bahan baku dengan pemilihan ketela pohon yang bagus atau tidak busuk. Ketela pohon yang jelek dipisahkan dan tidak diikutkan pada proses berikutnya. Industri tapioka dalam skala besar, proses pengupasan

dipadukan dalam satu operasi dengan alat pencuci mekanik sedangkan industri tapioka dalam skala kecil, pengupasan dilakukan secara manual.

3. Pencucian

Ketela pohon yang telah dikupas, dicuci dengan air bersih agar kotoran dari sisa tanah dan getah ketela pohon yang masih menempel dapat hilang. Pencucian dilakukan dengan cara meremas-remas singkong di dalam bak yang berisi air. Air bekas cucian tersebut kemudian dialirkan ke bak penampung limbah cair. Pada tahap ini dihasilkan limbah cair berupa air bekas cucian yang mengandung tanah dan getah ketela pohon.

4. Pamarutan

Proses pamarutan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- Parut manual, dilakukan secara tradisional dengan memanfaatkan tenaga manusia sepenuhnya.
- Parut semi mekanis, digerakkan dengan generator sehingga diperoleh bubur ketela pohon yang lembut.

5. Pemerasan/ Ekstraksi

Ada 2 cara untuk melakukan pemerasan yaitu:

- a. Pemerasan serta penyaringan bubur ketela pohon dengan menggunakan kain saring. Kemudian diremas - rernas dengan penambahan air. Cairan yang dipenoleh berupa pati yang

ditampung di dalam ember. Cara ini biasanya dilakukan oleh industri tapioka dalam skala kecil (*home industri*)

b. Pemerasan bubur ketela pohon dengan saringan goyang (sintrik).

Bubur ketela pohon diletakkan di atas saringan yang digerakkan dengan mesin, sementara saringan tersebut bergoyang, ditambahkan air melalui pipa berlubang. Pati yang dihasilkan ditampung dalam bak pengendapan dan ampas yang dihasilkan kemudian dikeringkan, setelah kering ampas digunakan sebagai pakan ternak.

6. Pengendapan

Pati hasil ekstraksi diendapkan dalam bak pengendapan selama 4 jam. Setelah 4 jam, air di bagian atas endapan dialirkan ke bak penampung limbah cair. Sedangkan endapan pati diambil dan siap dikeringkan.

7. Pengeringan Pati

Sistem pengeringan menggunakan sinar matahari dengan cara menjemur tapioka dalam nampan atau widig yang diletakkan di atas rak-rak bambu selama 1-2 hari (tergantung dari cuaca). Tepung tapioka yang dihasilkan sebaiknya mengandung kadar air (15 -19 %).

8. Penghalusan

Pati yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan antan, sehingga dihasilkan tepung tapioka yang halus.

2.1.3 Fasilitas Produksi dan Peralatan

Untuk memproduksi tepung tapioka, dengan kapasitas 1 ton singkong perhari dibutuhkan fasilitas dan peralatan produksi sebagaimana pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Fasilitas dan Peralatan

No	Peralatan	Jumlah
1	Parut	2 pasang
2	Nyiru / widig (untuk penjemuran)	50 - 100 buah
3	Kayu untuk bak	25 papan
4	Bambu untuk penglari	10 buah
5	Slang plastik / pipa pralon	secukupnya
6	Kain saringan	3 pasang
7	Rak bambu (alas penjemuran)	50 - 100 buah (secukupnya)
8	Ember plastik	10 buah

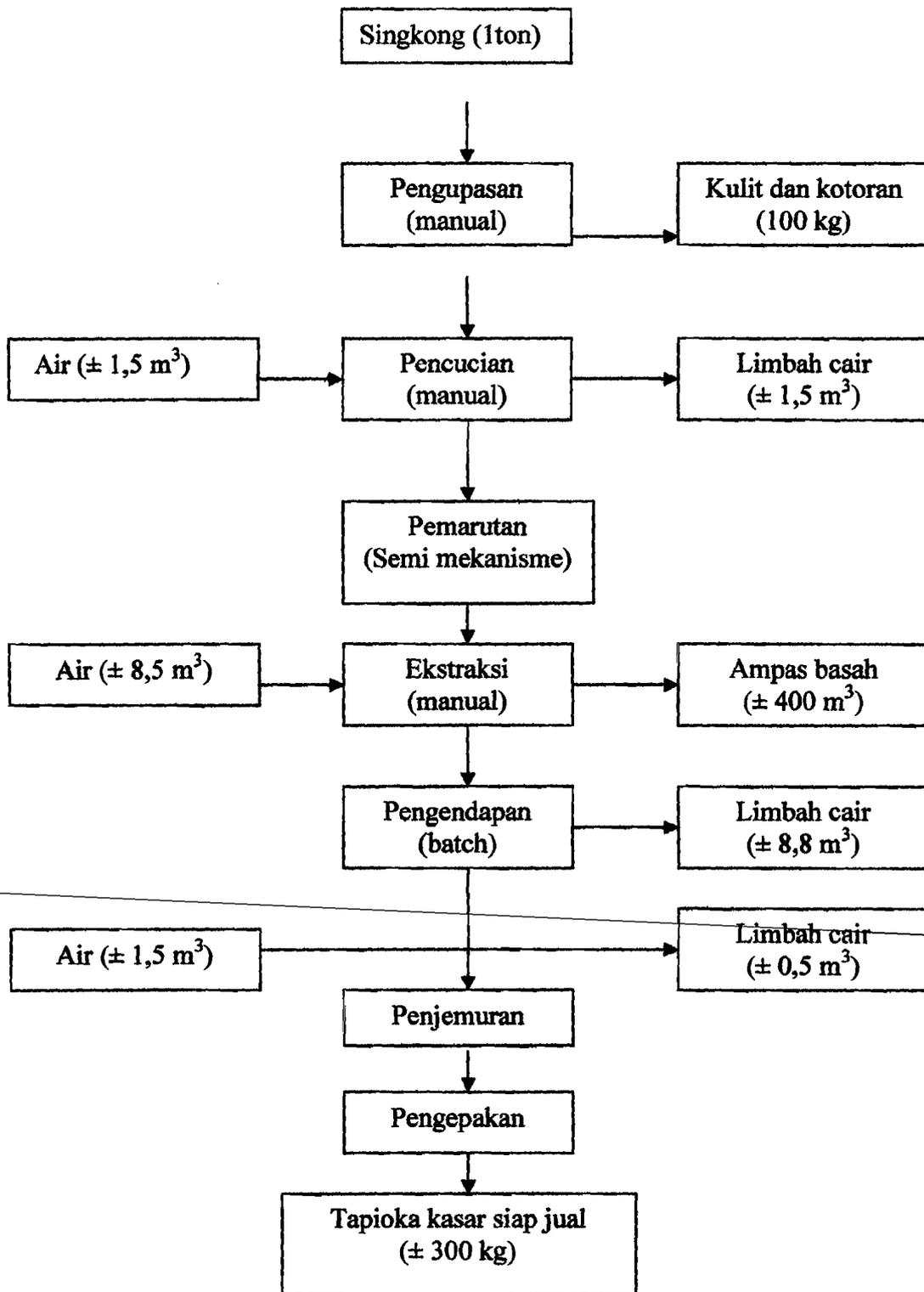
Sumber : LIPI, 2000

2.1.4 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Industri Tapioka

Limbah industri tapioka berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tapioka berasal dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan, sedangkan limbah padat berasal dari proses pengupasan ketela pohon dan ekstraksi yang berupa ampas yang sebagian besar berupa serat dan pati. Penanganan yang kurang tepat terhadap hasil buangan padat dan cair akan menghasilkan gas yang dapat mencemari udara.

Kegiatan pencucian dan pengendapan merupakan kegiatan yang terbanyak dalam menggunakan air dan merupakan penghasil limbah cair dengan kandungan padatan tersuspensi kasar dan halus terbanyak, sehingga diperkirakan bahwa limbah cair ini mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Anonim, 1994).

Sumber limbah cair dan padat yang dihasilkan oleh industri tapioka dapat dilihat lebih jelas pada diagram alir pembuatan tapioka di bawah ini .



Gbr. 2.1 Alur Pembuatan Tepung Tapioka

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai industri tapioka (rata - rata) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik Rata – Rata Limbah Cair Berbagai Industri Tapioka

Karakteristik	Satuan	Industri		
		Kecil	Menengah	Besar
Bahan baku	Ton / hari	5.00	20.00	200 - 600
Debit	m ³ / hari	22.00	80.00	1200.00
BOD ₅	ppm	5055.82	5439.45	3075.84
COD	ppm	16202.30	25123.33	5158.78
MPT	ppm	3415.45	3422.00	1342.00
pH	--	5.50	4.50	5.00
Sianida	ppm	0.1265	0.117	0.200

Sumber : BPPI Semarang (1997)

Tabel 2.3 Baku Mutu Limbah Industri Tapioka yang Sudah Beroperasi

Parameter	Kadar maximum	Beban pencemar maximum (kg / ton produk)
BOD ₅	200 mg / l	12
COD	400 mg / l	24
MPT	150 mg / l	9
Sianida (CN)	0.5 mg / l	0.003
pH	6 - 9	--

Sumber: Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Keputusan

Menteri Negara LH No.Kep 51/ MENLH / 10 / 1995

2.2 *Constructed Wetlands*

2.2.1 *Sistem Constructed Wetlands*

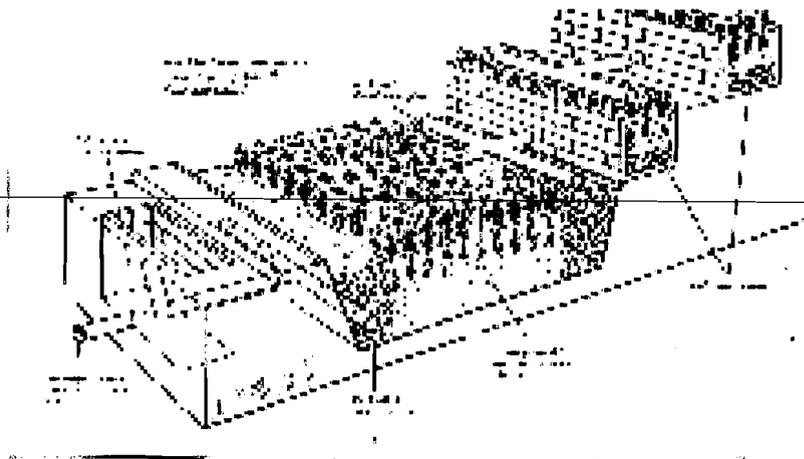
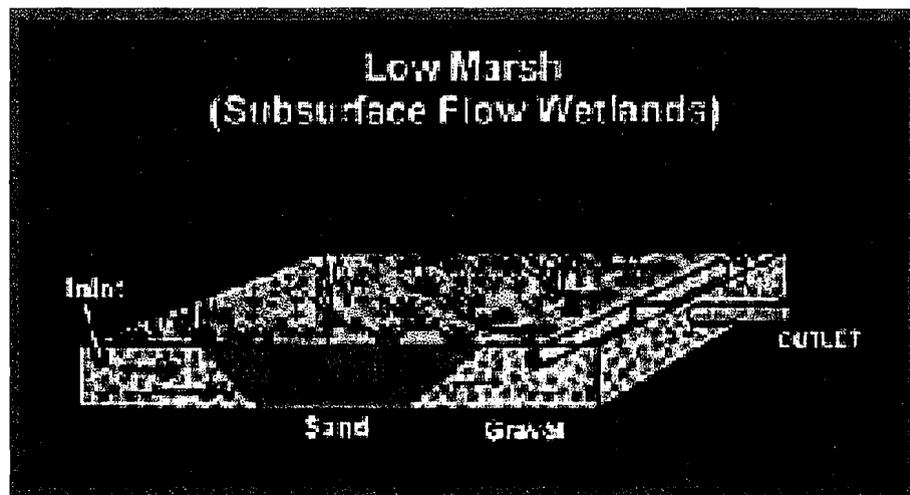
Constructed wetland secara umum didefinisikan suatu ekosistem lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang dapat ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya dapat dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme atau komunitas hewan (Cowardin dkk, 1979).

Definisi umum *wetland* lainnya berupa tanah transisi antara bagian daratan dan perairan dimana keberadaan air merupakan suatu keharusan, atau tanah yang diselimuti atau digenangi dengan air. Pengolahan limbah cair dengan *constructed wetland* merupakan kombinasi yang kompleks dari proses fisika, kimia, biologi dengan mengandalkan tanaman, kedalaman air, substrat (medium) dan mikroorganisme (USEPA, 1999; Kandlec and Knight, 1996).

Proses – proses yang terjadi dalam *constructed wetlands* seperti sedimentasi, filtrasi, *gas transfer*, *adsorpsi*, *ion exchange*, presipitasi kimiawi, oksidasi dan reduksi sedangkan untuk pengolahan biologis terjadi proses aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman seperti proses *photosintesis*, *photooksida*, *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1991).

Mekanisme perlakuan yang terjadi di dalam *constructed wetlands* adalah mengendapkan partikel tersuspensi, terjadi proses filtrasi dan presipitasi kimiawi melalui kontak antara air buangan dengan substrat (tanah, pasir, kerikil pendukung tanaman) dan *litter*. Proses *adsorpsi* dan *ion exchange* pada

constructed wetlands dapat terjadi pada lapisan permukaan tanaman, substrat, sedimen, dan *litter*. Proses yang terjadi di dalam *constructed wetlands* adalah penguraian dan transformasi *pollutant* oleh mikroorganisme dan tanaman, penyerapan dan proses transformasi nutrient oleh tumbuhan dan mikroorganisme, pemakan dan kematian secara alami dari bakteri patogen (USDA – NRCS, 2000).



Gbr. 2.2 Constructed Wetland

2.2.2 Macam – Macam *Constructed Wetlands*

Constructed wetlands dapat dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Sistem ini terdiri dari: kolam atau saluran, lapisan impermeable untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah, tanah sebagai medium penyokong pertumbuhan tanaman, dan air dengan kedalaman yang relatif dangkal. Permukaan air di atas substrat (tanah). Bagian yang dekat dengan permukaan air adalah lapisan aerobik sedangkan bagian antara air dan substrat adalah lapisan anaerobik (USDA-NRCS,2000). Aliran air dalam *wetlands* dengan sistem FWS relatif rendah dan kehadiran tangkai tanaman dan *litter* mengatur aliran air.

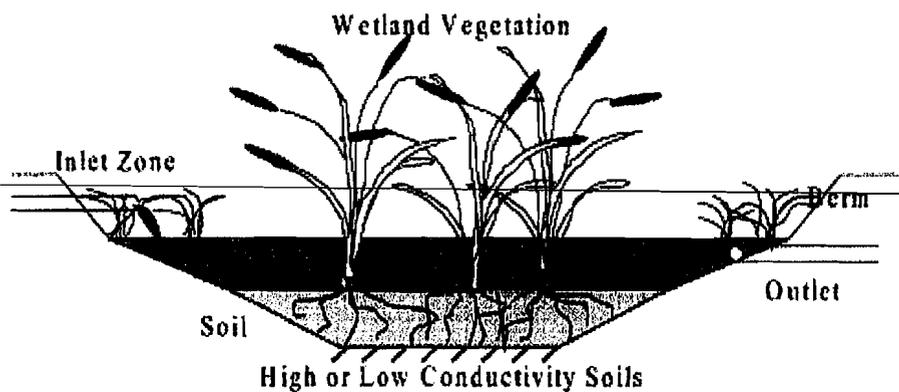


Figure 1. Surface flow (SF) constructed wetland.

Gbr. 2.3 *Constructed Wetlands* Tipe *Free Water Surface* (FWS)

2. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Sistem *sub surface flows* ini pada dasarnya hampir sama dengan sistem *free water surface*. Pada SSF terdiri dari kolam dengan substrat atau media yang digunakan berupa media berpori antara lain : kerikil dan pasir kasar. Nama lain dari *Sub Surface Flows* adalah *vegetated submerged bed*, *root zone method*, *microbial rock reed filter*, dan *plant – rock filter sistem*.

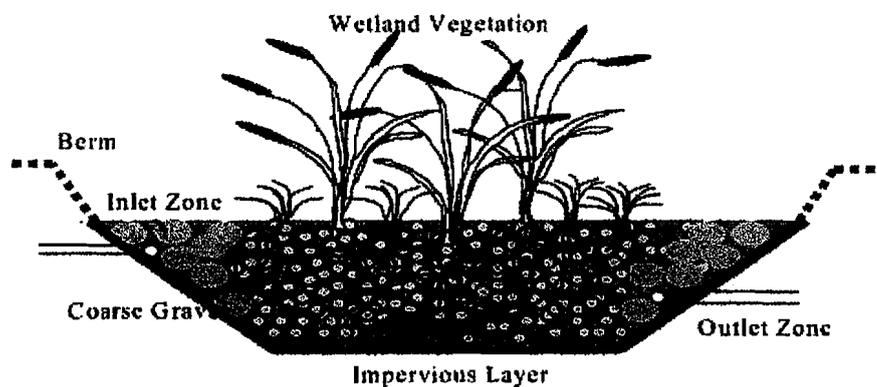


Figure 2. Subsurface flow (SSF) constructed wetland.

Gbr. 2.4 *Constructed Wetlands Tipe Sub Surface Flow (SSF)*

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

Sistem *constructed wetland* dirancang sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tumbuhan seperti : *cattail*, *reeds* dll. Sistem *constructed wetland* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan

sistem pengolahan konvensional yang menggunakan sistem *ponds* atau *lagoon*. Kendala-kendala yang sering ditemui pada sistem *ponds* atau *lagoon* antara lain sebagai berikut:

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

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

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

2.2.3 Biochemical Oxygen Demand (BOD) Dalam Constructed Wetlands

BOD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara biokimia dalam air (Metcalf and Eddy, 1991). Pada umumnya air buangan sebagian besar mengandung bahan organik

yang dapat didegradasikan dengan aktivitas mikroorganisme dalam *constructed wetlands*.

Penguraian bahan organik oleh bakteri aerobik



Penguraian bahan organik oleh bakteri anaerobik



Pada sistem *Free Water Surface*, penurunan konsentrasi BOD tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang ada pada akar, batang, dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh ke dalam *wetlands*. Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetlands*, 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 dari daun menuju *rhizosfer* tanaman (Reed, 1987).

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

mineralisasi bahan organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan biofilm yang terdapat pada tanaman.

Perencanaan kedalaman di dalam *constructed wetland* air seharusnya antara 600 mm (24 in) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen (Reed, 1987). Penurunan konsentrasi BOD di dalam *wetlands* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut (Reed, 1987) :

$$C_e / C_o = \exp (- K_T t) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : C_e = effluent BODs, mg / l

C_o = influent BODs, mg / l

K_T = temperatur, bergantung pada laju reaksi orde pertama, hr^{-1}

t = waktu detensi, hr

Hydraulic residence time (waktu detensi) dapat dilihat dengan menggunakan persamaan :

$$t = L W n d / Q \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana : L = panjang, m

W = lebar, m

d = kedalaman air, m

$n =$ porositas

$Q =$ debit rata – rata (Flow in + Flow out) / 2, m^3 / hr

Temperatur yang mempengaruhi pada konstanta kecepatan reaksi dihitung berdasarkan konstanta untuk $20^\circ C$ dan dengan faktor koreksi yang digunakan adalah 1,1 (Tchobanoglous, 1980). Konstanta kecepatan reaksi $K_T = (hr^{-1})$ pada $T (^\circ C)$ dapat ditentukan dengan persamaan :

$$K_T = K_{20} (1,1)^{(T-20)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : $K_{20} =$ *rate constant* pada $20^\circ C = 0,0057 hr^{-1}$

Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan hubungan BOD effluent dapat juga menggunakan persamaan (Reed, 1995) :

$$BOD \text{ effluent} = A * BOD \text{ influent} + B * HLR \dots\dots (2.6)$$

dimana : $A = 0,192$

$B = 0,097$

$BOD =$ *biochemical oxygen demand*, mg / l

$HLR =$ *hydraulic loading rate*, cm / hr

2.2.4 Chemical Oxygen Demand (COD) di Dalam Costructed Wetlands

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

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

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

2.2.5 Padatan Tersuspensi (TSS) di Dalam Constructed Wetlands

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami dalam *wetlands*. Proses fisik yang berperan untuk *meremoval* padatan tersuspensi adalah proses flokulasi, sedimentasi dan

intersepsi. Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* dapat bertambah yang disebabkan oleh sejumlah faktor seperti : pertumbuhan dari bakteri dan alga, sisa – sisa tanaman dan invertebrata, dan aktivitas vertebrata. Sisa – sisa tanaman meliputi : biji, serbuk, daun dan batang yang mati dan jatuh ke dalam *wetlands*. Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air, alga atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfide (USEPA, 1999).

Tanaman dalam *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 di dalam *wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot atau *flok-flok* (Merz, 2000). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *wetlands* (Merz, 2000).

.Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *wetlands*. Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan menuju *wetlands* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi

cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan (Kadlec and Knight, 1996).

Hubungan yang terjadi dilapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokkan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan – pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *constructed wetlands* secara umum dapat menggunakan persamaan (Reed, 1995) :

$$SS_{\text{effluent}} = SS_{\text{influent}} \times (A \times B \times HLR) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : A = 0,1139

B = 0,00213

SS = padatan tersuspensi, mg / L

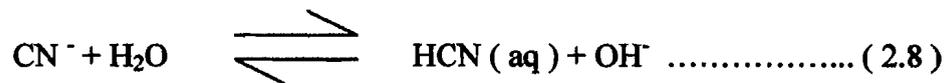
HLR = hydraulic loading rate, cm / hr

2.2.6 Sianida (CN) di Dalam *Constructed Wetlands*

Sianida dikenal dengan asam hidrosionik mempunyai berat molekul 27,03, merupakan larutan tidak berwarna dengan karakteristik bau yang mirip dengan bau almond pahit dengan titik didihnya 26 °C. Sianida mempunyai rumus kimia - $C \equiv N$, sianida dapat diklasifikasikan sesuai dengan sifat fisik kimianya, yaitu : sianida bebas, sianida sederhana, dan sianida kompleks.

Contoh sianida bebas adalah ion sianida (CN^-) dan asam sianida (HCN). Sianida sederhana mempunyai sifat yang tidak stabil sehingga sangat mudah berubah menjadi HCN atau akan membentuk ikatan sianida yang kompleks. Contoh sianida sederhana : *Sodium cyanides, Pottassium cyanides, Calcium cyanides, dan Ammonium Cyanides*. Sianida kompleks merupakan ikatan sianida dengan logam, sianida ini sangat stabil sehingga sangat sulit untuk terurai dalam keadaan normal, seperti : *Cobalt, Ferum, Nickel, Cadmium, dan Mangan*.

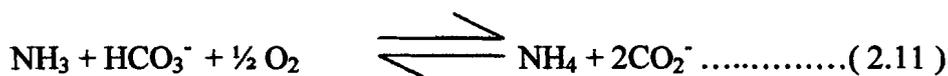
Asam sianida tidak berwarna dalam bentuk gas maupun cair. Salah satu senyawa sianida yang amat populer adalah hidrogen sianida (HCN) karena sifat racunnya yang sangat kuat dan terbentuk sebagai hasil hidrolisis sianida. Di dalam air dan dalam kondisi asam, sianida akan membentuk asam sianida / hidrogen sianida (HCN). Reaksi sianida dalam air dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :



Berat gas HCN lebih ringan dari udara dan mudah menguap, oleh karena itu mudah menyebar ke mana – mana. Pada tekanan 107,6 kPa dan suhu 27,2 °C, HCN mengalami penguapan.



HCN dapat dioksidasi oleh sejumlah mikroorganisme secara alami. Produk yang dihasilkan dari oksidasi mikroorganisme adalah gas ammonia dan karbon dioksida. Reaksi dapat di lihat pada persamaan berikut ini :



2.2.7 Mikroorganisme di Dalam *Constructed Wetlands*

Karakteristik *wetlands* pada dasarnya adalah fungsi *wetlands* itu sendiri, dimana secara garis besar diatur oleh mikroorganisme dan metabolisme mikroorganisme sendiri (Wetzel, 1993). Mikroorganisme dalam *wetlands* meliputi : bakteri, ragi, fungi, protozoa dan alga.

Peran mikroba dalam *wetlands* adalah mengubah bahan organik dan anorganik menjadi bahan yang mudah larut / tidak berbahaya, mengubah kondisi reduksi / oksidasi (redox) dari suatu bahan, mempengaruhi kapasitas dari proses *wetlands*, dan terlibat dalam penggunaan kembali nutrien.

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

Contoh bakteri fakultatif - anaerobik yaitu: *streptococci*, *enterobacteriaceae* dan spora aerobik yaitu: *bacillus spp*, *pseudomonas alcaligenes*, dan *aeromonas spp*. Pada kondisi anaerobik, bakteri yang berperan dalam proses denitrifikasi yaitu: *bacillus*, *micrococcus*, *alcaligenes*, dan *spirillum*. Pada proses nitrifikasi tahap pertama yaitu mengubah ammonium menjadi nitrit, bakteri *kemoautotroph* yang berperan adalah *nitrosomonas*, *nitrosococcus*, *nitrospira*, *nitrosolobus*, dan *nitrosovibrio*. Sedangkan pada proses nitrifikasi tahap kedua yaitu mengubah nitrit menjadi nitrat, bakteri *kemoautotroph* yang berperan adalah *nitrobacter*, *nitrosococcus*, *nitrospina*, *nitrospira*.

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

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

2.2.8 Vegetasi di Dalam *Wetlands*

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

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

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

Pengolahan dalam *wetlands* bergantung pada proses siklus tanaman dalam menyediakan oksigen untuk bakteri aerobik dan struktur dari tanaman dalam menyediakan substrat untuk bakteri aerobik dan anaerobik (fakultatif). Proses tidak sempurna tanpa pembentukan lapisan humus (*litter*) pada dasar *wetlands*,

karena lapisan ini merupakan sumber karbon organik yang digunakan mikroorganisme sebagai substrat untuk tumbuh. Lapisan humus terbentuk dari kematian daun atau batang tanaman yang jatuh ke permukaan air.

2.2.9 Kriteria Desain *Constructed Wetlands*

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

Tabel 2.4 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Tipe FWS

Desain	Satuan	Tipe FWS
Waktu tinggal hidrolis	Hari	4 – 15
Kedalaman air	m	0,09144 – 0,609
Laju beban BOD	Kg / ha / hari	< 112
Laju beban hidrolis	m ³ / m ² . hari	0,01 – 0,05
Luas spesifik	Ha / m ³ . hari	0,002 – 0,014
Lebar : Panjang	-	1 : 2 - 10

Sumber : Bendricchio, G., Dal Cin, L. and Persson J., 2000

2.3 Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*)

2.3.1 Gambaran Umum Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*)

Kedudukan tanaman kangkung air dalam tatanama (sistematika) tumbuhan diklasifikasikan ke dalam :

Divisio : *Spermatophyta*

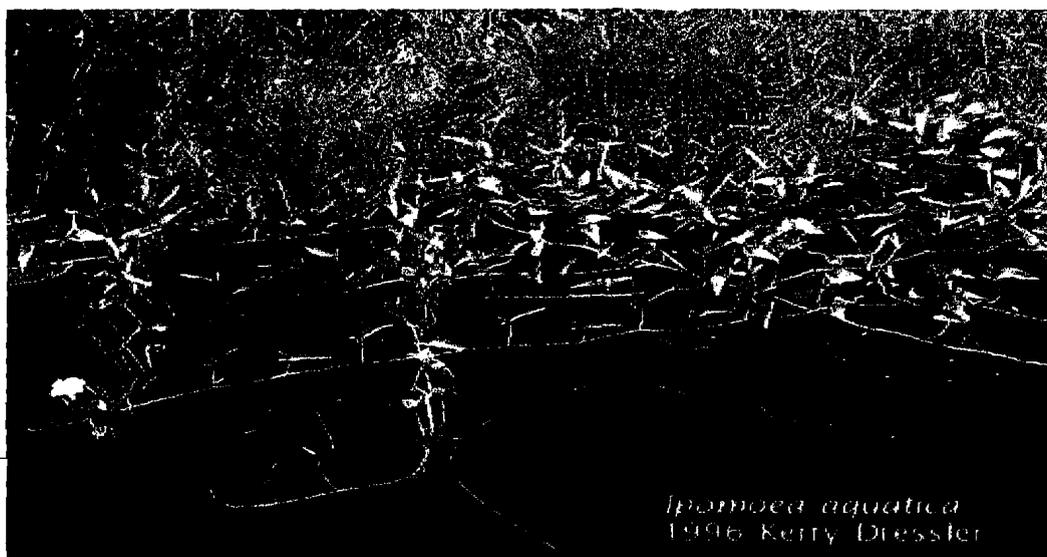
Sub – divisio : *Angiospermae*

Kelas : *Dicotyledoneae*

Famili : *Convolvulaceae*

Genus : *Ipomoae*

Spesies : *Ipomoae aquatica forsk*



Gbr 2.5 Kangkung Air (*Ipomoae Aquatica*)

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

memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang – cabang akarnya menyebar ke semua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60 – 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100 – 150 cm atau lebih. Batang tanaman kangkung berbentuk bulat panjang, berbuku – buku, banyak mengandung air (*herbaceous*), dan berlubang – lubang. Batang tanaman kangkung tumbuh merambat atau menjalar dan percabangannya banyak.

Tangkai daun melekat pada buku – buku batang dan di ketiak daunnya terdapat mata tunas. Daun dan batang yang tenggelam dalam air mempunyai penyebaran kloroplas yang meningkat dengan kutikula yang tereduksi. Absorpsi gas juga dipermudah karena dinding tipis epidermis dan jaringan di sebelah dalamnya. Kutikula biasanya tidak ada pada organ yang tenggelam (Fahn, 1991).

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

Untuk dapat hidup tumbuh – tumbuhan memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam molekul melalui daun, tetapi umumnya unsur hara diambil oleh tumbuhan dalam bentuk ion – ion molekul akar dari dalam tanah.

Makin panjang akar, maka 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. Pada umumnya, unsur – unsur kimia di alam dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

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

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme. Hal ini disebabkan karena ion – ion nitrat, fosfat, sulfat, karbon dan nitrogen merupakan unsur makro, yaitu unsur – unsur hara yang diperlukan dalam jumlah besar (Dwijosaputro, 1986). Penyerapan unsur hara sangat diperlukan bagi tumbuhan untuk melakukan fotosintesis.

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

1. Syarat iklim

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

2. Syarat tanah

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

2.3.2 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoeae Aquatica*) Dalam Sistem *Constructed Wetlands*

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

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

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

Banyak jenis tanaman, khususnya yang hidup dalam habitat air yang memiliki kemampuan sebagai pengolah senyawa organik atau an-organik yang terdapat dalam air buangan (Suriawiria, 1986). Sehubungan dengan kegunaannya sebagai penjernih air limbah, kangkung air berperan dalam biofiltrasi seperti halnya eceng gondok, kaya apu, paku air dan walingin. Pada dasarnya biofiltrasi merupakan penyerapan akumulasi zat – zat polutan yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tumbuhan.

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme *rhizosfera* yang kemudian diserap oleh

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

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

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

Kangkung air dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah. Tumbuhan tersebut mampu menyerap logam berat (penyebab pencemaran) yang terlarut dalam media tumbuh, sehingga kandungannya menjadi 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

sehingga mutu air tersebut meningkat pula. Tanaman *aquatik* dapat menyerap mineral terlarut dan memperkaya air dengan oksigen sebagai hasil fotosintesis.

2.4 Landasan Teori

Permasalahan yang muncul pada industri tapioka adalah limbah cair yang dibuang tanpa pengolahan ke badan air. *Constructed wetlands* merupakan salah satu alternatif untuk menyelesaikan permasalahan di atas. *Constructed wetlands* adalah suatu ekosistem lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang dapat ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya dapat dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme atau komunitas hewan. Pengolahan limbah cair dengan *constructed wetland* yang memanfaatkan peranan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah dan tanaman di area tersebut. Proses – proses yang terjadi dalam *constructed wetlands* seperti sedimentasi, filtrasi, *gas transfer*, *adsorpsi*, *ion exchange*, presipitasi kimiawi, oksidasi dan reduksi sedangkan untuk pengolahan biologis terjadi proses aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman seperti proses *photosintesis*, *photooksida*, *plant uptake*.

Proses untuk removal padatan tersuspensi dalam air limbah dengan proses flokulasi, sedimentasi dan proses filtrasi atau intersepsi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air, sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang

menempel pada permukaan tanah dan kolom air. Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel dalam permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang tersepitasi. Selain untuk menahan partikel dalam proses pengendapan, tanaman juga berfungsi untuk mengurangi kecepatan air dengan menggunakan bagian batang tanaman sehingga kecepatan air menjadi rendah dan sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme, sebagai pembawa oksigen ke lapisan substrat dengan bantuan sistem perakaran dan tempat terbentuknya atau menempelnya lapisan biofilm yang terdapat dalam *constructed wetlands*.

Tanaman sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme baik secara alami maupun di dalam *constructed wetlands* dan memberikan suplai oksigen di dalam lapisan *rhizosphere*. Suplai oksigen yang terjadi di dalam *wetlands* berasal dari atmosfer serta adanya proses fotosintesis oleh tanaman dan alga yang terdapat di dalam air. Ketika akar tanaman menjadi kurang efektif dalam mengoksidasi limbah cair, maka daerah perakaran atau sekitar perakaran merupakan lingkungan oksidasi yang dapat menjadi pelabuhan mikroba aerobik yang dapat meningkatkan proses oksidasi bahan organik khususnya BOD.

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

Penurunan konsentrasi COD dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup, bahan organik yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati partikel – partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang dilepaskan tanaman dan air limbah.

Sianida di dalam air dalam bentuk asam sianida. Asam sianida tidak berwarna dalam bentuk gas maupun cair. Salah satu senyawa sianida yang amat populer adalah hidrogen sianida (HCN) karena sifat racunnya yang sangat kuat dan terbentuk sebagai hasil hidrolisis sianida. Di dalam air dan dalam kondisi asam, sianida akan membentuk asam sianida / hidrogen sianida (HCN). Berat gas HCN lebih ringan dari udara dan mudah menguap, oleh karena itu mudah menyebar ke mana – mana. Pada tekanan 107,6 kPa dan suhu 27,2 °C, HCN mengalami penguapan. Penurunan konsentrasi sianida dalam wetlands dapat disebabkan karenanya penguapan. Selain itu HCN dapat dioksidasi oleh sejumlah mikroorganisme secara alami. Produk yang dihasilkan dari oksidasi mikroorganisme adalah gas ammonia dan karbon dioksida .

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

Tanaman kangkung air merupakan tanaman yang memiliki mikroba *rhizosfera* yang mempunyai kemampuan menguraikan benda – benda organik dan

an-organik di dalam air limbah. Tanaman kangkung air berperan dalam proses biofiltrasi. Pada dasarnya biofiltrasi merupakan penyerapan akumulasi zat – zat polutan yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tumbuhan.

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

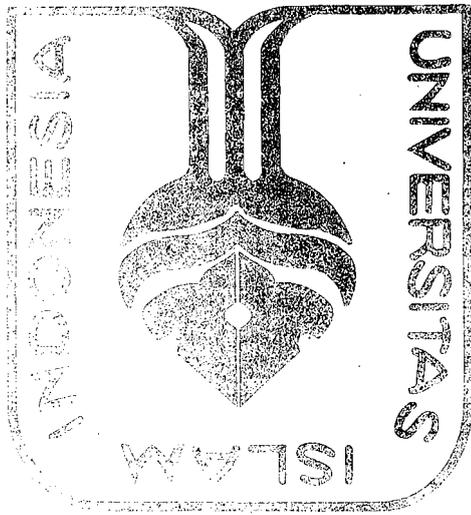
2.5 Hipotesa

Hipotesa penelitian adalah sebagai berikut:

- a. *Constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air dapat digunakan sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah industri tapioka.

- b. *Constructed wetland* dapat menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan Sianida (CN).

جامعة إندونيسيا



BAB III

METODE PENELITIAN

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

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Jalan Kaliurang Km 10, Kelurahan Nganglik, Kabupaten Sleman, Jogjakarta. Sedangkan analisa air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, UII dan Balai Kesehatan Lingkungan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor dengan ukuran 0,5 m X 1,0 m dan ditanami dengan tanaman kangkung air dengan jarak tanam 10 cm X 10 cm.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tapioka yang berasal dari campuran proses pencucian dan proses pengendapan. Limbah ini diambil dari Kota Banjarnegara.

3.3 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan, yaitu dimulai dari bulan Oktober 2004 sampai dengan bulan April 2005, yang terdiri dari persiapan penelitian, pembenihan tanaman, penanaman tanaman pada reaktor, pengambilan

sampel air, pemeriksaan di laboratorium, analisis data serta penyusunan laporan akhir.

3.4 Karakteristik Awal Limbah Cair

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

Tabel 3.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Tapioka

Karakteristik	Satuan	Konsentrasi
BOD	mg/l	2618
COD	mg/l	4560
TSS	mg/l	1243
CN	mg/l	3.292
pH	-	4

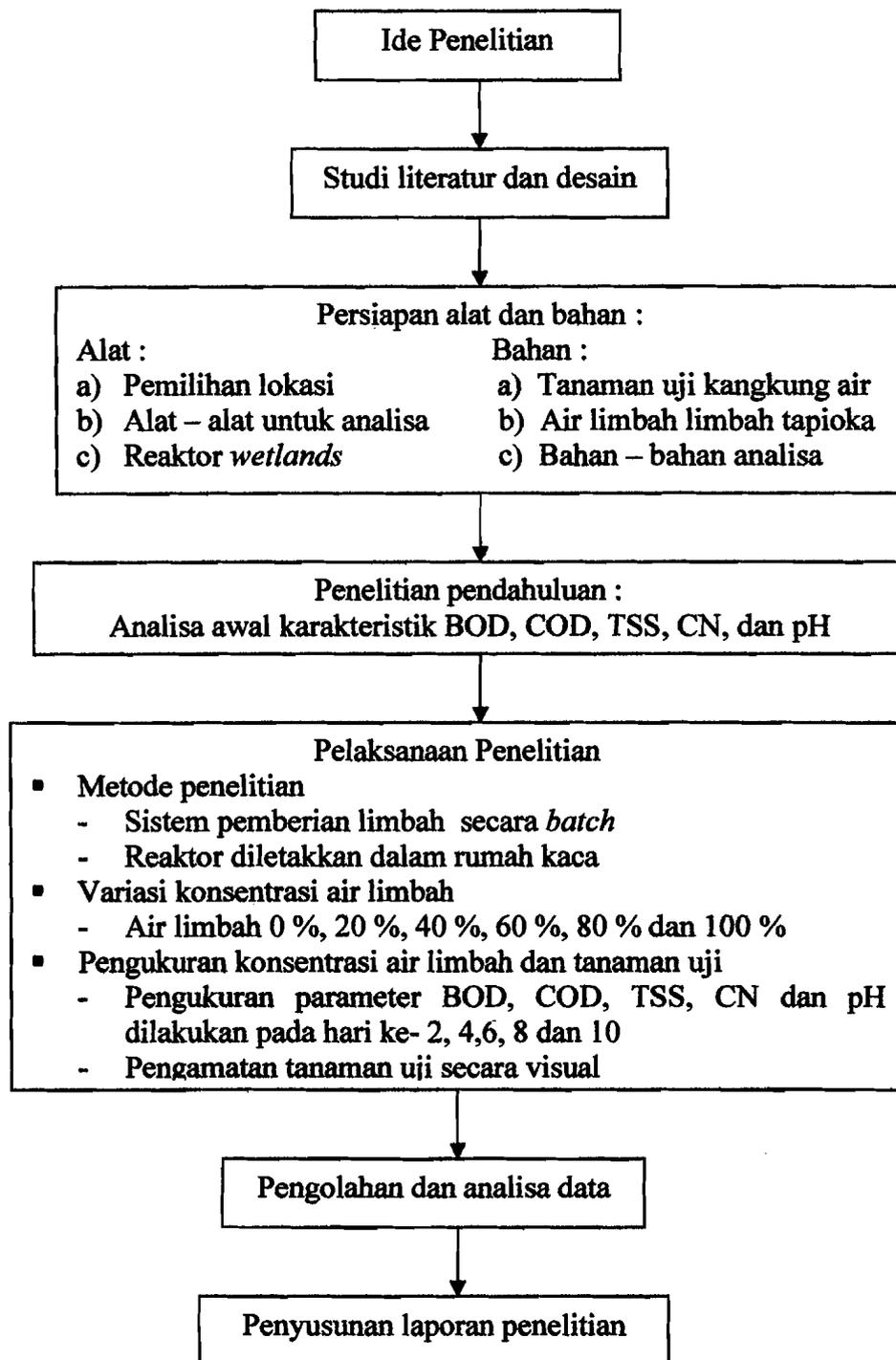
Sumber : Hasil analisa laboratorium

3.5 Parameter Penelitian

Parameter limbah cair tapioka yang diamati dalam penelitian ini meliputi : BOD₅, TSS, COD, dan CN yang telah mendapat perlakuan di dalam reaktor *batch constructed wetlands* dengan variasi waktu pengujian.

Tabel 3.2 Parameter Kualitas Air

No	Parameter	Satuan	Bakumutu limbah Industri Tapioka Kep Men LH no 51 thn 1995	Hari ke						Metode pemeriksaan
				0	2	4	6	8	10	
1	BOD	mg / L	200							Winkler
2	COD	mg / L	400							Titrimetri
3	TSS	mg / L	150							Gravimetri
4	Sianida	mg / L	0,5							Spektrofotometri



Gbr.3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Desain *Constructed Wetlands*

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

a. Tanaman dalam reaktor

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatic*). Penanaman kangkung pada awalnya dengan membuat lubang yang berjarak 10 cm x 10 cm, kemudian tiap lubang ditanami satu bibit kangkung air dengan kedalaman 2,5 – 5,0 cm. Tanaman kangkung yang telah ditanam diberi air setinggi 15 cm di atas permukaan tanah yang telah jenuh. Penelitian dilakukan dalam rumah tanaman. Media tanaman yang digunakan adalah tanah.

b. Dimensi reactor

Reaktor dibuat dengan kayu dan dipasang plastik sebagai lapisan kedap air. Reaktor yang digunakan dalam penelitian berjumlah 6 buah, terbagi atas:

- a) Reaktor kontrol, dialiri air limbah dengan konsentrasi 100 % dan tidak ditanami tanaman kangkung air.
- b) Reaktor uji, dialiri air limbah dengan konsentrasi 100 %, 80 %, 60 %, 40 %, dan 20 % serta ditanami tanaman kangkung air.



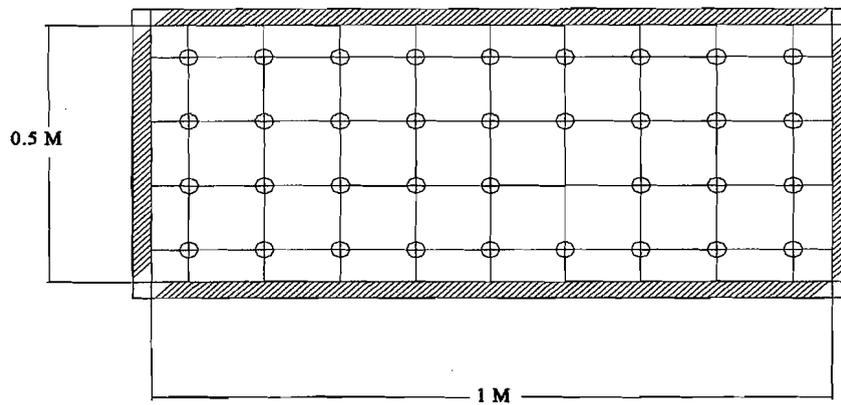
Adapun perhitungan dimensi reaktor *batch constructed wetlands* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Perhitungan Dimensi Reaktor Batch Constructed Wetlands

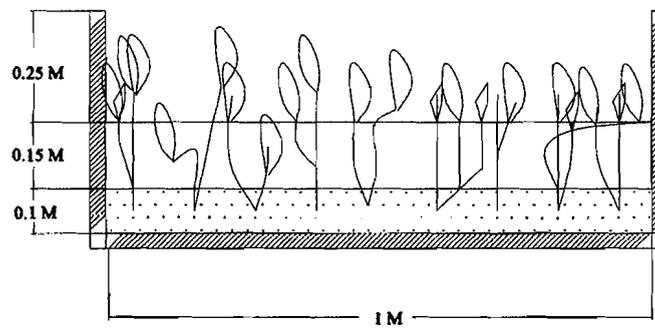
Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan
Waktu detensi	td	10	hr	
Kemiringan	s	0,001	m / m	
Ketinggian air	d	0,15	m	
Tebal substrat	h	0,1	m	
Freeboard	fb	0,2	m	
Debit yang dialirkan	Q	75	L	
Volume basah	Vb	0,075	m ³	
Luas area	A	0,5	m ²	Vb / d
Lebar : Panjang	W : L	1 : 2		
Lebar	W	0,5	m	A = L x W
Panjang	L	1	m	2 x W
Volume reaktor	Vr	0,225	m ³	A x (d + h + fb)

(Sumber : Hasil perhitungan)

Di bawah ini merupakan gambar tampak atas dan tampak samping dari hasil perhitungan dimensi *reaktor batch constructed wetlands* di atas yaitu :



Gbr. 3.2 Reaktor *Batch Constructed Wetlands* Tampak Atas (tanpa skala)



Gbr. 3.3 Reaktor *Batch Constructed Wetlands* Tampak Samping (tanpa skala)

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini dilakukan 2 tahap pelaksanaan, yaitu :

- a. Penyiapan konstruksi reaktor *wetlands*, reaktor dibuat dari kayu dengan ukuran 0,5 m X 1,0 m yang dilapisi dengan plastik sebagai lapisan kedap air. Setiap reaktor diberi tanah jenuh sebagai media tanam kangkung air setinggi 10 cm. Untuk menghindari air hujan masuk apabila terjadi hujan, maka reaktor diberi atap dari plastik. Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor adalah sebagai berikut:

1. Media reaktor yaitu tanah
2. Papan
3. Plastik
4. Paku
5. Kertas label
6. Steples
7. Kayu penyangga

- b. Penyiapan media tanaman, tanaman yang digunakan adalah kangkung air. Penanaman bibit kangkung air dilakukan di luar reaktor. Setelah reaktor siap, maka tanaman kangkung air dipindahkan ke dalam reaktor. Setiap reaktor memanfaatkan kangkung air sebanyak 36 buah tanaman dengan jarak tanam 10 cm x 10 cm. Sebelum tanaman kangkung air dialiri air limbah, tanaman kangkung dialiri air biasa. Hal ini dilakukan dengan

tujuan agar tanaman kangkung beradaptasi terlebih dahulu dengan lingkungan yang baru, adaptasi ini dilakukan selama seminggu. Setelah satu minggu tanaman kangkung air dialiri air limbah industri tapioka dengan ketinggian 15 cm dari ketinggian tanah yang telah dijenuhkan.

3.7.2 Pelaksanaan Penelitian

a. Pengaliran air limbah pada reaktor

Penelitian ini dilakukan dengan proses pengaliran *batch*, dengan variasi konsentrasi limbah cair industri tapioka, yang akan dijadikan objek penelitian dan analisa adalah 20 %, 40 %, 60 %, 80 % dan 100 %. Variasi konsentrasi dilakukan dengan pengenceran yang menggunakan larutan air PAM, dengan rumus :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \dots \dots \dots (3.1)$$

b. Desain sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 0, 2, 4, 6, 8 dan 10. Pengambilan sampling pada hari ke nol dilakukan pada saat sampel akan dimasukkan ke inlet reaktor, dimana hasilnya akan digunakan sebagai data konsentrasi awal limbah. Sampel akan dianalisa di laboratorium.

3.8 Analisa Kualitas Air Limbah

3.8.1 Analisa BOD₅

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

3.8.2 Analisa COD

Prinsip pengukuran COD yaitu senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur sekitar 150 °C. kelebihan kalium dikromat dititrasi oleh larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dengan indikator ferroin. Langkah – langkah analisa COD selengkapnya dapat dilihat pada lampiran III.

3.8.3 Analisa TSS

Analisa TSS dilakukan dengan metode gravimetrik, yaitu analisa berdasarkan pertimbangan berat. Penentuan *solid* dilakukan dengan penyaringan,

pengisatan, pemanasan, penimbangan. Analisa TSS dapat dilihat pada lampiran III.

3.8.4 Analisa CN

Analisa CN dilakukan dengan metode spektrofotometri. Pada metode ini, sampel menyerap radiasi (pemancaran) elektromagnetis, yang pada gelombang tertentu dapat dilihat. Analisa CN dengan metode spektrofotometri selengkapnya dapat dilihat pada lampiran III.

3.9 Analisa Pertumbuhan Tanaman

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

Tabel 3.4 Parameter Pertumbuhan Tanaman

Parameter	Pengamatan hari ke					
	0	2	4	6	8	10
Panjang tanaman						
Panjang daun						
Lebar daun						

3.10 Analisa Data

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

Analisa untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara air buangan di dalam reaktor secara langsung dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu :

$$\eta = (C_o - C_e) / C_o * (100) \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana : η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi awal (mg / L)

C_e = Konsentrasi akhir (mg / L)

Data kualitas air diolah dengan menggunakan digunakan analisis ragam (UNIANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan software SPSS 10; yang diawali dengan *Between – Subjects factors* dengan tujuan untuk melihat

jumlah data antara 2 faktor.. Kemudian dilanjutkan dengan *Test of Between – Subjects Effects*. Untuk *Test of Between – Subjects Effects* digunakan hipotesis :

- i. H_0 = tidak ada pengaruh waktu detensi / konsentrasi limbah terhadap kualitas air
- ii. H_1 = ada pengaruh waktu detensi / konsentrasi limbah terhadap kualitas air

Dengan dasar pengambilan keputusan

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

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN pada limbah cair tapioka dengan *constructed wetlands* menggunakan tanaman kangkung air.

Penelitian ini diawali dengan menanam bibit kangkung dan membuat reaktor *constructed wetlands*. Reaktor dibuat dari kayu dengan ukuran 0,5 m X 1,0 m sebanyak 6 buah, yang terdiri dari 1 buah reaktor kontrol dan 5 buah reaktor uji. Satu reaktor terdapat 36 buah tanaman kangkung air dengan jarak tanam 10 cm X 10 cm. Kangkung air tidak langsung diberi limbah tetapi diberi air biasa. Hal ini dimaksudkan agar kangkung beradaptasi terlebih dahulu dengan lingkungan yang baru. Proses adaptasi ini dilakukan selama seminggu, setelah proses selesai kemudian tanaman dialiri dengan air limbah. Setiap dua hari sekali, air limbah diambil untuk dianalisa di laboratorium.

4.1 Analisa Kualitas Limbah Cair Industri Tapioka

4.1.1 Penurunan Konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅)

BOD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara biokimia dalam air. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan konsentrasi BOD₅ limbah cair tapioka dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah yang berbeda.

Penurunan konsentrasi BOD₅ ini cukup nyata terhadap waktu tinggal air limbah dalam reaktor.

Setiap reaktor mempunyai kemampuan yang berbeda – beda dalam mengoksidasi BOD₅. Hasil analisa BOD₅ tiap reaktor dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

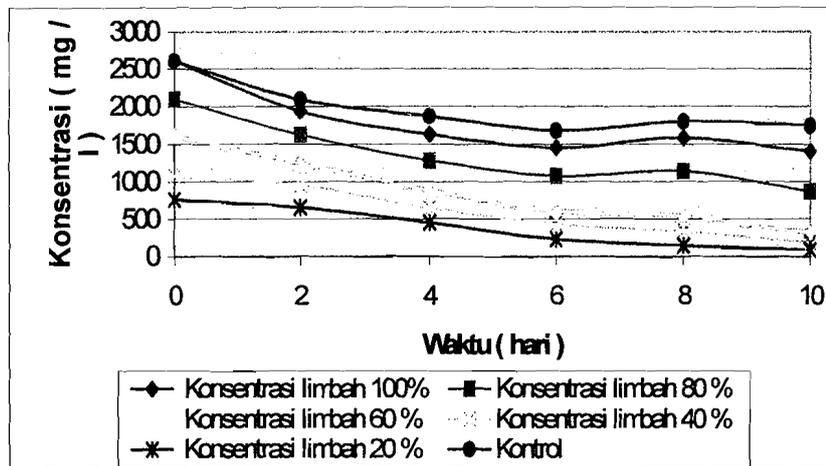
Tabel 4.1 Effisiensi Konsentrasi BOD₅ Limbah Cair Tapioka (%)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %			Konsentrasi limbah 80 %			Konsentrasi limbah 60 %		
	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	2618	2618	0	2103	2103	0	1608	1608	0
2	2618	1941	25,84	2103	1625	22,74	1608	1244	22,64
4	1941	1632	37,67	1625	1279	39,17	1244	887	44,88
6	1632	1450	44,59	1279	1078	48,74	887	605	62,40
8	1450	1581	39,62	1078	1138	45,90	605	544	66,20
10	1581	1402	46,45	1138	867	58,78	544	316	80,36

Lanjutan tabel 4.1

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 40 %			Konsentrasi limbah 20 %			Kontrol (konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman)		
	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi Input (mg/l)	Konsentrasi Output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	1076	1076	0	763	763	0	2618	2618	0
2	1076	955	11,32	763	654	14,25	2618	2096	19,91
4	955	645	40,08	654	454	40,51	2096	1873	28,44
6	645	434	59,72	454	232	69,55	1873	1682	35,75
8	434	342	68,20	232	151	80,19	1682	1802	31,16
10	342	184	82,94	151	92	87,99	1802	1749	33,18

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)



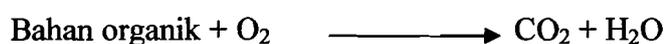
Gbr. 4.1 Hubungan Konsentrasi BOD₅ Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu

Berdasarkan dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa untuk reaktor konsentrasi limbah 100 % mengalami penurunan konsentrasi sebesar 44,59 % dengan konsentrasi awal limbah 2618 mg/l menjadi 1450 mg/l pada hari ke 6. Untuk reaktor konsentrasi limbah 80 % mengalami penurunan sebesar 48,74 % dengan konsentrasi awal 2103 mg/l menjadi 1078 mg/l pada hari ke 6. Sedangkan reaktor konsentrasi limbah 60 % mengalami penurunan sebesar 80,36 % dengan konsentrasi awal 1608 mg/l menjadi 316 mg/l pada hari ke 10. Reaktor konsentrasi limbah 40 % mengalami penurunan konsentrasi sebesar 82,94 % dengan konsentrasi awal 1076 mg/l menjadi 184 mg/l pada hari ke 10. Untuk reaktor konsentrasi limbah 20 % terjadi penurunan konsentrasi sebesar 87,99 % pada hari ke 10 dengan konsentrasi awal 763 mg/l menjadi 92 mg/l. Sedangkan reaktor kontrol terjadi penurunan konsentrasi sebesar 35,75 mg/l pada hari ke 6 dengan konsentrasi awal limbah 2618 mg/l dengan 1682 mg/l.

Penurunan konsentrasi BOD₅ di dalam reaktor dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman kangkung air dalam *wetlands*. Selain mikroorganisme dan tanaman, terdapat faktor lain yang mendukung proses penguraian bahan organik yaitu oksigen, oksigen dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik karbon yang terkandung dalam limbah secara aerobik oleh mikroorganisme. Suplai oksigen diperoleh mikroorganisme dari proses fotosintesis tanaman, alga, dan biofilm, proses difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air, serta dari translokasi oksigen menuju lapisan rhizosfer. (Merz, 2000; Reed, 1987). Apabila suplai oksigen tidak sesuai (kurang) dengan yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik maka penguraian bahan organik akan berjalan secara anaerob.

Pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, 80 %, 60 % dan 100 % tanpa tanaman dari awal pengolahan sampai hari ke 2 terjadi penguraian bahan organik secara aerobik sedangkan pada hari ke 3 sampai hari ke 10 mulai terjadi penguraian bahan organik secara anaerobik, hal ini dapat dilihat karena timbulnya bau pada reaktor yang berasal dari hasil penguraian bahan organik serta terjadinya perubahan warna limbah cair yang terdapat dalam reaktor yang semakin lama semakin hitam. Sedangkan pada reaktor konsentrasi limbah 40 % dan 20 % terjadi penguraian bahan organik secara aerob dari awal pengolahan sampai akhir pengolahan.

Penguraian bahan organik secara aerob :

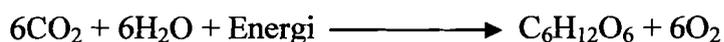


Penguraian bahan organik secara anaerob :



Proses fotosintesis :

sinar matahari



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

Pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, 80 % dan 100 % tanpa tanaman (kontrol) cenderung meningkat pada hari ke 8 dan mengalami penurunan konsentrasi kembali pada hari ke 10. Pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, konsentrasi meningkat dari 1450 mg/l pada hari ke 6 menjadi 1581 mg/l pada hari ke 8 dan mengalami penurunan konsentrasi menjadi 1402 mg/l pada hari ke 10. Sedangkan pada reaktor konsentrasi limbah 80 %, konsentrasi mengalami peningkatan dari 1078 mg/l pada hari ke 6 menjadi 1138 mg/l pada hari ke 8, serta

mengalami penurunan konsentrasi pada hari ke 10 menjadi 867 mg/l. Dan pada reaktor kontrol dengan konsentrasi 1682 mg/l pada hari ke 6 meningkat menjadi 1802 mg/l pada hari ke 8, tetapi pada hari ke 10 menurun menjadi 1749 mg/l.

Peningkatan konsentrasi BOD pada reaktor konsentrasi limbah 100 % dan 80 % karena tanaman mati. Kematian tanaman terjadi secara perlahan, mulai terjadi pada hari ke 3 tetapi kematian terbesar terjadi mulai hari ke 6 yaitu lebih dari $\frac{3}{4}$ tanaman dari tanaman keseluruhan yang ada mati pada reaktor tersebut. Hal ini disebabkan karena sianida yang terlalu bersifat racun bagi tanaman dan mikroorganisme, pH yang rendah (asam) dan bahan organik yang terlalu tinggi. Konsentrasi sianida sebelum hari ke 6 merupakan konsentrasi yang berbahaya bagi tanaman dan mikroorganisme air lainnya karena $\geq 0,5$ mg/l.

Batang dan daun tanaman yang mati jatuh ke kolom air sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan bahan organik yang berakibat meningkat pula konsentrasi BOD₅ di dalam kolom air. Karena banyaknya tanaman yang mati maka bakteri mendapatkan oksigen dari proses *reaerasi* dari atmosfer. Pada hari ke 10 konsentrasi BOD₅ mengalami penurunan kembali karena bahan organik yang diuraikan oleh bakteri dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan untuk berfotosintesis. Kadar sianida pada hari ke 6 sudah berkurang sifat racunnya bagi mikroorganisme dan tanaman. Hal ini terlihat dari munculnya tunas – tunas baru dari permukaan air dalam reaktor konsentrasi limbah 100 % dan 80 % pada hari ke 10. adanya pH yang makin lama meningkat merupakan salah satu factor pendukung pertumbuhan tanaman.

Pada reaktor limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol) pertambahan konsentrasi BOD pada hari ke 8 disebabkan karena adanya alga dan bakteri. Karena pada hari ke 6 terlihat lapisan biofilm yang sangat tebal dan hitam pada permukaan reaktor. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyaknya bakteri yang ada di reaktor. Pertumbuhan alga dan bakteri terjadi mulai hari ke 6 karena pada hari ke 6 konsentrasi sianida $\leq 0,5$ mg/l, dimana konsentrasi tersebut adalah bersifat kurang beracun bagi mikroorganisme dan tanaman air. Alga dapat tumbuh dengan pesat di dalam *wetlands* jika di dalam *wetlands* tidak terdapat vegetasi / tumbuhan.

Menurut Scott, 2004 bahwa alga dan bakteri ada di dalam air tawar dan air asin secara alami. Reed, 1987 juga mengemukakan bahwa alga dapat tumbuh apabila tersedia nutrien dan sinar matahari yang cukup untuk proses asimilasi alga. Alga dan bakteri yang tumbuh pesat merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi BOD₅ dalam limbah cair pada reaktor. Hal ini disebabkan karena adanya siklus hidup dan matinya alga, bakteri, serta bangkai daun yang mati dan jatuh ke dalam air limbah. Apabila alga, bakteri dan daun serta batang tanaman mati di dalam air maka akan menyebabkan jumlah karbon organik bertambah di dalam reaktor.

Selisih efisiensi antara tanaman kangkung air dengan tanpa tanaman kangkung air dalam mengurai kandungan bahan-bahan organik dalam air limbah untuk menurunkan parameter pencemar BOD pada penelitian ini dapat dilihat di bawah ini :

Tabel 4.2 Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi BOD antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air

Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Total effisiensi	Selisih Effisiensi
100 % dengan tanaman	%	46,45	13,27
80 % dengan tanaman	%	58,78	25,60
60 % dengan tanaman	%	80,36	47,18
40 % dengan tanaman	%	82,94	49,76
20 % dengan tanaman	%	87,99	54,81
100 % tanpa tanaman	%	33,18	-

(Sumber : Hasil perhitungan)

Dari tabel di atas, tanaman juga berperan dalam penguraian bahan organik. Tanaman bekerjasama dengan mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tapioka. Keuntungan menggunakan tanaman dalam reaktor yaitu tanaman dapat menjadi tempat melekatnya bakteri terutama di bagian akar, tanaman dapat mentransfer oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis yang terjadi di bagian daun ke akar, tanaman juga dapat mencegah terjadinya pertumbuhan alga yang pesat, dan tanaman juga dapat memperlambat aliran air sehingga meningkatkan proses sedimentasi.

Proses dekomposisi akan berjalan seimbang apabila jumlah bahan organik yang masuk ke dalam reaktor sebanding dengan jumlah persediaan oksigen. Kekurangan oksigen dalam air serta adanya pelarutan karbon dioksida dapat menghambat proses penguraian bahan organik.

Tabel 4.3 Hasil *Test of Between – Subjects Effects* Konsentrasi BOD₅

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BOD

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11478347.7 ^a	9	1275371.970	88.083	.000
Intercept	29800333.3	1	29800333.33	2058.155	.000
WAKTU	3924797.067	5	784959.413	54.213	.000
KONST	7553550.667	4	1888387.667	130.421	.000
Error	289582.933	20	14479.147		
Total	41568264.0	30			
Corrected Total	11767930.7	29			

a. R Squared = .975 (Adjusted R Squared = .964)

Dari hasil *Test of Between – Subjects Effects* konsentrasi BOD₅ terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung adalah 54,213 dengan probabilitas 0,000. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka H₀ ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD₅. Waktu detensi yang lama akan memberikan kontak yang lebih lama antara mikroorganisme dengan air limbah serta memberikan kesempatan tanaman untuk mentransfer oksigen ke akar. Di samping itu juga memberikan kesempatan kepada mikroorganisme dan tanaman untuk beradaptasi terhadap kandungan yang terdapat dalam limbah cair. Variasi konsentrasi juga mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD₅, hal ini dapat dilihat dari *Test Between – Subjects Effects* yang mempunyai F hitung 130,421 dengan probabilitas 0,000 yang berarti $\alpha < 0,05$ sehingga diputuskan bahwa H₀ ditolak yaitu variasi konsentrasi limbah mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD₅ (Lampiran V). Karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula kandungannya. Apabila kandungan lebih tinggi daripada

kandungan limbah yang dapat diuraikan tanaman dan bakteri maka kandungan yang berlebih tersebut dapat menjadi racun bagi tanaman dan bakteri sehingga menyebabkan kematian tanaman dan bakteri. Kematian tanaman dan bakteri dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi BOD₅.

4.1.2 Penurunan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air limbah secara kimia. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang dapat teroksidasi dapat diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam (Metcalf and Eddy, 1991). Pengukuran COD dilakukan karena dalam limbah cair tapioka mengandung sianida. Sianida merupakan senyawa beracun bagi tumbuhan dan mikroorganisme air jika konsentrasi di dalam air > 0,5 mg / l. Pengukuran nilai COD sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air buangan industri dan domestik yang mengandung senyawa / unsur yang beracun bagi mikroorganisme (Metcalf and Eddy, 1991). Di bawah ini dapat dilihat konsentrasi COD masing – masing reaktor.

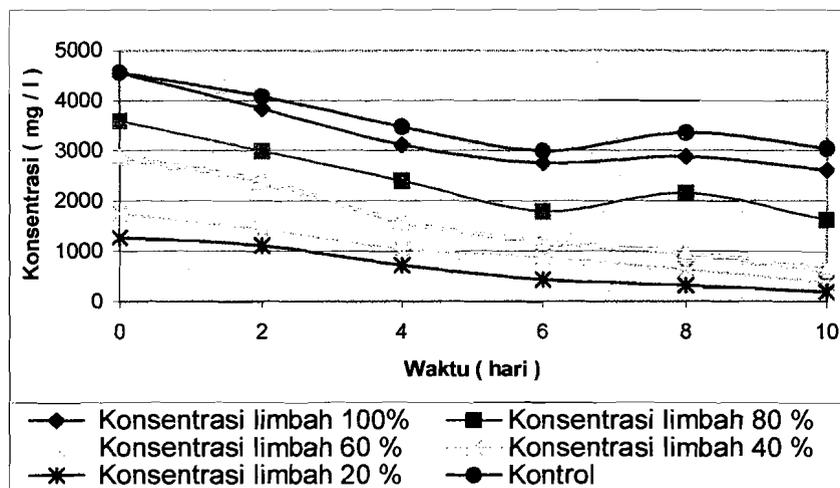
Tabel 4.4 Effisiensi Konsentrasi COD Limbah Cair Tapioka (%)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %			Konsentrasi limbah 80 %			Konsentrasi limbah 60 %		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	4560	4560	0	3600	3600	0	2880	2880	0
2	4560	3840	15,79	3600	3000	16,67	2880	2400	16,67
4	3840	3120	31,58	3000	2400	33,33	2400	1600	44,44
6	3120	2760	39,47	2400	1800	50,00	1600	1200	58,33
8	2760	2880	36,84	1800	2160	40,00	1200	960	66,67
10	2880	2621	42,53	2160	1622	54,93	960	624	78,33

Lanjutan tabel 4.4

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 40 %			Konsentrasi limbah 20 %			Kontrol (konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman)		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	1760	1760	0	1280	1280	0	4560	4560	0
2	1760	1440	18,18	1280	1120	12,50	4560	4080	10,53
4	1440	1040	40,91	1120	720	43,75	4080	3480	23,68
6	1040	880	50,00	720	440	65,63	3480	3000	34,21
8	880	640	63,64	440	320	75,00	3000	3360	26,32
10	640	374	78,73	320	187	85,37	3360	3058	32,95

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)



Gbr. 4.2 Hubungan Konsentrasi COD Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu

Berdasarkan dari tabel 4.4 diketahui pada reaktor konsentrasi limbah 100% menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 39,47 % dengan konsentrasi awal 4560 mg/l menjadi 2760 mg/l pada hari ke 6. Untuk reaktor konsentrasi limbah 80 % penurunan konsentrasi terjadi sebesar 50 % dengan konsentrasi awal 3600 mg/l menjadi 1800 mg/l pada hari ke 6. Sedangkan reaktor konsentrasi limbah 60 % mengalami penurunan konsentrasi sebesar 78,33 % dengan konsentrasi awal 2880 mg/l menjadi 624 mg/l pada hari ke 10. Dan reaktor konsentrasi limbah 40 % terjadi penurunan konsentrasi sebesar 78,73 % dengan konsentrasi awal 1760 mg/l menjadi 364 mg/l pada hari ke 10. Reaktor konsentrasi limbah 20 % menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 85,37 % dengan konsentrasi awal 1280 mg/l menjadi 187 mg/l pada hari ke 6. Pada reaktor kontrol menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 34,21 % dengan konsentrasi awal 4560 mg/l menjadi 3000 mg/l pada hari ke 6.

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

Penurunan konsentrasi COD di dalam *constructed wetlands* karena adanya aktivitas mikroorganisme dan tanaman yang ada dalam sistem tersebut. Pada reaktor limbah konsentrasi 100 80, 60 dan 100 % tanpa tanaman mengalami proses penguraian secara aerob pada hari pertama sampai ke 2 pengolahan. Sedangkan proses penguraian bahan organik secara anaerob terjadi pada hari ke 3 sampai hari ke 10 pengolahan. Dari awal pengolahan sampai akhir, penguraian bahan organik terjadi secara aerob pada reaktor konsentrasi 20 % dan 40 %.

Penguraian bahan organik secara aerob :



Penguraian bahan organik secara anaerob :



Proses fotosintesis :

sinar matahari



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

Dari gambar 4.2 menunjukkan peningkatan konsentrasi COD pada hari ke 8 pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, reaktor konsentrasi limbah 80 % dan reaktor kontrol. Dan kemudian diikuti penurunan konsentrasi pada hari ke 10. Pada reaktor konsentrasi limbah 100 % peningkatan konsentrasi terjadi dari konsentrasi 2760 mg/l pada hari ke 6 menjadi 2880 mg/l pada hari ke 8, dan mengalami penurunan menjadi 2621 mg/l pada hari ke 10. Sedangkan reaktor konsentrasi limbah 80 % mengalami peningkatan konsentrasi dari konsentrasi 1800 mg/l pada hari ke 6 menjadi 2160 mg/l pada hari ke 8, dan mengalami penurunan menjadi 1622 mg/l pada hari ke 10. Dan pada reaktor kontrol peningkatan konsentrasi terjadi dari konsentrasi 3000 mg/l pada hari ke 6 menjadi

3360 mg/l pada hari ke 8, dan mengalami penurunan menjadi 3058 mg/l pada hari ke 10.

Peningkatan konsentrasi COD pada reaktor konsentrasi limbah 100 % dan 80 % disebabkan adanya kematian tanaman. Batang dan daun tanaman yang mati jatuh ke kolom air sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan bahan organik yang berakibat meningkat pula konsentrasi COD di dalam kolom air. Kematian tanaman terjadi secara perlahan, pada hari ke 3 tanaman mulai mati dan kematian terbesar terjadi pada hari ke 6 yaitu lebih dari $\frac{3}{4}$ tanaman dari tanaman keseluruhan yang ada mati pada reaktor tersebut. Hal ini disebabkan karena sianida yang terlalu bersifat racun bagi tanaman dan mikroorganisme, pH yang rendah (asam) dan bahan organik yang terlalu tinggi. Konsentrasi sianida sebelum hari ke 6 merupakan konsentrasi yang berbahaya bagi tanaman dan mikroorganisme air lainnya karena $\geq 0,5$ mg/l. Tetapi akar tanaman yang mati tersebut tidak ikut mati karena pada hari ke 10 tanaman baru tumbuh di dalam reaktor tersebut.

Peningkatan konsentrasi COD pada hari ke 8 pada reaktor limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol) disebabkan karena populasi alga dan bakteri. Karena pada hari ke 6 terlihat lapisan biofilm yang sangat tebal dan hitam pada permukaan reaktor. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyaknya bakteri yang ada di reaktor. Pertumbuhan alga dan bakteri terjadi mulai hari ke 6 karena pada hari ke 6 konsentrasi sianida $\leq 0,5$ mg/l, dimana konsentrasi tersebut adalah konsentrasi yang mengurangi sifat racunnya bagi mikroorganisme dan tanaman air.

Tersedianya nutrisi dan sinar matahari yang cukup sangat mendukung pertumbuhan alga. Pertumbuhan alga dapat dicegah dengan menanam tanaman air (vegetasi) dalam *wetlands*.

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

Selisih efisiensi removal pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dan tanpa tanaman kangkung air dalam mengurangi kandungan bahan-bahan organik dalam air limbah untuk menurunkan parameter pencemar COD pada penelitian ini dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel 4.5 Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi COD antara Penggunaan Kangkung Air dan tanpa kangkung air

Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Total effisiensi	Effisiensi Tanaman
100 % dengan tanaman	%	42,53	9,58
80 % dengan tanaman	%	54,93	21,98
60 % dengan tanaman	%	78,33	45,38
40 % dengan tanaman	%	78,73	45,78
20 % dengan tanaman	%	85,37	52,42
100 % tanpa tanaman	%	32,95	-

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa tanaman berperan dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tapioka. Penguraian bahan organik oleh bakteri dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis. Fungsi tanaman dalam reaktor adalah sebagai berikut: tanaman dapat menjadi tempat melekatnya bakteri terutama di bagian akar, tanaman dapat mentransfer oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis yang terjadi di bagian daun ke akar, tanaman juga dapat mencegah terjadinya pertumbuhan alga yang pesat, dan tanaman juga dapat memperlambat aliran air sehingga meningkatkan proses sedimentasi.

Tabel 4.6 Hasil *Test of Between – Subjects Effects* Konsentrasi COD

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: COD

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38076335.5 ^a	9	4230703.948	94.322	.000
Intercept	98022532.8	1	98022532.80	2185.374	.000
WAKTU	10851864.0	5	2170372.800	48.388	.000
KONST	27224471.5	4	6806117.883	151.740	.000
Error	897077.667	20	44853.883		
Total	136995946	30			
Corrected Total	38973413.2	29			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .967)

Dari hasil *Test of Between – Subjects Effects* konsentrasi COD terhadap waktu detensi, diperoleh F hitung adalah 48,388 dengan probabilitas 0,000. Oleh karena probabilitas probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak yaitu waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD. Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air. Penurunan konsentrasi COD dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup, bahan organik yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati partikel – partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan kontak yang lebih lama antara mikroorganisme, tanaman dan air limbah. Variasi konsentrasi juga mempengaruhi penurunan konsentrasi COD, hal ini dapat dilihat dari *Test Between – Subjects Effects* yang mempunyai F hitung 151, 740 dengan probabilitas 0,000 yang berarti $\alpha < 0,05$ sehingga diputuskan bahwa H_0 ditolak yaitu variasi konsentrasi limbah

mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD (Lampiran V). Karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula kandungannya. Apabila kandungan lebih tinggi daripada kandungan limbah yang dapat diuraikan tanaman dan bakteri maka kandungan yang berlebih tersebut dapat menjadi racun bagi tanaman dan bakteri. Keracunan ini dapat menyebabkan kematian bagi tanaman dan bakteri sehingga dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi COD.

4.1.3 Penurunan Konsentrasi Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi dalam *wetlands* dapat dihilangkan / diproduksi secara alami. Proses utama untuk meremoval padatan tersuspensi di dalam *wetlands* dengan proses fisika yaitu : proses filtrasi, sedimentasi, intersepsi dan flokulasi.

Dari tabel 4.7 di bawah ini, terlihat penurunan konsentrasi padatan tersuspensi yang nyata. Pada reaktor konsentrasi limbah 100 % terjadi penurunan konsentrasi TSS sebesar 41,75 % dari 1243 mg/l menjadi 724 mg/l pada hari ke 6. Reaktor konsentrasi limbah 80 % mengalami penurunan konsentrasi sebesar 51,96 % dengan konsentrasi awal 945 mg/l menjadi 454 mg/l pada hari ke 6. Pada reaktor konsentrasi limbah 60 % terjadi penurunan konsentrasi sebesar 79,67 % dari konsentrasi awal 777 mg/l menjadi 158 mg/l pada hari ke 10. Pada reaktor konsentrasi limbah 40 % terjadi penurunan konsentrasi sebesar 80,04 % dari 466 mg/l menjadi 93 mg/l pada hari ke 10. Pada reaktor konsentrasi limbah 20 % terjadi penurunan konsentrasi sebesar 80,65 % dari 248 mg/l menjadi 48 mg/l

pada hari ke 10. Pada reaktor kontrol terjadi penurunan konsentrasi TSS sebesar 21,08 % dari 1243 mg/l menjadi 981 mg/l pada hari ke 6.

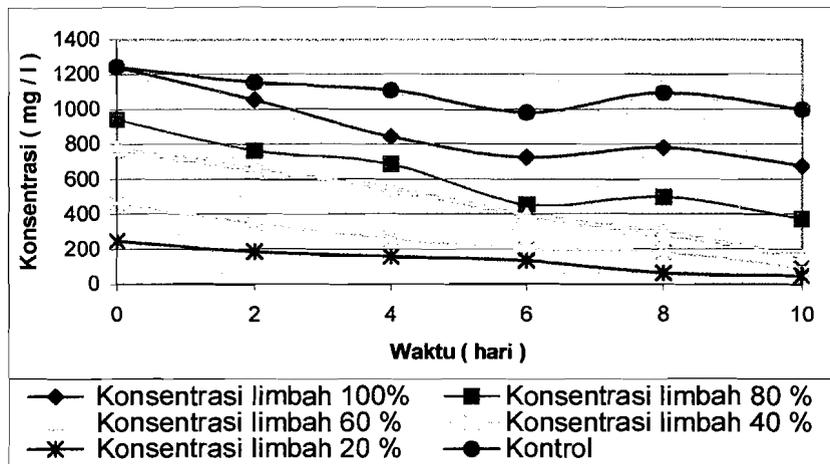
Tabel 4.7 Efisiensi Konsentrasi TSS Limbah Cair Tapioka (%)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %			Konsentrasi limbah 80 %			Konsentrasi limbah 60 %		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	1243	1243	0	945	945	0	777	777	0
2	1243	1056	15,04	945	764	19,15	777	654	15,83
4	1056	844	32,10	764	688	27,20	654	546	29,73
6	844	724	41,75	688	454	51,96	546	395	49,16
8	724	779	37,33	454	497	47,41	395	290	62,68
10	779	677	45,53	497	372	60,63	290	158	79,67

Lanjutan tabel 4.7

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 40 %			Konsentrasi limbah 20 %			Kontrol (konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman)		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	466	466	0	248	248	0	1243	1243	0
2	466	348	25,32	248	187	24,60	1243	1155	7,08
4	348	261	43,99	187	160	35,48	1155	1111	10,62
6	261	201	56,87	160	135	45,56	1111	981	21,08
8	201	183	60,73	135	64	74,19	981	1094	11,99
10	183	93	80,04	64	48	80,65	1094	1001	19,47

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)



Gbr. 4.3 Hubungan Konsentrasi TSS Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu

Pada semua reaktor yang ditanami dengan tanaman, bahan organik dimanfaatkan tanaman untuk proses fotosintesis dari hasil penguraian oleh bakteri. Seiring dengan berlangsungnya proses fotosintesis dan penguraian maka terjadi juga proses penurunan konsentrasi padatan tersuspensi.

Dengan aliran yang pelan maka padatan tersuspensi akan membentuk flok – flok dengan diameter yang semakin lama makin membesar (proses flokulasi) dan semakin berat yang akhirnya akan mengendap di dasar *wetlands* dan membentuk sedimen(proses sedimentasi). Proses flokulasi terjadi pada semua reaktor *wetlands* baik yang ada tanaman maupun tidak. Partikel yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan tanah dan kolom air. Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *wetlands*. Proses sedimentasi pada reaktor *wetlands* yang ada tanamannya lebih

efektif daripada *wetlands* yang tidak bertanaman. Karena tanaman dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi mixing pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan lapisan sedimen.

Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel dalam permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang tersepitasi (USEPA, 1999). Menurut 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.

Dari gambar 4.3 pada hari ke 8 terjadi peningkatan konsentrasi pada tiga reaktor yaitu : reaktor konsentrasi limbah 100 %, reaktor konsentrasi limbah 80 % dan reaktor kontrol. Tetapi pada hari 10 terjadi penurunan konsentrasi TSS pada ke tiga reaktor tersebut. Pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, peningkatan terjadi dari konsentrasi 724 mg/l pada hari ke 6 menjadi 779 mg/l pada hari ke 8, kemudian menurun menjadi 677 mg/l pada hari ke 10. Reaktor konsentrasi limbah 80 %, mengalami peningkatan dari konsentrasi 454 mg/l pada hari ke 6 menjadi 497 mg/l pada hari ke 8, kemudian mengalami penurunan menjadi 372 mg/l pada hari ke 10. Sedangkan pada reaktor kontrol, peningkatan terjadi dari konsentrasi 981 mg/l pada hari ke 6 menjadi 1094 mg/l pada hari ke 8, terjadi penurunan pada hari ke 10 menjadi 1001 mg/l .

Peningkatan konsentrasi TSS terjadi pada reaktor konsentrasi limbah 100 % dan limbah 80 % karena terjadinya kematian tanaman. Kematian terjadi secara bertahap, mulai hari ke 3 pengolahan dan kematian tanaman lebih dari $\frac{1}{4}$

terjadi pada hari ke 6 pengolahan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi sianida awal sampai hari ke 6 pengolahan $\geq 0,05$ mg/l yang bersifat racun bagi tanaman dan mikroorganisme air, pH yang bersifat asam, tidak mendukung pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme, serta bahan organik yang berlebihan menyebabkan daun dan batang kering yang akhirnya mati.. Batang dan daun tanaman yang mati jatuh ke kolom air sehingga menyebabkan bertambahnya kandungan bahan organik.

Sedangkan pada reaktor konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman, pertumbuhan alga dan bakteri terjadi mulai hari ke 6 karena sianida menjadi kurang beracun ($\leq 0,5$ mg/l) bagi mikroorganisme dan tanaman air. Pertumbuhan bakteri ditunjukkan dengan adanya lapisan biofilm yang semakin tebal dan hitam. Pertumbuhan alga pada reaktor konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman didukung dengan tidak adanya tanaman yang menghalangi masuknya sinar matahari yang diperlukan, adanya pH yang semakin lama mulai meningkat juga bahan organik yang memenuhi untuk pertumbuhan alga dan bakteri.

Pada reaktor yang tidak ditumbuhi tanaman atau vegetasi *wetlands* pada umumnya alga dapat tumbuh dengan cepat, karena sinar matahari yang masuk tidak terhalangi oleh tanaman dan tingkat kompetisi dengan tanaman pun tidak terjadi dalam pemanfaatan nutrisi untuk pertumbuhannya. Temperatur dan hembusan angin tidak berpengaruh secara langsung terhadap terjadinya resuspensi padatan yang sudah mengendap karena lapisan sedimentasi berada di bawah permukaan air. Tanaman juga dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan

mengurangi mixing pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen.

Pada penelitian terdahulu dikemukakan bahwa dengan jarak penanaman yang terlalu jauh dapat menyebabkan pembentukan flok – flok kurang sempurna, sehingga efisiensi penurunan TSS menjadi rendah (Andriyani, 2004). Pada penelitian terdahulu dengan jarak tanaman 20 cm x 15 cm diperoleh efisiensi penurunan TSS yang cukup kecil dibandingkan penurunan TSS tanpa tanaman. Berdasarkan dari penelitian terdahulu maka untuk meningkatkan penurunan konsentrasi TSS maka tanaman kangkung air ditanam dengan jarak 10 cm X 10 cm.

Alga dan *cyanobacteria* adalah mikroorganisme yang terdapat dalam air secara alami baik air tawar maupun air asin (Scott, 2004). Alga merupakan organisme eukaryotik yang menyimpan materi genetiknya dalam sebuah jaringan membran yang disebut nucleus. Sedangkan *cyanobacteria* berasal dari kelompok *eubacteria*. *Cyanobacteria* tidak termasuk alga karena tidak mempunyai nucleus atau prokaryotik, dan bukan termasuk bakteri karena mempunyai klorofil dan menggunakan matahari sebagai sumber energi. Pertumbuhan alga dan *cyanobacteria* yang pesat dapat terjadi jika kebutuhan dalam pertumbuhannya terpenuhi seperti : nutrien, sinar matahari dan oksigen dengan pertumbuhan paling tinggi pada saat keadaan temperatur tinggi dan hangat.

Tabel 4.8 Kelompok Alga Yang Umumnya Terdapat Pada Air Tawar

Nama Ilmiah	Nama Umum
Chlorophytes	Green algae
Cryptophytes	Cryptomonads
Dinophytes	Dinoflagellates
Euglenophytes	Euglenoids
Bacillariophytes	Diatoms
Chrysophytes	Yellow – green algae

Selisih efisiensi removal tanaman kangkung air dengan tanpa tanaman kangkung air dalam mengurai kandungan bahan-bahan organik dalam air limbah untuk menurunkan parameter pencemar TSS pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.9 Selisih Efisiensi Removal Konsentrasi TSS antara PenggunaanKangkung Air dan tanpa kangkung air

Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Total effisiensi	Effisiensi Tanaman
100 % dengan tanaman	%	45,53	26,06
80 % dengan tanaman	%	60,63	41,16
60 % dengan tanaman	%	79,67	60,20
40 % dengan tanaman	%	80,04	60,57
20 % dengan tanaman	%	80,65	61,18
100 % tanpa tanaman	%	19,47	-

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

Pada tabel 4.9 dapat dilihat bahwa tanaman berperan dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tapioka. Penguraian bahan organik ini menyebabkan penurunan konsentrasi TSS. Tanaman berfungsi untuk menyerap unsur – unsur yang dihasilkan dari penguraian bahan organik oleh

bakteri. Tanaman juga dapat memperlambat aliran air sehingga meningkatkan proses sedimentasi dan mencegah pertumbuhan alga.

Tabel 4.10 Hasil *Test of Between – Subjects Effects* Konsentrasi TSS

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2839491.633 ^a	9	315499.070	53.107	.000
Intercept	6775401.633	1	6775401.633	1140.489	.000
WAKTU	741093.767	5	148218.753	24.949	.000
KONST	2098397.867	4	524599.467	88.305	.000
Error	118815.733	20	5940.787		
Total	9733709.000	30			
Corrected Total	2958307.367	29			

a. R Squared = .960 (Adjusted R Squared = .942)

Dari hasil *Test of Between – Subjects Effects* di atas, diperoleh F hitung 24,949 dengan probabilitas 0,000. Dari probabilitas $< 0,05$ maka diputuskan bahwa ada pengaruh waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi TSS. Penurunan konsentrasi TSS dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup. Padatan tersuspensi yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati tanaman akan tertahan yang semakin lama semakin berat, pembentukan flok akan sempurna, intersespsi berjalan dengan baik yang akan mengendap di atas partikel – partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, sehingga akan memberikan kesempatan yang lebih lama antara tanaman, tanah dan air limbah. Dari tabel 4.10, diperoleh probabilitas 0,000 dengan F hitung 88,305. sehingga dapat diputuskan bahwa variasi konsentrasi limbah berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Ada pengaruh dari variasi konsentrasi limbah karena

semakin tinggi konsentrasi limbah maka makin tinggi pula konsentrasi dari kandungan limbah tersebut. Tanaman mempunyai ketahanan / dapat hidup pada batas konsentrasi kandungan limbah tertentu. Sehingga apabila konsentrasi dari kandungan limbah lebih dari batas yang dapat menyokong pertumbuhan tanaman maka dapat menjadi racun bagi tanaman tersebut, yang dapat membawa kematian bagi tanaman dan dapat meningkatkan konsentrasi TSS dalam kolom air.

4.1.4 Penurunan Konsentrasi Sianida (CN)

Pada gambar 4.11 menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi CN dalam limbah cair tapioka yang diolah dengan menggunakan *constructed wetland*, sedangkan vegetasi yang digunakan adalah tanaman kangkung air. Pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, penurunan terjadi dari 3,292 mg/l menjadi 0,011 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 99,68 %. Pada reaktor konsentrasi limbah 80 %, penurunan konsentrasi terjadi sebesar 99,72 % dari konsentrasi 3,085 mg/l menjadi 0,009 mg/l. Pada reaktor konsentrasi limbah 60 %, mengalami penurunan penurunan sebesar 99,84 % dengan konsentrasi awal 2,829 mg/l menjadi 0,005 mg/l. Sedangkan reaktor konsentrasi limbah 40 %, penurunan konsentrasi terjadi sebesar 99,88 % dari konsentrasi 2,138 mg/l menjadi 0,003 mg/l. Untuk reaktor konsentrasi limbah 20 %, penurunan terjadi dari 1,123 mg/l menjadi 0,001 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 99,91 %. Dan reaktor kontrol, mengalami penurunan konsentrasi sebesar 97,13 % dengan konsentrasi awal 3,292 mg/l menjadi 0,095 mg/l.

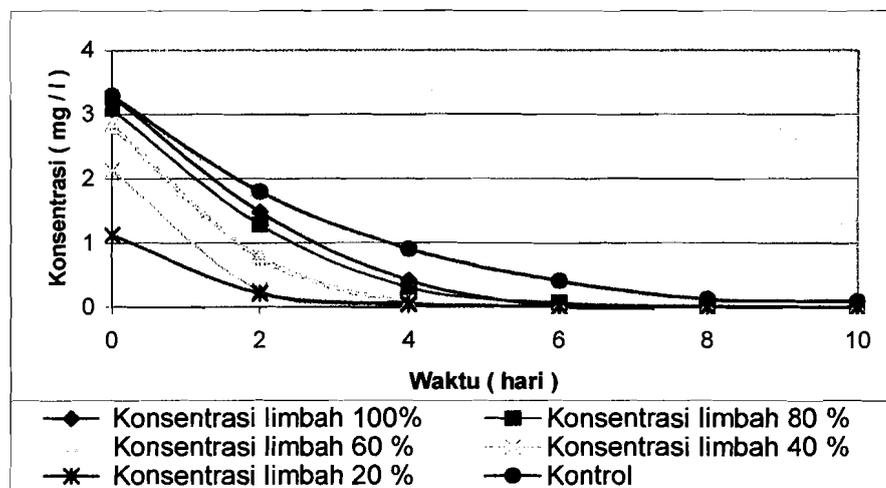
Tabel 4.11 Efisiensi Konsentrasi CN Limbah Cair Tapioka (%)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %			Konsentrasi limbah 80 %			Konsentrasi limbah 60 %		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	3,292	3,292	0	3,085	3,085	0	2,829	2,829	0
2	3,292	1,482	54,99	3,085	1,281	54,48	2,829	0,780	72,45
4	1,482	0,415	87,41	1,281	0,311	89,92	0,780	0,072	97,47
6	0,415	0,016	99,51	0,311	0,063	97,97	0,072	0,019	99,35
8	0,016	0,011	99,68	0,063	0,014	99,56	0,019	0,007	99,77
10	0,011	0,011	99,68	0,014	0,009	99,72	0,007	0,005	99,84

Lanjutan tabel 4.11

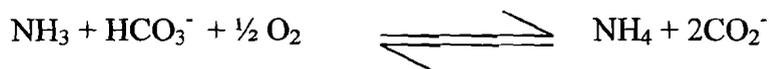
Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 40 %			Konsentrasi limbah 20 %			Kontrol (konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman)		
	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)	Konsentrasi input (mg/l)	Konsentrasi output (mg/l)	Effisiensi (%)
0	2,138	2,138	0	1,123	1,123	0	3,292	3,292	0
2	2,138	0,255	88,07	1,123	0,217	80,72	3,292	1,795	45,47
4	0,255	0,064	97,01	0,217	0,043	96,22	1,795	0,905	72,52
6	0,064	0,016	99,25	0,043	0,009	99,24	0,905	0,406	87,68
8	0,016	0,005	99,79	0,009	0,002	99,82	0,406	0,122	96,31
10	0,005	0,003	99,88	0,002	0,001	99,91	0,122	0,095	97,13

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

**Gbr. 4.4 Hubungan Konsentrasi CN Limbah Cair Tapioka Terhadap Waktu**

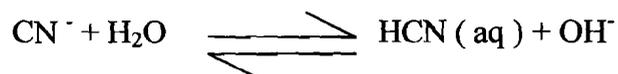
Penurunan konsentrasi sianida di dalam reaktor terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme dan proses penguapan. Dimana sianida dioksidasi menjadi ammonium dan karbon dioksida oleh bakteri. Karbon dioksida yang dihasilkan digunakan tanaman untuk berfotosintesis. Dari fotosintesis dihasilkan oksigen yang akan digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan sianida yang tersisa. Namun penurunan sianida oleh bakteri sangat kecil karena sianida merupakan senyawa yang berbahaya bagi tanaman dan makhluk air.

Persamaan reaksi untuk penguraian sianida oleh mikroorganisme adalah sebagai berikut :



Proses yang paling dominan dalam penurunan konsentrasi sianida dalam *wetlands* adalah penguapan. Karena di dalam air dan dalam kondisi asam, sianida akan membentuk asam sianida / hidrogen sianida (HCN). Berat gas HCN lebih ringan dari udara dan mudah menguap, oleh karena itu mudah menyebar ke mana – mana. Pada tekanan 107,6 kPa dan suhu 27,2 °C, HCN mengalami penguapan.

Reaksi sianida dalam air dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :



Proses penguapan sianida dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :



Selisih efisiensi removal pada reaktor yang menggunakan tanaman kangkung air dengan reaktor yang tanpa tanaman kangkung air dalam mengurai

kandungan bahan-bahan an-organik dalam air limbah untuk menurunkan parameter pencemar CN pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.12 Selisih Effisiensi Removal Konsentrasi CN antara PenggunaanKangkung Air dan tanpa kangkung air

Konsentrasi Air Limbah	Satuan	Total effisiensi	Effisiensi Tanaman
100 % dengan tanaman	%	99,68	2,55
80 % dengan tanaman	%	99,72	2,59
60 % dengan tanaman	%	99,84	2,71
40 % dengan tanaman	%	99,88	2,75
20 % dengan tanaman	%	99,91	2,78
100 % tanpa tanaman	%	97,13	-

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

Penguapan dan oksidasi oleh bakteri dapat menyebabkan penurunan konsentrasi CN. Semakin luas permukaan maka sinar matahari yang masuk semakin banyak dan penguapan dapat berjalan secara cepat. Tabel di atas menunjukkan bahwa tanaman berperan dalam menurunkan konsentrasi CN. Selain untuk tempat melekat bakteri, tanaman juga berfungsi untuk mencegah pertumbuhan alga. Karena alga dapat menghalangi masuknya sinar matahari sehingga proses penguapan akan terganggu.

Tabel 4.13 Hasil *Test of Between – Subjects Effects* Konsentrasi CN

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CN

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.859 ^a	9	2.873	19.988	.000
Intercept	10.300	1	10.300	71.650	.000
WAKTU	24.177	5	4.835	33.638	.000
KONST	1.682	4	.420	2.925	.047
Error	2.875	20	.144		
Total	39.033	30			
Corrected Total	28.734	29			

a. R Squared = .900 (Adjusted R Squared = .855)

Untuk mengetahui pengaruh waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi sianida maka dilakukan *Test of Between – Subjects Effects*. Dari *Test of Between – Subjects Effects* pada tabel 4.13, diperoleh probabilitas $0,000 < 0,05$ yang berarti ada pengaruh waktu detensi yang nyata terhadap penurunan konsentrasi sianida. Waktu detensi yang lama memberikan waktu yang cukup untuk proses penguapan dalam reaktor seiring dengan masuknya sinar matahari ke dalam kolom air. Sedangkan variasi konsentrasi limbah juga berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi CN karena dilihat dari hasil *Test of Between – Subjects Effects* di atas, dimana probabilitas $0,047 < 0,05$ maka variasi konsentrasi berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi CN.

4.2 Analisa Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*)

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 dari dalam tanah. Makin panjang akar, maka makin tersedia unsur hara bagi tanaman, demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan penambahan volume percabangan akar, akan meningkatkan penyerapan unsur hara dari dalam tanah.

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

Menurut Rahmat Rukmana, jarak tanam kangkung air adalah 20 cm X 30 cm. Dengan jarak tanam ini diharapkan bahwa tidak ada persaingan dalam penyerapan nutrien. Pada penelitian terdahulu dengan jarak tanam tanaman kangkung air 20 cm X 15 cm mempunyai efisiensi penurunan konsentrasi TSS yang lebih kecil dibanding efisiensi penurunan TSS tanpa tanaman (Andriyani,2004). Hal ini disebabkan karena jarak yang tanam yang terlalu jauh dapat menyebabkan pembentukan flok – flok yang kurang sempurna sehingga

effisiensi penurunan konsentrasi TSS menjadi rendah. Berdasarkan dari penelitian terdahulu maka untuk meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi TSS, kangkung air ditanam dengan jarak 10 cm X 10 cm. Dengan jarak tanaman yang tidak terlalu dekat dan tidak terlalu jauh maka tidak akan terjadi persaingan nutrisi serta proses sedimentasi dapat berjalan dengan baik.

Kepadatan tingkat tanaman dalam reaktor adalah sebagai berikut :

- Luas daun kangkung air rata-rata = 7 cm x 3,8 cm
- Banyaknya daun kangkung air = 5 helai
- Jumlah kangkung air = 36 buah
- Luas permukaan reaktor = 0,5 m²
- Kepadatan tanaman adalah
$$= \frac{(7 \times 3,8) \times 5 \times 36}{10.000} = 0,48 \text{ m}^2$$
- Luas daerah kontak udara = 0,5 m² - 0,48 m²
= 0,02 m²

Tanaman kangkung pada reaktor konsentrasi limbah 100 %, 80 % dan 60 % mulai mati pada hari ke 3 setelah dialiri air limbah karena limbah cair tapioka bersifat asam (pH=4,5) sehingga tidak mendukung terhadap pertumbuhan tanaman, adanya senyawa sianida yang merupakan senyawa beracun untuk tanaman dengan konsentrasi di air $\geq 0,5 \text{ mg / l}$, serta adanya bahan organik yang berlebih sehingga menyebabkan daun dan batang kering yang akhirnya mati. Kematian terbesar tanaman terjadi pada konsentrasi limbah 100 % dan 80 % pada hari ke 6, lebih dari $\frac{3}{4}$ tanaman mati. Pada hari ke 8 setelah air limbah dialirkan

tanaman kangkung pada reaktor konsentrasi limbah 60 % mulai tumbuh, sedangkan pada reaktor konsentrasi limbah 100 % dan 80 % tanaman kangkung mulai tumbuh pada hari ke 10. Hal ini terjadi karena konsentrasi sianida berada pada kondisi kurang beracun terhadap tanaman ($\leq 0,05$ mg/l), dan pH yang makin lama makin meningkat.

Tabel 4. 14 Lingkungan Tanaman Kangkung Air Untuk Bertahan Hidup

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,9 - 8,2
2	Oksigen terlarut	mg / L	2,5 - 10,2
3	Nitrat	mg / L	0,04 - 2,3
4	Phospat	mg / L	2,5

Sumber : Erin Harwood and Mark Systma, 2003

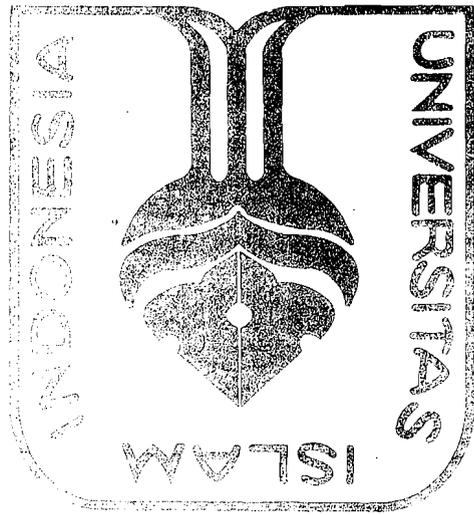
Analisa terhadap tanaman kangkung air dilakukan pengamatan secara visual. Setiap hari diukur lebar daun, panjang daun dan tinggi tanaman kangkung air. Kangkung air mempunyai lebar daun 4,6 cm, panjang daun 6,2 cm dan tinggi tanaman 44,2 cm sebelum diberi / dialiri air limbah. Setelah dialiri air limbah tanaman kangkung air mengalami pertumbuhan dan tidak mengubah morfologi dari kangkung itu sendiri. Berikut pertumbuhan kangkung air setelah dialiri air limbah selama 10 hari.

Tabel 4.15 Pertumbuhan Tanaman Kangkung Air pada Konsentrasi 80 %

Waktu (hari)	Tinggi tanaman (cm)	Lebar daun (cm)	Panjang daun (cm)
0	44,2	4,6	6,2
1	46,4	4,6	6,3
2	47,9	4,6	6,3
3	49	4,6	6,4
4	49,5	4,6	6,4
5	49,7	4,6	6,4
6	50	4,6	6,4
7	50,6	4,6	6,4
8	51,5	4,6	6,4
9	51,5	4,6	6,4
10	51,5	4,6	6,5

(Sumber : Pengamatan visual)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem *constructed wetlands* dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tapioka dengan efisiensi pada hari ke 10 adalah sebagai berikut :
BOD₅ sebesar 87,99 %, COD sebesar 85,37 %, TSS sebesar 80,65 % dan CN sebesar 99,91 %.
2. Tanaman kangkung air berperan dalam penurunan konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan CN pada limbah cair tapioka, karena memanfaatkan bahan organik dan unsur yang lainnya yang terkandung dalam limbah cair tapioka sebagai unsur hara yang digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman kangkung air tersebut.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Disarankan untuk melakukan pengolahan pendahuluan terhadap limbah cair tapioka sebelum diolah dengan menggunakan sistem *constructed wetlands*.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang perilaku sianida (CN) dalam limbah cair tapioka pada sistem pengolahan *constructed wetlands*.

3. Disarankan untuk mengembangkan penelitian dari segi pengaliran limbah secara kontinue dan variasi tanaman.
4. Disarankan untuk memperhatikan faktor – faktor yang mendukung pertumbuhan tanaman yang akan digunakan dalam pengolahan *constructed wetlands* terutama pH, baik pH limbah yang akan diolah maupun pH media tanam untuk mendapatkan hasil efisiensi penurunan yang optimum.
5. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang bakteri yang berperan dalam *constructed wetlands* dalam proses pengolahan limbah cair tapioka.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts. G, dan S. Santika, 1987, *Metodologi Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Andriyani, U., 2004, *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoae Aquatica Forsk)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Anonim, 1994, “ *Limbah Cair Berbagai Industri Di Indonesia : Sumber, Pengendalian Dan Baku Mutu*”, EMDI BAPEDAL, Jakarta.
- Anonim, 2000, *Tepung Tapioka*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 2004, *Pre-Hospital Guidelines for The Emergency Treatment of Delibrate or Accidental Release of Hydrogen Cyanide*, Printed on Behalf of The United Kingdom and Crow Dependencies by The Departement of Health.
- Bendoricchio, G., Dal Cin, L. and Persson j., 2000, *Guidelines For Free Water Surface Wetlands Design.*, EcoSys Bd, 8, 2000, 51-91.
- Benefield, L. D.,and Randall C. W, 1980, *Biological Process Design for Wastewater Treatmnet*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York.
- ~~Cowardin, 1979, dalam Siswoyo, E., 2002, *Pengolahan Air Buangan Domestik (Grey Water) Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dalam Sistem Constructed Wetlands*, Jurusan Teknik Lingkungan dan PPLH- UII, Jogjakarta.~~
- Dwijosaputro, D., 1986, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, PT. Gramedia, Jakarta.
- En – Jang Sun I and Fen – Yi Wu, 1998, *Along – vein Necrosis as Indicator Symptom on Water Spinach Caused by Nickel in Water Culture*, Departement of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, Taipe, Taiwan, Republic of China.
- Environment Australia, 1998, *Cyanida Management*, Best Practise Enviromental Management in Minning, ISBN 0 642 54563 4.

- Erin Harwood and Mark Sytsma, 2003, *Risk Assessment for Chinese Water Spinach (Ipomoae Aquatica) in Oregon*, Center for Lakes and Reservoirs Portland State University Portland, OR 97207.
- Fahn, 1991, dalam Andriyani, U., 2004, *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoae Aquatica Forsk)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Georgia Departement of Natural Resources, 2002, *Guidelines for Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Facilities*, Departement of Natural Resources Enviromental Protection
- Gidley, T. M., 1995, *Development of A Constructed Subsurface Flow Wetlands Simulation Model*, in Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model of Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis in Biological System Engineering, Blacksburg.
- Haberl, R., and Langergraber, G., *Constructed Wetlands Technology*, Departement for Sanitary Engineering and Water Pollution Control (IWGA – SIG), University of Agricultural Sciences Vienna (BOKU), Muthgasse 18, A-1190 Vienna, Austria.
- Hamzah Faizah, 2001, *Teknik Bioflokulasi Alcaligenus Latus pada Industri Tepung Ubi Kayu Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan*, Makalah Falsafah Sains (PPs 702), Program Pasca Sarjana, S3 IPB, Bogor.
- Hilton, B. L., 1993, *Performance Evaluation of A Closed Ecological Life Support System (CELLS) Employing Constructed Wetlands*, in USDA-NRCS, EPA, Regional III, *A Hand Book of Constructed Wetlands: Volume I General Considerations*.
- IWA, 2000, *Wetlands System for Water Pollution Control*, Volume I, II & III, University of Florida, Center for Natural Resources Soil and Water Science Departement Wetland Biogeochemisty Laboratory Center for Wetland, Florida.

- Kadlec, R.H., and R.L.Knight, 1996, *Treatment Wetlands*, CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo.
- Kywater.org, *Total Suspended Solid And water Quality*, dalam Saputra, A., 2004, *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa L) IR – 64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Mary Ann H. Franson, *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Six Teenth Edition, American Public Health Association 1015 Fifteenth Street NW, Washington, DC, 20005
- Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*, Third Edition, Mc Graw - Hill, New York.
- Merz, S.K., 2000, *Using Free Water Surface Constructed Wetlands To Treat Monicipal Sewage*, dalam Saputra, A., 2004, *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa L) IR – 64*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Muers, M. M., 1980, *Biological Purification of Sollution*, in Moenandir, J., dan Hidayat, S., *Peranan Eceng Gondok Dan Kangkung Air*.
- Ray, 1979, dalam Andriyani, U., 2004, *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Pengalengan Jamur dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoae Aquatica Forsk)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Reed,S.C.E.J. Middlebrooks, and R.W. Crites, 1987, *Natural Systems for Waste Management and Treatment*, in U.S, Enviromental Protection Agency, *Desain Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant System For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/625/1-88/022, Center For Enviromental Research Information, Cincinnati, OH 45268.
- Reed,S.C.E.J. Middlebrooks, and R.W. Crites, 1995, *Natural Systems for Waste Management and Treatment*, dalam Saputra, A., 2004, *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan*

- Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa L)*
IR – 64, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Rukmana Rahmat, 1994, *Bertanam Kangkung*, Kanisius, Jogjakarta.
- Santoso, S., 2003, *Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS Versi 11,5*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Saputra, A., 2004, *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa L)* IR – 64, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Scott, N., 2004, *Algae, Cyanobacteria and Water Quality*, dalam Saputra, A., 2004, *Penurunan Konsentrasi BOD₅, COD, TSS dan TN Limbah Cair Domestik dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Padi (Oriza Sativa L)* IR – 64, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – UII, Jogjakarta.
- Siswoyo, E., 2002, *Pengolahan Air Buangan Domestik (Grey Water) Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dalam Sistem Constructed Wetlands*, Jurusan Teknik Lingkungan dan PPLH- UII, Jogjakarta.
- Suriawiria, U., 1993, *Mikrobiologi Air dan Dasar – dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis*, Penerbit ALUMNI, Bandung.
- Tchobanoglous, G., and G.Culp, *Aquaculture System for Wastewater Treatment: An Engineering Assessment*, in U.S, Enviromental Protection Agency, *Desain Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant System For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/625/1-88/022, Center For Enviromental Research Information, Cincinnati, OH 45268.
- USDA-NRCS, EPA, Regional III, *A Hand Book of Constructed Wetlands: Volume I General Considerations*.
- U.S, Enviromental Protection Agency, 1988, *Desain Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant System For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/625/1-88/022, Center For Enviromental Research Information, Cincinnati, OH 45268.

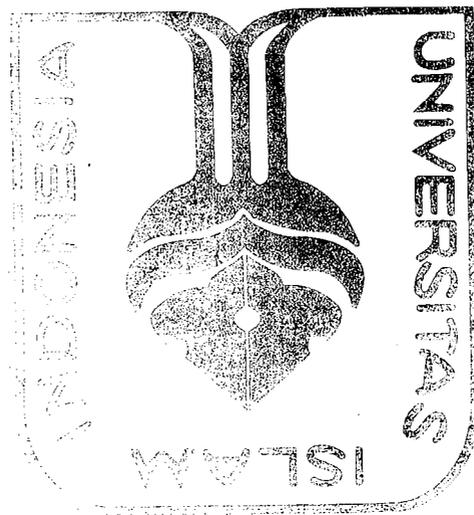
U.S. Environmental Protection Agency, 1999, *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*, EPA/625/R/010, September 1999. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. EPA, Cincinnati, OH.

U.S. Environmental Protection Agency, 2000, *Wastewater Technology Fact Sheet: Free Water Surface Wetlands*, EPA/ 832-F-00-024, Office of Water Washington D.C., September 2000.

Veenstra, S., 1995, *Wastewater Treatment*, IHE Delft, Netherlands.

Wetzel, R.G., 1993, *Constructed Wetlands: Scientific Foundations are Critical*, in USDA-NRCS, EPA, Regional III, *A Hand Book of Constructed Wetlands: Volume I General Considerations*.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI



LAMPIRAN

LAMPIRAN I (DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM)

LAMPIRAN II (DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM)

LAMPIRAN III (ANALISA LABORATORIUM)

LAMPIRAN IV (DOKUMENTASI)

LAMPIRAN V (DATA HASIL UJI UNIANOVA)

LAMPIRAN I

DATA HASIL ANALISA LABORATORIUM

1. Hasil Pengujian BOD₅ Limbah Cair Tapioka

Tabel 1. Konsentrasi BOD₅ Limbah Cair Tapioka (mg/L)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %		Konsentrasi limbah 80 %		Konsentrasi limbah 60 %		Konsentrasi limbah 40 %		Konsentrasi limbah 20 %		Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	2638	2598	2175	2030	1601	1616	1104	1049	783	742	2638	2598
2	1978	1905	1605	1645	1284	1204	965	945	664	644	2106	2086
4	1611	1652	1289	1269	887	887	665	625	464	444	1893	1853
6	1491	1410	1088	1068	625	585	403	464	262	202	1692	1672
8	1571	1591	1148	1128	524	564	302	383	141	161	1812	1792
10	1392	1411	856	877	306	326	183	184	101	82	1748	1750

Sumber: Hasil analisa laboratorium

2. Hasil Pengujian COD Limbah Cair Tapioka

Tabel 2. Konsentrasi COD Limbah Cair Tapioka (mg/L)

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %		Konsentrasi limbah 80 %		Konsentrasi limbah 60 %		Konsentrasi limbah 40 %		Konsentrasi limbah 20 %		Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	4440	4680	3480	3720	2640	3120	1840	1680	1320	1240	4440	4680
2	3960	3720	3240	2760	2480	2320	1520	1360	1080	1160	4200	3960
4	3240	3000	2280	2520	1520	1680	1040	1040	760	680	3720	3240
6	2880	2640	1920	1680	1280	1120	960	800	480	400	3120	2880
8	3000	2760	2280	2040	880	1040	720	560	360	280	3240	3480
10	2746	2496	1747	1498	666	582	416	333	166	208	2995	3120

Sumber: Hasil analisa laboratorium

3. Hasil Pengujian TSS Limbah Cair Tapioka

Tabel 3. Konsentrasi TSS Limbah Cair Tapioka (mg/L)

Waktu (hari)	Konsentrasi 100 %		Konsentrasi 80 %		Konsentrasi 60 %		Konsentrasi 40 %		Konsentrasi 20 %		Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	1216	1270	952	938	784	770	440	492	278	218	1216	1270
2	1078	1034	730	798	612	696	306	390	184	190	1196	1114
4	804	884	684	692	524	568	272	250	152	168	1108	1114
6	716	732	464	444	392	398	194	208	130	140	996	966
8	790	768	492	502	282	298	178	188	62	66	1146	1042
10	704	650	358	386	144	172	90	96	42	54	1014	988

Sumber: Hasil analisa laboratorium

4. Hasil Pengujian CN Limbah Cair Tapioka

Tabel 4. Konsentrasi CN Limbah Cair Tapioka (mg/L)

Waktu (hari)	Konsentrasi 100 %		Konsentrasi 80 %		Konsentrasi 60 %		Konsentrasi 40 %		Konsentrasi 20 %		Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	3,332	3,251	3,085	3,085	2,774	2,884	2,098	2,177	1,224	1,022	3,332	3,251
2	1,455	1,508	1,26	1,302	0,783	0,776	0,239	0,271	0,169	0,264	1,792	1,798
4	0,414	0,415	0,313	0,309	0,072	0,071	0,061	0,067	0,041	0,044	0,823	0,986
6	0,018	0,014	0,063	0,062	0,013	0,024	0,013	0,019	0,009	0,008	0,357	0,454
8	0,012	0,009	0,013	0,014	0,008	0,005	0,004	0,005	0,002	0,002	0,095	0,148
10	0,012	0,009	0,01	0,007	0,004	0,005	0,002	0,003	0,001	0,001	0,104	0,085

Sumber: Hasil analisa laboratorium

5. Hasil Pengujian pH Limbah Cair Tapioka

Tabel 5. Konsentrasi pH Limbah Cair Tapioka

Waktu (hari)	Konsentrasi limbah 100 %		Konsentrasi limbah 80 %		Konsentrasi limbah 60 %		Konsentrasi limbah 40 %		Konsentrasi konsentrasi 20 %		Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0	4	4	4	4	4	4	4,5	4,5	5	5	4	4
2	4	4	4	4	4	4	4,5	4,5	5,5	5,5	4	4
4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	4,5	4,5
6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	6	6	4,5	4,5
8	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	4,5	4,5
10	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6	6	6	6	5	5

Sumber: Hasil analisa laboratorium

LAMPIRAN II

DATA HASIL PENGAMATAN PERTUMBUHAN TANAMAN

KANGKUNG AIR SECARA VISUAL

Tabel 1. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 0

konsentrasi (%)	Pj tmnn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	38.9	3.8	7	tanaman sebagian terendam, warna putih keruh, tdk bau
80	44.2	4.6	6.2	tanaman sebagian terendam, warna putih keruh, tdk bau
60	45	3.2	5.8	tanaman sebagian terendam, warna putih keruh, tdk bau
40	33.7	3.8	7	tanaman sebagian terendam, warna putih agak keruh, tdk bau
20	50	3.4	7.2	tanaman sebagian terendam, warna putih, tdk bau
kontrol	-	-	-	warna putih keruh, tdk bau

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 2. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 1

konsentrasi (%)	Pj tmnn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	43.2	3.8	7.2	warna putih agak keruh, tdk bau
80	46.4	4.6	6.3	warna putih agak keruh, tdk bau
60	62	3.3	5.9	warna putih agak keruh, tdk bau
40	39.3	3.6	7.3	warna putih, tdk bau
20	50.9	4	7.2	warna putih agak bening, tdk bau
kontrol	-	-	-	warna putih agak keruh, tdk bau

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 3. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 2

konsentrasi (%)	Pj tmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	43.7	3.9	7.2	agak bau, warna putih agak keruh
80	47.9	4.6	6.3	agak bau, warna putih agak keruh
60	63.9	3.3	6	agak bau, warna putih agak keruh
40	39.8	3.7	7.3	tdk bau, warna putih bening
20	53.2	4	7.2	tdk bau, warna putih bening
kontrol	-	-	-	agak bau, warna putih agak keruh

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 4. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 3

konsentrasi (%)	Pj tmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	44	3.9	7.2	bau, tanaman mulai mati, warna putih agak hitam
80	49	4.6	6.4	bau, tanaman mulai mati, warna putih agak hitam
60	65.3	3.3	6	bau, tanaman mulai mati, warna putih agak hitam
40	41	3.7	7.3	tdk bau, tanaman msh segar, warna putih bening
20	56.5	4.2	7.2	tdk bau, tanaman msh segar, warna putih bening
kontrol	-	-	-	bau, warna putih agak hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 5. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 4

konsentrasi (%)	Pj tmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	44	3.9	7.2	bau, tanaman sebagian mati, warna putih agak hitam
80	49	4.6	6.4	bau, tanaman sebagian mati, warna putih agak keruh
60	65.3	3.3	6	bau, tanaman sebagian mati, warna putih agak hitam
40	41	3.7	7.3	tdk bau, tanaman tumbuh berkembang, warna putih bening
20	56.5	4.2	7.2	tdk bau, tanaman tumbuh berkembang, warna putih bening
kontrol	-	-	-	bau, lap susu basi, warna putih agak hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 6. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 5

konsentras i (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	46.2	3.9	7.2	bau, warna putih agak hitam, tanaman sebagian hidup
80	49.7	4.6	6.4	bau, warna putih agak hitam, tanaman sebagian hidup
60	66.2	3.5	6.2	bau, warna puith agak hitam, tanaman sebagian hidup
40	50	3.7	7.3	tdk bau, warna bening, tanaman tumbuh berkembang
20	59.8	4.2	7.5	tdk bau, warna bening, tanaman tumbuh berkembang
kontrol	-	-	-	bau, warna putih agak hitam tanaman sebagian hidup

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 7. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 6

konsentra si (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	48.6	3.9	7.2	bau, tanaman masih hidup sebagian, warna putih agak hitam
80	50	4.6	6.4	bau, tanaman sebagian hidup, warna putih agak hitam
60	67.5	3.5	6.2	bau, tanaman sebagian hidup, warna putih agak hitam
40	50	3.7	7.3	tdk bau, tanaman tumbuh berkembang, warna bening
20	60	4.3	7.7	tdk bau, tanaman tumbuh berkembang, warna bening
kontrol	-	-	-	bau, warna agak hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 8. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 7

konsentrasi (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	51.8	3.9	7.2	bau, warna putih agak hitam
80	50.6	4.6	6.4	bau, warna putih agak hitam
60	68.7	3.5	6.2	bau, warna putih agak hitam
40	52.8	3.8	7.3	tdk bau, warna bening
20	64	4.3	7.9	tdk bau, warna bening
kontrol	-	-	-	bau, warna agak hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 9. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 8

konsentrasi (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	52.5	3.9	7.2	bau, warna putih agak bening
80	51.5	4.6	6.4	bau, warna putih agak bening
60	69.4	3.7	6.2	bau, warna putih agak bening
40	55	3.8	7.4	tdk bau, warna bening
20	64	4.4	7.9	tdk bau, warna bening agak hitam
kontrol	-	-	-	bau, warna hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 10. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 9

konsentrasi (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	55.5	3.9	7.2	bau, warna putih agak hitam
80	51.5	4.6	6.4	bau, warna putih agak hitam
60	69.4	3.7	6.2	bau, warna putih agak hitam, tunas mulai tumbuh
40	58.3	3.8	7.5	tdk bau, warna bening, tanaman makin banyak
20	65.5	4.4	8	tdk bau, warna bening agak hitam, tanaman makin banyak
kontrol	-	-	-	bau, warna hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

Tabel 11. Pengamatan Tanaman Kangkung Air Pada Hari Ke 10

konsentrasi (%)	Pj tnmn (cm)	Lbr daun (cm)	Pj daun (cm)	Ket
100	57.8	3.9	7.2	bau, warna putih agak hitam, tunas mulai tumbuh
80	51.5	4.6	6.5	bau, warna putih agak hitam, tunas mulai tumbuh
60	70.5	3.7	6.2	bau, warna putih agak hitam, tunas berkembang
40	60.3	3.8	7.5	tdk bau, warna bening, tanaman semakin banyak
20	66	4.4	8.2	tdk bau, warna bening, tanaman semakin banyak
kontrol	-	-	-	bau, warna hitam

Sumber: Pengamatan secara visual

LAMPIRAN III

ANALISA LABORATORIUM

1. Analisa BOD₅

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

- Alat :
- Botol BOD
 - Pipet
 - Inkubator
 - Karet hisap
 - Aerator
 - Buret
 - Erlenmeyer
 - Corong
- Bahan :
- Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
 - Buffer posfat
 - Alkali iodida
 - Magnesium sulfat (MgSO_4)
 - Asam sulfat pekat (H_2SO_4)
 - Kalsium klorida (CaCl_2)
 - Mangan sulfat (MnSO_4)
 - Ferri klorida (FeCl_3)

- Indikator amilum
- Aquadest

➤ Cara kerja :

Untuk menganalisa BOD maka DO juga harus dianalisa dengan cara :

1. Sediakan 2 botol BOD yang berisi sampel
2. Satu botol BOD yang berisi sample ditambah dengan 1 ml MnSO_4 dan 1 ml larutan alkali iodida.
3. Botol BOD ditutup kembali, kemudian diaduk dengan cara membolak – balikkan botol sampai larutan homogen.
4. Diamkan selama 10 menit sampai terlihat ada endapan coklat pada dasar botol. Jika ada endapan putih maka tidak ada oksigen.
5. Tuangkan sebagian isi botol ke dalam Erlenmeyer, tambahkan 1 ml H_2SO_4 pekat, larutan akan berwarna kuning coklat.
6. Aduk dan tambahkan 2 – 3 tetes indikator amilum, kemudian titrasi dengan Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) sampai warna biru kembali hilang.
7. Catat volume titrasi, untuk larutan yang masih tersisa dalam botol BOD, tambahkan 1 ml H_2SO_4 dan indikator amilum, kemudian titrasi dengan Thiosulfat seperti diatas.

8. Simpan satu botol BOD yang berisi sampel dan belum dianalisa ke dalam inkubator dengan suhu 20 °C selama 5 hari, setelah 5 hari periksa DO sama seperti di atas.

- Jika tidak terdapat endapan coklat ($O_2 = 0$), maka dilakukan pengenceran, yaitu :

1. Sediakan aquadest dalam botol 1 L
2. Tambahkan 1 ml buffer fosfat, 1 ml larutan $CaCl_2$, 1 ml larutan $MgSO_4$, 1ml larutan $FeCl_3$.
3. Campur larutan tersebut dan alirkan udara dengan pompa aerator selama 60 menit.

➤ Perhitungan :

$$V_{thio} \times N_{thio} \times 1000 \times 8$$

$$DO (mg/l) = \frac{\quad}{\quad}$$

$$V_{btl} - 2$$

Dimana : V_{thio} = volume titrasi natrium thiosulfat (ml)

N_{thio} = normalitas larutan natrium thiosulfat (N)

V_{btl} = volume botol Winkler (ml)

$$\text{BOD}_5^{20} \text{ (mg/l)} = (\text{DO}_s \text{ sampel} - \text{DO}_5 \text{ sample}) - (\text{DO}_s \text{ balnko} - \text{DO}_5 \text{ blanko}) \times P$$

Dimana : $\text{DO}_s \text{ sampel}$ = DO sampel yang diperiksa dengan segera ($t = 0$ hari)

$\text{DO}_5 \text{ sampel}$ = DO sampel setelah inkubasi selama 5 hari ($t = 5$ hari)

$\text{DO}_s \text{ blanko}$ = DO blanko yang diperiksa dengan segera ($t = 0$ hari)

$\text{DO}_5 \text{ blanko}$ = DO blanko setelah inkubasi selama 5 hari ($t = 5$ hari)

P = Pengenceran

2. Analisa COD

Prinsip pengukuran COD yaitu senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur sekitar 150 °C. kelebihan kalium dikromat dititrasi oleh larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dengan indikator ferroin. Langkah – langkah analisa COD adalah sebagai berikut :

- Alat :
- Labu refluks
 - Kondensor
 - Erlenmeyer
 - Karet hisap
 - Corong
 - Buret
 - Pipet

- Bahan :
- Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)
 - Reagen H_2SO_4 COD
 - Ferro ammonium sulfat (FAS) 0,025 N
 - Aquadest
 - Indikator ferroin
- Cara kerja :
1. Masukkan 2,5 ml sampel ke dalam labu refluks.
 2. Tambahkan 1,5 ml $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 ml reagen H_2SO_4 COD
 3. Labu refluks dipasang pada kodensor selama 2 jam mendidih.
 4. Setelah didinginkan, labu refluks dilepas dari kodensor dan diencerkan dengan aquadest.
 5. Masukkan ke dalam Erlenmeyer dan tambahkan 2 – 3 tetes indikator ferroin
 6. Titrasi dengan larutan FAS, titrasi dihentikan jika terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah bata.
 7. Percobaan blanko diperlukan yaitu menggunakan aquadest sebagai sampel dengan cara kerja sama seperti di atas.

8. Catat volume titrasi.

➤ Perhitungan :

$$(A - B) N \times 8000$$

$$\text{COD (mg/l)} = \frac{\quad}{\quad}$$

ml sampel

Dimana : A = Vol FAS untuk titrasi blanko (ml)

B = Vol FAS untuk tirasi sample (ml)

N = Normalitas FAS

3. Analisa TSS

Analisa TSS dilakukan dengan metode gravimetrik, yaitu analisa berdasarkan pertimbangan berat. Penentuan *solid* dilakukan dengan penyaringan, pengisatan, pemanasan, penimbangan. TSS dianalisa dengan cara kerja sebagai berikut :

- Alat dan bahan:
- Kertas saring
 - Oven
 - Corong
 - Desikator

- Erlenmeyer
- Penjepit
- Gelas beker
- Timbangan

➤ Cara kerja :

1. Kertas saring di masukkan kedalam oven dengan suhu 115 °C selama 30 menit.
2. Masukkan ke dalam desikator selama 5 - 10 menit, kemudian ditimbang dan catat sebagai berat awal.
3. Untuk mencari berat yang optimum, masukkan kertas saring tersebut ke dalam oven selama 15 menit dan dinginkan ke dalam desikator selama 5 – 10 menit, kemudian timbang.
4. Ulangi sampai diperoleh berat konstan.
5. Siapkan erlenmeyer lengkap dengan corong dan kertas saring yang sudah diketahui berat awalnya
6. Air sampel dikocok sampai homogen sebelum dimasukkan ke dalam gelas beker sebanyak 50 ml, kemudian saring.
7. Keringkan kertas saring di dalam oven dengan suhu 115 °C selama 30 menit.
8. Setelah 30 menit, kertas saring dikeluarkan dari oven dengan penjepit, kemudian dinginkan di dalam desikator selama 5 – 10 menit.

9. Timbang kertas saring dan catat sebagai berat akhir.

➤ Perhitungan :

$$\text{TSS (mg / l)} = (1000 \text{ ml / ml sampel}) \times (\text{brt akhir} - \text{brt awal}) \times 1000$$

4. Analisa CN

➤ Alat : - Spektrofotometer, digunakan dengan panjang gelombang 578 nm.

- Labu ukur 100 ml.

➤ Bahan : - Larutan Kloramin T

- Larutan Induk sianida

- Larutan standar sianida

- Reagen Asam barbiturat piridin

- Larutan Natrium hidroksida 0,25 N

- Larutan Natrium dihidrogen fosfat 0,1 N

➤ Cara kerja :

1. Pemeriksaan sample air

- a) Ambil sejumlah contoh air kemudian encerkan menjadi 50 ml dengan larutan 0,25 N NaOH.
- b) Masukkan ke dalam labu ukur dan tambahkan 15 ml larutan buffer phosphat kemudian dicampur.
- c) Tambahkan 2 ml larutan Kloramin T dan campur.
- d) Tambahkan 5 ml larutan asam barbiturat – piridin kemudian campur.
- e) Tambahkan air sampai batas garis yang terdapat pada labu ukur.
- f) Diamkan 8 menit sampai terbentuk warna merah biru.
- g) Warna yang terjadi dibaca dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 578 nm.

2. Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Larutan standar dibuat blanko kemudian buat satu seri larutan standar yang terdiri dari 0,5 sampai 30 gr CN yang diencerkan dengan 50 ml larutan 0,25 N NaOH.

b) Seri standar ini dikerjakan seperti pemeriksaan contoh (sampel)
air.

c) Buatlah kurva kalibrasi absorbensi standar versus konsentrasi
dalam mikrogram.

➤ Perhitungan :

$$\text{CN (mg / L) - } \frac{\text{A}}{\text{B}}$$

Dimana : A = μg CN yang terbaca dari kurva kalibrasi.

B = ml volume contoh air.

LAMPIRAN IV

DOKUMENTASI

1. Reaktor Pada Saat Dialiri Air Limbah Tapioka (Hari Ke - 0)

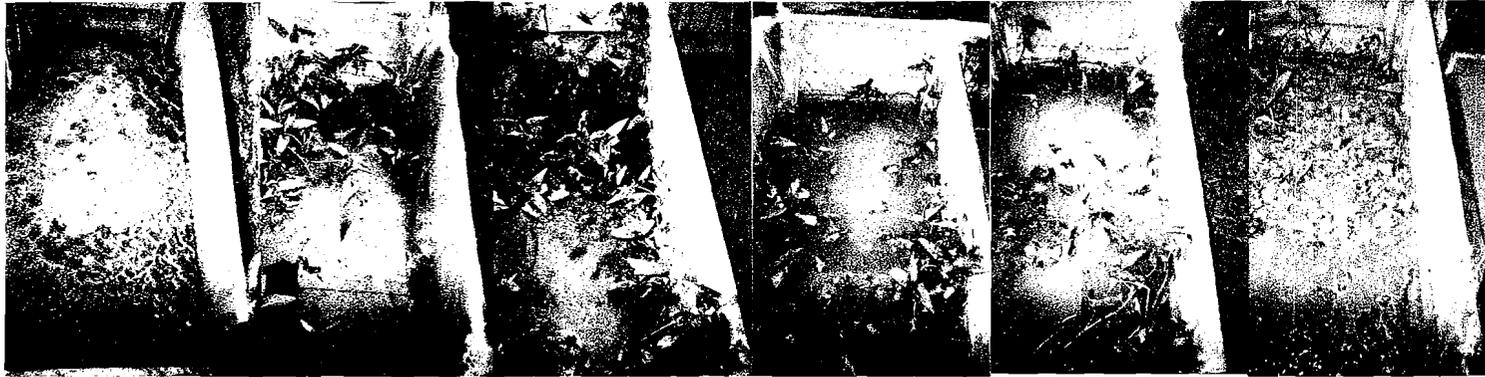


Konsentrasi 100 % Konsentrasi 40 % Konsentrasi 60 % Konsentrasi 80 % Konsentrasi 100 %

Tanpa Tanaman

(Kontrol)

2. Reaktor Setelah Empat Hari Dialiri Air Limbah Tapioka (Hari Ke - 4)



Kontrol Konsentrasi 20 % Konsentrasi 40 % Konsentrasi 60 % Konsentrasi 80 % Konsentrasi 100 %

3. Reaktor Setelah Delapan Hari Dialiri Air Limbah Tapioka (Hari Ke - 8)



Kontrol Konsentrasi 20 % Konsentrasi 40 % Konsentrasi 60 % Konsentrasi 80 % Konsentrasi 100 %

4. Reaktor Setelah Dua Belas Hari Dialiri Air Limbah Tapioka (Hari Ke – 12)



Kontrol Konsentrasi 20 % Konsentrasi 40 % Konsentrasi 60 % Konsentrasi 80 % Konsentrasi 100 %

5. Reaktor Setelah Enam Belas Hari Dialiri Air Limbah Tapioka (Hari Ke – 16)



Kontrol Konsentrasi 20 % Konsentrasi 40 % Konsentrasi 60 % Konsentrasi 80 % Konsentrasi 100 %

6. Pengambilan Sampel



LAMPIRAN V
DATA HASIL UJI UNIANOVA

Hasil Test of Between – Subjects Effects Konsentrasi BOD₅

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
WAKTU	1.00	sampel hari ke 0	5
	2.00	sampel hari ke2	5
	4.00	sampel hari ke 4	5
	6.00	sampel hari ke 6	5
	8.00	sampel hari ke 8	5
	10.00	sampel hari ke 10	5
KONST	20.00	konst limbah 20%	6
	40.00	konst limbah 40%	6
	60.00	konst limbah60%	6
	80.00	konst limbah80%	6
	100.00	konst limbah 100%	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BOD

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11478347.7 ^a	9	1275371.970	88.083	.000
Intercept	29800333.3	1	29800333.33	2058.155	.000
WAKTU	3924797.067	5	784959.413	54.213	.000
KONST	7553550.667	4	1888387.667	130.421	.000
Error	289582.933	20	14479.147		
Total	41568264.0	30			
Corrected Total	11767930.7	29			

a. R Squared = .975 (Adjusted R Squared = .964)

Hasil Test of Between – Subjects Effects Konsentrasi COD

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
WAKTU	1.00 sampel hari ke 0	5
	2.00 sampel hari ke2	5
	4.00 sampel hari ke 4	5
	6.00 sampel hari ke 6	5
	8.00 sampel hari ke 8	5
	10.00 sampel hari ke 10	5
KONST	20.00 konst limbah 20%	6
	40.00 konst limbah 40%	6
	60.00 konst limbah60%	6
	80.00 konst limbah80%	6
	100.00 konst limbah 100%	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: COD

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38076335.5 ^a	9	4230703.948	94.322	.000
Intercept	98022532.8	1	98022532.80	2185.374	.000
WAKTU	10851864.0	5	2170372.800	48.388	.000
KONST	27224471.5	4	6806117.883	151.740	.000
Error	897077.667	20	44853.883		
Total	136995946	30			
Corrected Total	38973413.2	29			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .967)

Hasil Test of Between – Subjects Effects Konsentrasi TSS

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
WAKTU	1.00 sampel hari ke 0	5
	2.00 sampel hari ke2	5
	4.00 sampel hari ke 4	5
	6.00 sampel hari ke 6	5
	8.00 sampel hari ke 8	5
	10.00 sampel hari ke 10	5
	KONST	20.00 konst limbah 20%
40.00 konst limbah 40%		6
60.00 konst limbah60%		6
80.00 konst limbah80%		6
100.00 konst limbah 100%		6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2839491.633 ^a	9	315499.070	53.107	.000
Intercept	6775401.633	1	6775401.633	1140.489	.000
WAKTU	741093.767	5	148218.753	24.949	.000
KONST	2098397.867	4	524599.467	88.305	.000
Error	118815.733	20	5940.787		
Total	9733709.000	30			
Corrected Total	2958307.367	29			

a. R Squared = .960 (Adjusted R Squared = .942)

Hasil Test of Between – Subjects Effects Konsentrasi CN

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
WAKTU	1.00	sampel hari ke 0	5
	2.00	sampel hari ke2	5
	4.00	sampel hari ke 4	5
	6.00	sampel hari ke 6	5
	8.00	sampel hari ke 8	5
	10.00	sampel hari ke 10	5
	KONST	20.00	konst limbah 20%
40.00		konst limbah 40%	6
60.00		konst limbah60%	6
80.00		konst limbah80%	6
100.00		konst limbah 100%	6

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CN

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.859 ^a	9	2.873	19.988	.000
Intercept	10.300	1	10.300	71.650	.000
WAKTU	24.177	5	4.835	33.638	.000
KONST	1.682	4	.420	2.925	.047
Error	2.875	20	.144		
Total	39.033	30			
Corrected Total	28.734	29			

a. R Squared = .900 (Adjusted R Squared = .855)



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

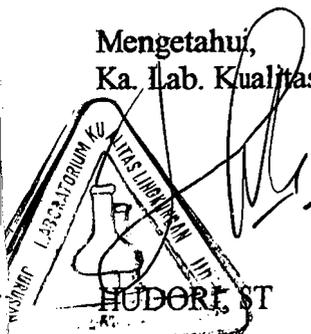
Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 15 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 15 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 15 - 16 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04/05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	783	742
		COD	mg/l	Titrimetri	1320	1240
		TSS	mg/l	Gravimetri	278	218
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	1104	1049
		COD	mg/l	Titrimetri	1840	1680
		TSS	mg/l	Gravimetri	440	492
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	1601	1616
		COD	mg/l	Titrimetri	2640	3120
		TSS	mg/l	Gravimetri	784	770
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	2175	2030
		COD	mg/l	Titrimetri	3480	3720
		TSS	mg/l	Gravimetri	952	938
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	2638	2598
		COD	mg/l	Titrimetri	4440	4680
		TSS	mg/l	Gravimetri	1216	1270
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4

Mengetahui,
Ka. Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005
Peneliti



NOOR KUMALASARI



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 18 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 18 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 18 - 19 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04/05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	664	644
		COD	mg/l	Titrimetri	1080	1160
		TSS	mg/l	Gravimetri	184	190
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	965	945
		COD	mg/l	Titrimetri	1520	1360
		TSS	mg/l	Gravimetri	306	390
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	1284	1204
		COD	mg/l	Titrimetri	2480	2320
		TSS	mg/l	Gravimetri	612	696
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	1605	1645
		COD	mg/l	Titrimetri	3240	2760
		TSS	mg/l	Gravimetri	730	798
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	1978	1905
		COD	mg/l	Titrimetri	3960	3720
		TSS	mg/l	Gravimetri	1078	1034
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4
6	Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol)	BOD	mg/l	Winkler	2106	2086
		COD	mg/l	Titrimetri	4200	3960
		TSS	mg/l	Gravimetri	1196	1114
		pH	-	Indikator kertas pH	4	4

Mengetahui,
Ka. Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005
Peneliti



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

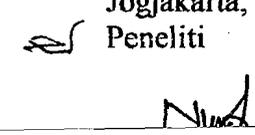
Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 20 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 20 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 20 – 21 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04/05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	464	444
		COD	mg/l	Titrimetri	760	680
		TSS	mg/l	Gravimetri	152	168
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	665	625
		COD	mg/l	Titrimetri	1040	1040
		TSS	mg/l	Gravimetri	272	250
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	887	887
		COD	mg/l	Titrimetri	1520	1680
		TSS	mg/l	Gravimetri	524	568
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	1289	1269
		COD	mg/l	Titrimetri	2280	2520
		TSS	mg/l	Gravimetri	684	692
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	1611	1652
		COD	mg/l	Titrimetri	3240	3000
		TSS	mg/l	Gravimetri	804	884
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
6	Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol)	BOD	mg/l	Winkler	1893	1853
		COD	mg/l	Titrimetri	3720	3240
		TSS	mg/l	Gravimetri	1108	1114
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5

Mengetahui,
Ka. Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005
Peneliti





LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 22 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 22 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 22 - 23 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04'05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	262	202
		COD	mg/l	Titrimetri	480	400
		TSS	mg/l	Gravimetri	130	140
		pH	-	Indikator kertas pH	6	6
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	403	464
		COD	mg/l	Titrimetri	960	800
		TSS	mg/l	Gravimetri	194	208
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	625	585
		COD	mg/l	Titrimetri	1280	1120
		TSS	mg/l	Gravimetri	392	398
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	1088	1068
		COD	mg/l	Titrimetri	1920	1680
		TSS	mg/l	Gravimetri	464	444
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	1491	1410
		COD	mg/l	Titrimetri	2880	2640
		TSS	mg/l	Gravimetri	716	732
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5
6	Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol)	BOD	mg/l	Winkler	1692	1672
		COD	mg/l	Titrimetri	3120	2880
		TSS	mg/l	Gravimetri	996	966
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5

Mengetahui,
Ka. Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005
Peneliti



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

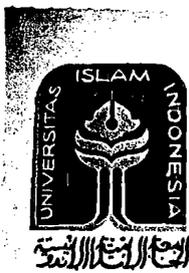
Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman Kangkung Air

Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 24 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 24 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 24 - 25 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04/05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	141	161
		COD	mg/l	Titrimetri	360	280
		TSS	mg/l	Gravimetri	62	66
		pH	-	Indikator kertas pH	6	6
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	302	383
		COD	mg/l	Titrimetri	720	560
		TSS	mg/l	Gravimetri	62	66
		pH	-	Indikator kertas pH	6	6
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	524	564
		COD	mg/l	Titrimetri	880	1040
		TSS	mg/l	Gravimetri	282	298
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	1148	1128
		COD	mg/l	Titrimetri	2280	2040
		TSS	mg/l	Gravimetri	492	502
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	1571	1591
		COD	mg/l	Titrimetri	3000	2760
		TSS	mg/l	Gravimetri	790	768
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5
6	Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol)	BOD	mg/l	Winkler	1812	1792
		COD	mg/l	Titrimetri	324	3480
		TSS	mg/l	Gravimetri	1146	1042
		pH	-	Indikator kertas pH	4.5	4.5

Mengetahui,
Ka. Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005
Peneliti



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang km 14,4 Yogyakarta 55584, Phone 0274-895042, 895707, Fax 0274-895330

SERTIFIKAT HASIL UJI TUGAS AKHIR

**Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan CN Limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetland:
Menggunakan Tanaman Kangkung Air**

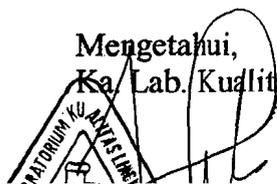
Nama Pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Teknik Lingkungan UII
Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Asal Contoh Uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil Contoh Uji : Noor Kumalasari
Tanggal Pengambilan Contoh : 26 Januari 2005
Tanggal Penerimaan Contoh : 26 Januari 2005
Parameter yang diuji : BOD, COD, TSS dan pH
Tanggal Pengujian : 26 - 27 Januari 2005
Kode Contoh Uji : 05.01.TA.TL
Kode Lab : 01 KL/04/05
Penguji : Noor Kumalasari

No	Jenis Contoh Uji	Parameter	Satuan	Metode Uji	Hasil I	Hasil II
1	Konsentrasi limbah 20 %	BOD	mg/l	Winkler	101	82
		COD	mg/l	Titrimetri	166	208
		TSS	mg/l	Gravimetri	42	54
		pH	-	Indikator kertas pH	6	6
2	Konsentrasi limbah 40 %	BOD	mg/l	Winkler	183	184
		COD	mg/l	Titrimetri	416	333
		TSS	mg/l	Gravimetri	90	96
		pH	-	Indikator kertas pH	6	6
3	Konsentrasi limbah 60 %	BOD	mg/l	Winkler	306	326
		COD	mg/l	Titrimetri	666	582
		TSS	mg/l	Gravimetri	144	172
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
4	Konsentrasi limbah 80 %	BOD	mg/l	Winkler	856	877
		COD	mg/l	Titrimetri	1747	1498
		TSS	mg/l	Gravimetri	358	386
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
5	Konsentrasi limbah 100 %	BOD	mg/l	Winkler	1392	1411
		COD	mg/l	Titrimetri	2746	2496
		TSS	mg/l	Gravimetri	704	650
		pH	-	Indikator kertas pH	5.5	5.5
6	Konsentrasi limbah 100 % tanpa tanaman (kontrol)	BOD	mg/l	Winkler	1748	1750
		COD	mg/l	Titrimetri	2995	3120
		TSS	mg/l	Gravimetri	1014	988
		pH	-	Indikator kertas pH	5	5

Mengetahui,
Ka/ Lab. Kualitas Lingkungan FTSP UII

Jogjakarta, 30 April 2005

Peneliti



Handwritten signature



DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 76-81/SHU/01
Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

nama pengirim : Noor Kumalasari
alamat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
jenis contoh uji : Air Limbah
sumber contoh uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara.
pengambil contoh uji : Noor Kumalasari
tanggal pengambilan/diterima tanggal : 13 Januari 2005 / 13 Januari 2005
parameter yang diuji : Sianida (CN)
tanggal pengujian : 13 Januari 2005 s/d 14 Januari 2005
kode contoh uji : 00339 s/d 00344/01/05/KK
tempat Lab. : 66 L s/d 71 L/01/05
metode pengujian : Spektrofotometri

No.	Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
	Kontrol hari 0	00339	66	3.332	3.251
	20 % hari 0	00340	67	1.224	1.022
	40 % hari 0	00441	68	2.098	2.177
	60 % hari 0	00442	69	2.774	2.884
	80 % hari 0	00443	70	3.085	3.085
	100 % hari 0	00444	71	3.332	3.251

catatan : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 26 Januari 2005

Yogyakarta, 19 Januari 2005
Dinas Kesehatan, Seksi Kimia Kesehatan,
Dra. Emang Astuti, Apt
NIP. 196001010146778



DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 94-99/SHU/01/05

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

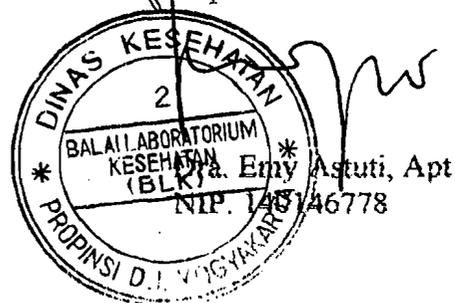
pengirim : Noor Kumalasari
alamat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
jenis contoh uji : Air Limbah
jenis contoh uji : Air Limbah Tapioka
ambil contoh uji : Noor Kumalasari
tanggal diterima tanggal : 18 Januari 2005 / 18 Januari 2005
parameter yang diuji : Sianida (CN)
periode pengujian : 18 Januari 2005 s/d 25 Januari 2005
nomor contoh uji : 00406 s/d 00411/01/05/KK
volume : 72 L s/d 77 L/01/05
metode pengujian : Spektrofotometri

Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
Kontrol hari 2	00406	72	1,792	1.798
20 % hari 2	00407	73	0,169	0.264
40 % hari 2	00408	74	0,239	0.271
60 % hari 2	00409	75	0.783	0.776
80 % hari 2	00410	76	1,260	1.302
100 % hari 2	00411	77	1,455	1.508

1 : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 1 Februari 2005

Yogyakarta, 25 Januari 2005
Kepala Seksi Kimia Kesehatan,





DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA
Ngadinengaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 109-114/SHU/01/05
Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

na pengirim : Noor Kumalasari
mat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
s contoh uji : Air Limbah
l contoh uji : Air Limbah Tapioka
gambil contoh uji : Noor Kumalasari
mbil/diterima tanggal : 20 Januari 2005 / 20 Januari 2005
ameter yang diuji : Sianida (CN)
ggal pengujian : 20 Januari 2005 s/d 27 Januari 2005
le contoh uji : 00483 s/d 00488/01/05/KK
Lab. : 105 L s/d 110 L/01/05
ode pengujian : Spektrofotometri

No.	Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
	Kontrol hari 4	00406	105	0.823	0.986
	20 % hari 4	00407	106	0.041	0.044
	40 % hari 4	00408	107	0.061	0.067
	60 % hari 4	00409	108	0.072	0.071
	80 % hari 4	00410	109	0.313	0.309
	100 % hari 4	00411	110	0.414	0.415

atan : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 3 Februari 2005

Yogyakarta, 27 Januari 2005
Kepala Seksi Kimia Kesehatan,





DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 121-126/SHU/01/05

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

ma pengirim : Noor Kumalasari
amat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
is contoh uji : Air Limbah
al contoh uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
ngambil contoh uji : Noor Kumalasari
ambil/diterima tanggal : 22 Januari 2005 / 22 Januari 2005
rameter yang diuji : Sianida (CN)
nggal pengujian : 22 Januari 2005 s/d 29 Januari 2005
ode contoh uji : 00500 s/d 00505/01/05/KK
o. Lab. : 116 L s/d 122 L/01/05
tode pengujian : Spektrofotometri

No.	Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
1.	Kontrol hari 6	00500	116	0.357	0.454
2.	20 % hari 6	00501	117	0.009	0.008
3.	40 % hari 6	00502	118	0.013	0.019
4.	60 % hari 6	00503	119	0.013	0.024
5.	80 % hari 6	00504	120	0.063	0.062
5.	100 % hari 6	00505	121	0.018	0.014

tatan : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 5 Februari 2005

Yogyakarta, 29 Januari 2005
Kepala Seksi Kimia Kesehatan,



Dr. Emy Astuti, Apt
NIP. 19511146778



DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA

Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 139-144/SHU/01/05

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

Nama pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
Jenis contoh uji : Air Limbah
Sumber contoh uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil contoh uji : Noor Kumalasari
Tanggal diambil/diterima : 24 Januari 2005 / 24 Januari 2005
Parameter yang diuji : Sianida (CN)
Tanggal pengujian : 24 Januari 2005 s/d 31 Januari 2005
Kode contoh uji : 00527 s/d 00532/01/05/KK
No. Lab. : 127 L s/d 132 L/01/05
Metode pengujian : Spektrofotometri

No.	Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
1.	Kontrol hari 8	00 527	127	0.095	0.148
2.	20 % hari 8	00528	128	0.002	0.002
3.	40 % hari 8	00529	129	0.004	0.005
4.	60 % hari 8	00530	130	0.008	0.005
5.	80 % hari 8	00531	131	0.013	0.014
6.	100 % hari 8	00532	132	0.012	0.009

Catatan : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 7 Februari 2005

Yogyakarta, 31 Januari 2005
Kepala Seksi Kimia Kesehatan,



Emy* Astuti, Apt
* BLKP 140146778



DINAS KESEHATAN PROPINSI D.I YOGYAKARTA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN YOGYAKARTA
Ngadinegaran MJ. III / 62 Yogyakarta Telp. 378187

No. : 150-155/SHU/01/05

Hal : 1 dari 1

SERTIFIKAT HASIL UJI KIMIA LINGKUNGAN

Nama pengirim : Noor Kumalasari
Alamat : Jl. Kaliurang Km 10 Yogyakarta
Jenis contoh uji : Air Limbah
Sumber contoh uji : Air Limbah Tapioka Banjarnegara
Pengambil contoh uji : Noor Kumalasari
Tanggal diambil/diterima : 24 Januari 2005 / 24 Januari 2005
Parameter yang diuji : Sianida (CN)
Tanggal pengujian : 24 Januari 2005 s/d 31 Januari 2005
Volume contoh uji : 00527 s/d 00532/01/05/KK
No. Lab. : 127 L s/d 132 L/01/05
Metode pengujian : Spektrofotometri

No.	Jenis contoh uji	Kode contoh uji ... /01/05/KK	No. Lab. ... L/01/05	Hasil I (mg/L)	Hasil II (mg/L)
1.	Kontrol hari 10	00601	144	0.104	0.085
2.	20 % hari 10	00602	145	0.001	0.001
3.	40 % hari 10	00603	146	0.002	0.003
4.	60 % hari 10	00604	147	0.004	0.005
5.	80 % hari 10	00605	148	0.010	0.007
6.	100 % hari 10	00606	149	0.012	0.009

Catatan : Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Pengaduan hasil pengujian dilayani sampai dengan tanggal 8 Februari 2005

Yogyakarta, 1 Februari 2005
Kepala Seksi Kimia Kesehatan,



* Emy Astuti, Apt
NIP. 140146778