



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN LAHAN BASAH BUATAN DENGAN
MENGUNAKAN TANAMAN *TYPHA LATIFOLIA* UNTUK
MENGELOLA LIMBAH CAIR DOMESTIK
(Studi Kasus: Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas
Indonesia)**

SKRIPSI

**JOHANNA EVASARI
0806459476**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN LAHAN BASAH BUATAN DENGAN
MENGUNAKAN TANAMAN *TYPHA LATIFOLIA* UNTUK
MENGELOLA LIMBAH CAIR DOMESTIK
(Studi Kasus: Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas
Indonesia)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**JOHANNA EVASARI
0806459476**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE UTILIZATION OF *TYPHA LATIFOLIA* IN
CONSTRUCTED WETLAND TO MANAGE DOMESTIC
WASTE WATER
(Case Study: Waste Water From Canteen of Faculty Engineering
University of Indonesia)**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

**JOHANNA EVASARI
0806459476**

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JUNE 2012**

ii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : **Johanna Evasari**

NPM : **0806459476**

Tanda Tangan : 

Tanggal : **14 Juni 2012**



STATEMENT OF ORIGINALITY

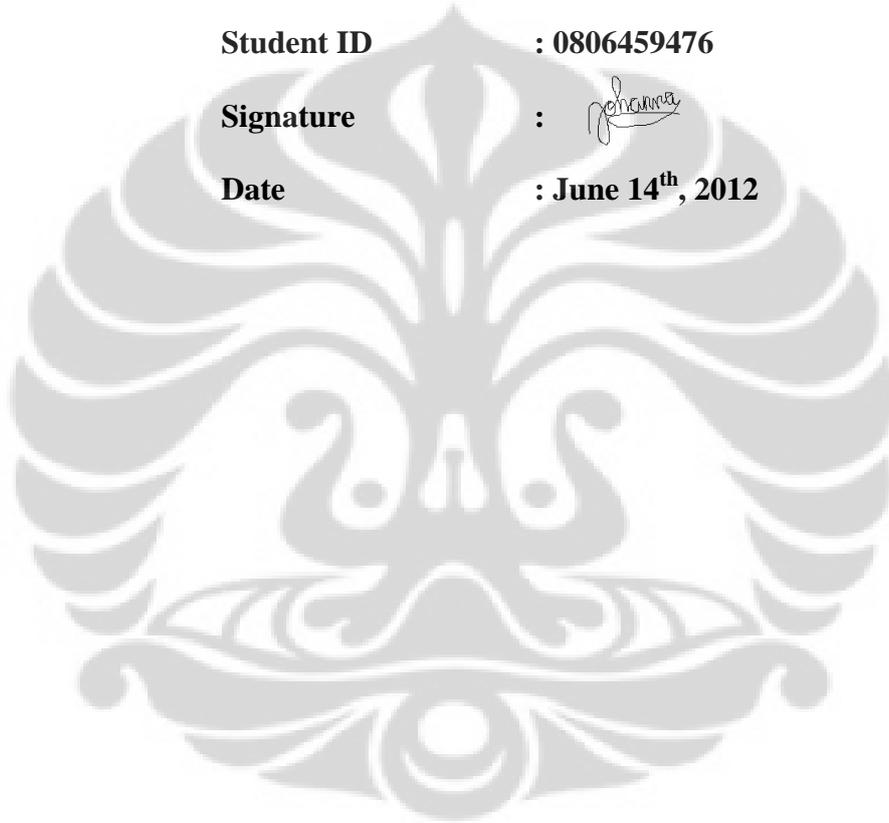
This final report is the result of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been stated correctly.

Name : Johanna Evasari

Student ID : 0806459476

Signature : 

Date : June 14th, 2012



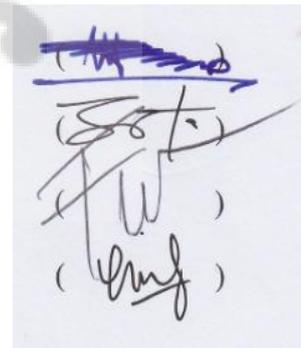
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
 Nama : Johanna Evasari
 NPM : 0806459476
 Program Studi : Teknik Lingkungan
 Judul Skripsi : Pemanfaatan Lahan Basah Buatan dengan Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* untuk Mengelola Limbah Cair Domestik (Studi Kasus : Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA.
 Pembimbing 2 : Dr. Nyoman Suwartha, S.T., M.T., M.Agr.
 Penguji 1 : Ir. Firdaus Ali, M.Sc., PhD.
 Penguji 2 : Dr. Cindy Rianti Priadi, S.T., M.Sc.



Ditetapkan di : Depok
 Tanggal : 14 Juni 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

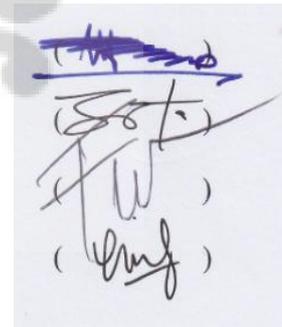
This final report submitted by:

Name : Johanna Evasari
Student ID : 0806459476
Study Program : Teknik Lingkungan
Title : The Utilization of *Typha latifolia* in Constructed Wetland to Manage Domestic Waste Water (Case Study : Waste Water From Canteen of Faculty Engineering University of Indonesia)

Has been successfully defended in front of the Examiners and was accepted as part of the necessary requirement to obtain Engineer Bachelor Degree in Environmental Engineering Program, Engineering Faculty, University of Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Advisor 1 : Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA.
Advisor 2 : Dr. Nyoman Suwartha, S.T., M.T., M.Agr.
Examiner 1 : Ir. Firdaus Ali, M.Sc., PhD.
Examiner 2 : Dr. Cindy Rianti Priadi, S.T., M.Sc.



Handwritten signatures of the Board of Examiners, including the names of the advisors and examiners, written in blue ink on a white background.

Defined in : Depok
Date : June 14th, 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Lingkungan. Saya menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA. dan Dr. Nyoman Suwartha, S.T., M.T., M.Agr., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Firdaus Ali, M.Sc., PhD. dan Dr. Cindy Rianti Priadi, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan-masukan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Mbak Licka Kamadewi dan Mbak Diah, selaku laboran yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium;
4. Pihak FTUI yang telah memberikan izin bagi pelaksanaan penelitian di Kantin FTUI dan telah membantu dalam menyediakan data yang diperlukan;
5. Pihak LLHD Jakarta yang telah membantu dalam pemeriksaan sampel air limbah;
6. Orang tua dan adik saya yang senantiasa memberikan dukungan moril dan materil;
7. Gunawan sebagai teman dan sahabat terbaik yang telah memberikan waktu dan tenaga, juga tidak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini
8. Rizal Prasetyo, Geinessa Irianty, Indra Kusuma, Iezal, serta seluruh teman-teman seperjuangan Departemen Teknik Sipil 2008 atas seluruh dukungan moril dalam penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu saran dan masukan demi perbaikan ke depan sangat diperlukan. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi banyak pihak, khususnya bagi perkembangan keilmuan teknik lingkungan.

Depok, 14 Juni 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Johanna Evasari
NPM : 0806459476
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya saya yang berjudul :

**PEMANFAATAN LAHAN BASAH BUATAN DENGAN MENGGUNAKAN
TANAMAN *TYPHA LATIFOLIA* UNTUK MENGELOLA LIMBAH CAIR
DOMESTIK (STUDI KASUS: LIMBAH CAIR KANTIN FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dari sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan saya ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 14 Juni 2012

Yang Menyatakan



(Johanna Evasari)

**STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Johanna Evasari
Sutudent ID : 0806459476
Study Program: Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

The Utilization of *Typha latifolia* in Constructed Wetland to Manage Domestic Waste Water (Case Study : Waste Water From Canteen of Faculty Engineering University of Indonesia)

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish mu final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok
Date this : June 14th, 2012

The Declarer



(Johanna Evasari)

ABSTRAK

Nama : Johanna Evasari
 Program Studi : Teknik Lingkungan
 Judul : Pemanfaatan Lahan Basah Buatan dengan Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* untuk Mengelola Limbah Cair Domestik (Studi Kasus : Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia)

Di Indonesia, pencemaran oleh air limbah domestik merupakan jumlah pencemar terbesar (85%) yang masuk ke badan air. Beberapa tahun terakhir ini, kualitas air sungai di Indonesia semakin mengalami penurunan, terutama setelah melewati daerah pemukiman, industri, dan pertanian. Untuk mengantisipasi potensi dampak tersebut, maka perlu upaya pengolahan limbah melalui berbagai alternatif teknologi pengolahan limbah yang efektif dan efisien, salah satu alternatifnya adalah menggunakan Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*). Berdasarkan morfologi dari tanaman *Typha latifolia* sangat cocok untuk pengolahan dengan sistem *Constructed Wetlands*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan kecepatan *Typha latifolia* dalam menyerap polutan yang terdapat dalam limbah cair domestik dengan Sistem Lahan Basah Buatan Tipe Aliran Bawah Permukaan. Penelitian dilaksanakan dengan pola aliran menerus, dengan melakukan pengumpulan data sebanyak 19 kali dalam kurun waktu 2 bulan untuk parameter BOD, COD, TSS, MBAS. Diukur pula pH, DO, dan temperatur pada inlet dan outlet. Analisis data menggunakan analisis regresi dengan *software* Microsoft Excel dan rumus persentase reduksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Typha latifolia* memiliki kinerja yang cukup baik dalam mereduksi konsentrasi BOD, COD, TSS, dan MBAS dengan sistem pengolahan tersebut. Dari hasil penelitian diperoleh efektivitas tanaman *Typha latifolia* dalam mereduksi BOD mencapai 96,2% dengan persamaan reduksi $y = -0,052 x^2 + 4,677 x - 14,16$; COD mencapai 94% dengan persamaan reduksi $y = -0,037 x^2 + 3,442 x + 10,91$; TSS mencapai 91,5% dengan persamaan reduksi $y = -0,022 x^2 + 2,193 x + 31,83$; dan MBAS mencapai 70,6% dengan persamaan reduksi $y = -0,024 x^2 - 1,134 x + 38,73$.

Kata Kunci :

Limbah Cair Domestik, Lahan Basah Buatan Tipe Aliran Bawah Permukaan, *Typha latifolia*

ABSTRACT

Name : Johanna Evasari
 Major : Environmental Engineering
 Title : The Utilization of *Typha latifolia* in Constructed Wetland to Manage Domestic Waste Water (Case Study : Waste Water From Canteen of Faculty Engineering University of Indonesia)

In Indonesia, domestic waste water is the largest contaminant (85%) that goes into the river. The water quality of river in Indonesia is decreasing, especially after passing through residential, industry, and agriculture areas. In order to anticipate the potential impact mentioned earlier, need efforts to treat waste water through a variety of waste water treatment technologies which are effective and efficient, one of the alternative is to use Constructed Wetlands. Based on its morphology, *Typha latifolia* is very suitable for Constructed Wetlands system. This research is aimed to determine the effectiveness and velocity of *Typha latifolia* in absorbing pollutants in domestic waste water with Sub Surface Flow Constructed Wetlands.

The research was carried out with the continuous flow pattern, by collecting BOD, TSS and COD data as much as 19 times in the period of 2 months. Measured also pH, DO, and temperature at the inlet and outlet. Data analysis using regression analysis with Microsoft Excel software and the formula of percent reduction. The research findings indicate that *Typha latifolia* has quite good performance in reducing BOD, COD, TSS, and MBAS concentration with that system. From the research findings, it is obtained the *Typha latifolia*'s effectiveness in reducing BOD could reach 96,2% with reduction equation $y = -0,052 x^2 + 4,677 x - 14,16$; COD could reach 94% with reduction equation $y = -0,037 x^2 + 3,442 x + 10,91$; TSS could reach 91,5% with reduction equation $y = -0,022 x^2 + 2,193 x + 31,83$; and MBAS could reach 70,6% with reduction equation $y = -0,024 x^2 - 1,134 x + 38,73$.

Keywords:

Domestic Wastewater, Sub Surface Flow Wetlands, *Typha latifolia*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
STATEMENT OF LEGITIMATION	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	ix
STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT PUBLICATION... 	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah Cair Domestik	6
2.1.1 Pengertian Limbah Cair Domestik.....	6
2.1.2 Karakteristik dan Komposisi Limbah Cair Domestik.....	7
2.1.3 Pengelolaan Limbah Cair Domestik dengan Pendekatan Desentralisasi...	12
2.1.4 Aspek Hukum dan Regulasi.....	13
2.2 Limbah Cair Kantin	15
2.3 Lahan Basah Buatan	17
2.3.1 Gambaran Umum.....	17
2.3.2 Sistem Lahan Basah Buatan.....	19
2.3.3 Sistem Aliran Bawah Permukaan (<i>SSF - Wetlands</i>).....	23
2.3.4 Prinsip Dasar pada Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan	25
2.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (<i>SSF-Wetlands</i>).....	30
2.3.6 Penelitian Sebelumnya Tentang Lahan Basah Buatan.....	37
2.4 <i>Typha Latifolia</i>	39
2.5 Hipotesa	42

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1 Tipe Penelitian	43
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	43
3.3 Alat dan Bahan	46
3.3.1 Alat.....	46
3.3.2 Bahan	47
3.4 Metode Penelitian	47
3.4.1 Kerangka Kerja	47
3.4.2 Populasi dan Sampel	51
3.4.3 Cara Penelitian	51
3.5 Variabel Penelitian.....	55
3.6 Data Penelitian.....	58
3.7 Analisis Data.....	58
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI	60
4.1 Gambaran Umum Fakultas Teknik Universitas Indonesia.....	60
4.2 Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.....	61
4.3 Kualitas Awal dan Debit Limbah Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.....	66
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	69
5.1 Kondisi Umum Kualitas Air Limbah	69
5.2 Data Parameter Uji	76
5.3 Penurunan BOD.....	80
5.4 Penurunan COD.....	85
5.5 Penurunan TSS	89
5.6 Penurunan MBAS	94
5.7 Hubungan Penurunan Konsentrasi Pencemar dengan pH	99
5.8 Hubungan Penurunan Konsentrasi Pencemar dengan DO	102
5.9 Aplikasi Penelitian untuk Bidang Teknik Lingkungan	104
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	108
6.1 Kesimpulan	108
6.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Limbah Cair Domestik dari Kamar Mandi dan WC.....	8
Tabel 2.2 Komposisi Limbah Cair Domestik	8
Tabel 2.3 Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Bangunan dan Pelayanan	10
Tabel 2.4 Klasifikasi Tingkat Pencemaran Air Limbah Domestik	12
Tabel 2.5 Rata-Rata Efektivitas Sistem Pengolahan Desentralisasi	13
Tabel 2.6 Baku Mutu Limbah Cair Domestik Berdasarkan KepMenLH Nomor 112 Tahun 2003.....	14
Tabel 2.7 Baku Mutu Limbah Cair Domestik Berdasarkan PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005	15
Tabel 2.8 Kandungan Gizi Limbah Kantin	16
Tabel 2.9 Beberapa Penelitian Pengolahan Air Limbah Kantin secara Biologi serta Penurunan BOD dan COD yang Terjadi	16
Tabel 2.10 Karakteristik Substrat dalam <i>SSF-Wetlands</i>	31
Tabel 2.11 Kinerja Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan Berdasarkan Jenis Media yang Digunakan	32
Tabel 2.12 Jenis Tanaman yang Digunakan Pada Lahan Basah Buatan	34
Tabel 2.13 Kemampuan Tanaman Air Menyerap N dan P.....	42
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	45
Tabel 3.2 Data Diperlukan serta Sumber Data.....	46
Tabel 3.3 Desain Lahan Basah Buatan	52
Tabel 3.4 Penyusunan Media Tanam	53
Tabel 3.5 Variabel dari Penelitian.....	57
Tabel 4.1 Jumlah Mahasiswa dan Mahasiswi FTUI Per Jenjang Pendidikan.....	61
Tabel 4.2 Daftar Kios dan Jenis Makanan/Minuman yang Dijual di Kantin FTUI	63
Tabel 4.3 Data Kualitas Awal Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia Dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Domestik	68
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran pH, Temperatur, dan DO selama Penelitian Berlangsung.....	75
Tabel 5.2 Perubahan Konsentrasi Parameter	78
Tabel 5.3 Presentase Reduksi BOD dalam Lahan Basah Buatan	81
Tabel 5.4 Persentase Reduksi COD dalam Lahan Basah Buatan	87
Tabel 5.5 Persentase Reduksi TSS dalam Lahan Basah Buatan.....	91
Tabel 5.6 Persentase Reduksi MBAS dalam Lahan Basah Buatan	97
Tabel 5.7 Unit Pengolahan dan Efisiensi	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis dan Sumber Limbah Cair	6
Gambar 2.2 Karakteristik Limbah Cair.....	8
Gambar 2.3 Transformasi Karbon Dalam Lahan Basah Buatan.....	19
Gambar 2.4 Lahan Basah Buatan Tipe (A) <i>Free Water Surface System</i> (FWS), (B) <i>Sub-surface Flow System</i> (SSF)	20
Gambar 2.5 Perbandingan Teknologi Konvensional dan Teknologi Lahan Basah Buatan dalam Mengolah Limbah Domestik.....	24
Gambar 2.6 Fitostabilisasi.....	27
Gambar 2.7 Fitoekstraksi	27
Gambar 2.8 Fitovolatilisasi	28
Gambar 2.9 Fitodegradasi	29
Gambar 2.10 Fase Pertumbuhan Bakteri	36
Gambar 2.11 <i>Typha latifolia</i>	40
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	44
Gambar 3.2 Kerangka Kerja	48
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 3.4 Sketsa Sistem Lahan Basah Buatan	53
Gambar 4.1 Suasana Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia	62
Gambar 4.2 Lokasi Lahan Basah Buatan	63
Gambar 4.3 Tempat Pencucian Kantin FTUI	65
Gambar 4.4 Saringan Bak Cuci di Kantin FTUI.....	66
Gambar 5.1 Kondisi Fisik Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik UI.....	70
Gambar 5.2 Saringan Kasar dan Saringan Halus	72
Gambar 5.3 Bak Ekualisasi dan Lahan Basah Buatan	73
Gambar 5.4 Pengukuran pH Menggunakan pH meter (kiri), DO dan temperatur Menggunakan DO meter (kanan) Hari ke 18.....	76
Gambar 5.5 Kondisi Fisik Influen (kiri) dan Efluen (kanan) Lahan Basah Buatan	77
Gambar 5.6 Grafik Persentase Reduksi BOD dalam Lahan Basah Buatan	82
Gambar 5.7 Fase Pertumbuhan Bakteri	83
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Konsentrasi BOD Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan	85
Gambar 5.9 Grafik Persentase Reduksi COD dalam Lahan Basah Buatan	88
Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Konsentrasi COD Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan	89
Gambar 5.11 Grafik Persentase Reduksi TSS dalam Lahan Basah Buatan.....	92
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan.....	94
Gambar 5.13 Grafik Persentase Reduksi MBAS dalam Lahan Basah Buatan	98

Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Konsentrasi MBAS Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan	99
Gambar 5.15 Grafik Perbandingan Konsentrasi Pencemar pada Inlet, Outlet, BML, dengan pH pada Inlet	101
Gambar 5.16 Grafik Perbandingan Konsentrasi Pencemar pada Inlet, Outlet, BML, dengan DO pada Inlet	104
Gambar 5.17 Desain Layout Unit Pengolahan Limbah Cair Kantin FTUI.....	107



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kesehariannya, setiap aktivitas yang dilakukan oleh manusia, akan menghasilkan limbah. Limbah ini dalam skala kecil tidak akan menimbulkan masalah karena alam memiliki kemampuan untuk menguraikan kembali komponen-komponen yang terkandung dalam limbah. Namun bila terakumulasi dalam skala besar, akan timbul permasalahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup.

Di negara-negara berkembang seperti Indonesia, pencemaran oleh air limbah domestik merupakan jumlah pencemar terbesar (85%) yang masuk ke badan air. Sedangkan di negara maju pencemar domestik mencakup 15% dari seluruh pencemar yang memasuki badan air (Suriawiria, 1996). Beberapa tahun terakhir ini, kualitas air sungai di Indonesia semakin mengalami penurunan, terutama setelah melewati daerah pemukiman, industri, dan pertanian. Di sisi lain kebutuhan air untuk sumber air minum dan lainnya makin meningkat. Pencemaran air sungai terjadi oleh karena air limbah domestik penduduk dibuang secara langsung atau tidak langsung ke badan air tanpa melewati proses pengolahan terlebih dahulu, serta karena terbatasnya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpadu di kota besar maupun kota menengah dan kecil.

Looker (1998) dalam Volkman (2003) menyatakan dalam dua dekade ke depan penerapan pengolahan limbah sebaiknya mengimplementasikan pengolahan dengan biaya rendah. Untuk mencapai tujuan tersebut, pengolahan limbah dengan prinsip ekologis direkomendasikan dengan menggunakan sistem pengolahan siklus tertutup dimana limbah yang ada dimanfaatkan secara optimal dalam sistem (Rose, 1999 dalam Volkman, 2003). Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah tersebut adalah Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*).

Constructed wetlands merupakan sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Vymazal, 2010). *Constructed wetlands* memiliki karakteristik performa yang baik, biaya pengoperasian dan investasi minimum, sangat ekonomis, dan bermanfaat secara bagi masyarakat dalam menangani air limbah dan mekanisme penyisihan polutan merupakan dasar yang penting pada desain teknik *constructed wetlands*, dan dapat memberikan keandalan dalam desain rekayasa dan operasi (Mengzhi, 2009).

Teknologi *constructed wetland* sudah banyak digunakan di negara maju seperti Amerika, Perancis, Inggris, Denmark, Jerman, Jepang, dan lain-lain dengan menggunakan berbagai jenis tanaman sebagai pengolah limbah yang bersimbiosis dengan bakteri, jamur, dan organisme lainnya. Secara umum, proses pengolahan air limbah organik pada sistem *constructed wetland* sangat sederhana yaitu bahan pencemar didegradasi oleh bakteri, jamur, dan organisme lainnya sehingga menghasilkan zat anorganik dengan struktur lebih sederhana. Hasil penguraian zat organik menjadi anorganik tersebut diabsorpsi oleh tanaman dan melalui proses metabolisme digunakan untuk pertumbuhan organiknya seperti : akar, batang, daun, bunga, dan buah.

Berdasarkan rata-rata kondisi iklim Indonesia yang potensial untuk mendukung pertumbuhan dan transpirasi tanaman sepanjang tahun, maka pengolahan air limbah menggunakan sistem *constructed wetlands* diperkirakan dapat berjalan dengan optimal. Di Indonesia sendiri pengolahan air limbah domestik dengan metode lahan basah buatan telah diterapkan di Bali dengan sebutan *wastewater garden* (WWG) atau terkenal dengan Taman Bali. Berdasarkan hasil tes laboratorium terhadap influen dan effluen diperoleh hasil evaluasi kinerja unit tersebut, dengan efisiensi removal sebagai berikut: BOD 80-90% , COD 86-96%, TSS 75-95%, Total N 50-70%, Total P 70-90% , Bakteri *coliform* 99%. Terdapat 27 spesies tumbuhan yang digunakan untuk Taman Bali ini diantaranya Keladi, Pisang, Lotus, Cana, Dahlia, Akar Wangi, Bambu Air, Padi-padian, Papirus, Alamanda dan tanaman air lainnya (Bapedalda Propinsi

Bali, Petunjuk Teknis Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem Wastewater Garden (WWG) Desember 2002, Denpasar Bali).

Typha latifolia telah diketahui di berbagai negara sebagai aset berharga dalam metode penjernihan air yang murah dan efektif. Berdasarkan morfologi dari tanaman *Typha latifolia* sangat cocok untuk pengolahan dengan sistem *Constructed Wetlands*. *Typha latifolia* memiliki sistem perakaran yang banyak dan kuat yang dapat membantu menstabilisasi sungai dengan menyerap zat organik dan membatasi erosi tanah. Selain itu *Typha latifolia* dapat menyerap fosfat lebih banyak dari yang sebenarnya diperlukan untuk pertumbuhan dan menyimpannya dalam jaringannya, dengan demikian *Typha latifolia* bertindak layaknya spons yang menyerap fosfat dari lingkungan sekitarnya. Penelitian terkait pemanfaatan *Typha latifolia* dengan sistem lahan basah buatan sebagai pereduksi polutan dari air limbah domestik, khususnya di Indonesia, masih sangat sedikit. Di Portugal, Calheiros, et al (2008) melakukan penelitian dengan menggunakan *Typha latifolia* pada lahan basah buatan untuk mengolah limbah cair industri penyamakan kulit didapatkan hasil removal BOD sebesar 69% dan removal COD sebesar 82%.

Tanaman *Typha latifolia* banyak ditemui pada lahan basah alami di Indonesia, akan tetapi masih sedikit studi yang meneliti kemampuan tanaman ini dalam mereduksi polutan dalam air limbah domestik. Hal inilah yang mendorong dan melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu belum diketahuinya kemampuan dari tanaman *Typha latifolia* dalam menyerap polutan dari limbah cair domestik menggunakan lahan basah buatan (*constructed wetlands*). Atas dasar hal tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana efektivitas *Typha latifolia* dalam menyerap polutan yang terdapat dalam limbah cair domestik.
- b. Bagaimana fungsi kecepatan *Typha latifolia* dalam menyerap polutan yang terdapat dalam limbah cair domestik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk :

- a. Mengetahui efektivitas *Typha latifolia* dalam menyerap polutan yang terdapat dalam limbah cair domestik.
- b. Mengetahui fungsi kecepatan *Typha latifolia* dalam menyerap polutan yang terdapat dalam limbah cair domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain :

- Manfaat bagi ilmu pengetahuan adalah dapat dijadikan bahan masukan dalam melakukan kajian ilmiah tentang pemanfaatan lahan basah untuk mengurangi kadar polutan dalam limbah cair domestik.
- Manfaat bagi pemerintah adalah untuk pengurangan beban limbah ke perairan, mengurangi biaya kerusakan lingkungan, dan sebagai upaya menjaga keberlanjutan lingkungan terutama sistem perairan.
- Manfaat bagi masyarakat adalah memberikan alternatif teknologi tepat guna, aplikatif, dan murah untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan ekosistem alami.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang akan dilakukan adalah :

- Limbah cair domestik yang diteliti adalah limbah cair domestik yang berasal dari kantin mahasiswa Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Parameter penelitian yang mencirikan limbah cair domestik adalah BOD, COD, TSS, dan deterjen (MBAS).
- Metode pengolahan biologis limbah cair domestik yang digunakan adalah dengan unit lahan basah buatan menggunakan tanaman *Typha latifolia* umur 1 bulan dengan media lumpur dan kerikil dan jarak antar tanaman 10 cm.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 : KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang menjadi dasar analisis dan pembahasan. Teori-teori yang perlu dikaji antara lain pengertian limbah cair domestik, karakteristik dan komposisi limbah cair domestik, pengelolaan limbah cair domestik, aspek hukum dan regulasi menyangkut limbah cair domestik, limbah cair kantin, dan segala hal terkait lahan basah buatan.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai metode yang digunakan dalam penulisan skripsi, seperti penelitian yang dilakukan, langkah-langkah pengambilan data, cara pengolahan data, langkah-langkah analisis data, langkah-langkah pemecahan masalah, dan pemilihan studi literatur.

BAB 4 : GAMBARAN UMUM

Pada bab ini berisi tentang gambaran umum lokasi penelitian, yaitu Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

BAB 5 : PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini dilakukan pengolahan data dan analisis data dengan membandingkan kualitas air limbah sebelum dan sesudah mendapat perlakuan pada lahan basah buatan serta membahas dengan membandingkan dengan literatur yang didapat.

BAB 6 : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini terdapat kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan penelitian, kajian pustaka, dan analisa. Pada bab ini juga terdapat saran yang diberikan oleh penulis yang berkaitan dengan penelitian.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

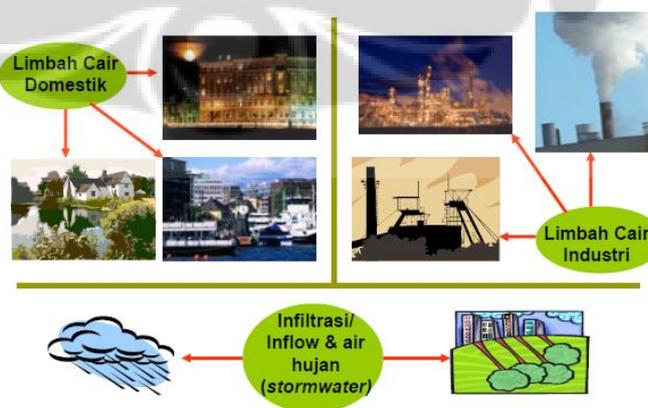
2.1 Limbah Cair Domestik

2.1.1 Pengertian Limbah Cair Domestik

Air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf & Eddy, 1993).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pada ayat 14 disebutkan bahwa air limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair.

Sugiharto (1987) menyatakan limbah cair adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya atau air buangan yang bersifat kotoran umum. Gambar 2.1 menunjukkan jenis dan juga sumber dari limbah cair.



Gambar 2.1 Jenis dan Sumber Limbah Cair

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya air buangan yang berasal dari WC, dapur, kamar mandi dan tempat cuci (Sugiharto, 1987).

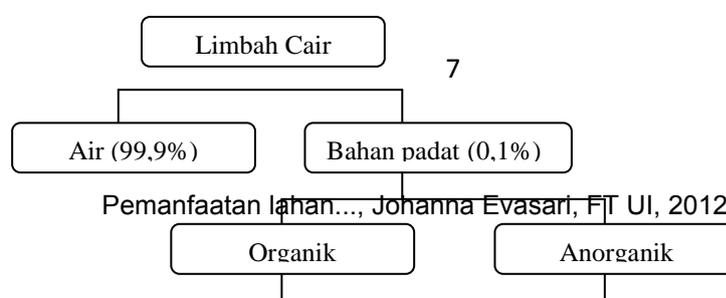
Air limbah domestik menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Sumber pencemar menyebar (*nonpoint source*) merupakan penyebab utama perubahan kualitas air (Schilling dan Spooner, 2006). Aktivitas estrogenik pada *effluent* limbah permukiman 10 kali lebih tinggi dibanding tempat lainnya (Shappell, 2006).

Secara prinsip air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (*black water*) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*gray water*), yang sebagian besar merupakan bahan organik (Veenstra, 1995).

Debit yang dihasilkan akan sangat tergantung dengan jenis dari masing-masing sumber air limbah, sehingga fluktuasi harian akan sangat bervariasi untuk masing-masing kegiatan. Konsumsi air per orang dalam rumah tangga sekitar 227,124 L/orang.hari. Sekitar 60-85% dari konsumsi air per orang menjadi air limbah (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.1.2 Karakteristik dan Komposisi Limbah Cair Domestik

Karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat dari karakteristik fisik (warna, bau, padatan, suhu, kekeruhan), karakteristik kimia (organik, anorganik, gas), dan karakteristik biologi (mikroorganisme), seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Karakteristik air limbah rumah tangga terdiri dari warna, padatan, karbohidrat, minyak dan lemak, protein, surfaktan, alkalinitas, khlorida, nitrogen, fosfor, sulfur, bakteri dan virus (Metcalf dan Eddy, 2003).



Gambar 2.2 Karakteristik Limbah Cair

Sumber: Sugiharto, 1987

Sedangkan komposisi limbah cair domestik menurut Duncan Mara juga Sundstrom dan Klei dalam Sugiharto, 1987 disajikan dalam Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Komposisi Limbah Cair Domestik dari Kamar Mandi dan WC

Komposisi	Faeces	Satuan	Urine	Satuan
Massa basah (gr/orang/hari)	135-270	Gr	1-1,31	Gr
Massa kering (gr/orang/hari)	20-35	Gr	0,5-0,7	Gr
Uap air	66-80	%	93-96	%
Organik	88-97	%	93-96	%
Nitrogen	5-7	%	15-19	%
Phosfor (P_2O_5)	3-5,4	%	2,5-5	%
Potasium (K_2O)	1-2,5	%	3-4,5	%
Karbon	44-55	%	11-17	%
Kalsium (CaO)	4,5-5	%	4,5-6	%

Sumber: Duncan Mara dalam Sugiharto, 1987

Tabel 2.2 Komposisi Limbah Cair Domestik

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Tipikal (mg/L)
-----------	--------------------	----------------

Universitas Indonesia

<i>Total Solid</i>	300-1200	700
<i>Settleable solid</i>	50-200	100
<i>Suspended solid</i>	100-400	220
<i>Dissolved solid</i>	250-850	500
BOD ₅	100-400	250
COD	200-1000	500
N total (N)	15-90	40
N organik	5-40	25
Amoniak	10-50	25
Nitrit	10-50	25
Phosfor total (P)	5-20	12
P organik	1-5	2
P anorganik	5-15	10
pH	7-7,5	7
Kalsium	30-50	40
Klorida	30-85	50
Sulfat	20-60	15

Sumber: Sundstrom dan Klei dalam Sugiharto, 1987

Menurut Hammer (1977), kualitas air limbah dari masing-masing kegiatan dapat bervariasi, namun rata-rata kualitas air limbah domestik adalah sebagai berikut :

- MLSS = 240 mg/L
- MLVSS = 180 mg/L
- BOD = 200 mg/L
- Total N = 35 mg/L
- Total P = 10 mg/L

Sedangkan air limbah domestik jenis *gray water* yang dibuang tanpa diolah, menurut Veenstra (1995), mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- BOD₅ = 110 – 400 mg/L
- COD = 150 – 600 mg/L
- TSS = 350 – 750 mg/L
- Tidak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan bahan kimia toksik.

Berikut akan dipaparkan rata-rata timbulan limbah cair dari pemukiman (Metcalf & Eddy, 2003) :

- Apartemen
 - *High-rise* : 35-75 gal/orang/hari (50)
 - *Low-rise* : 50-85 gal/orang/hari (65)
- Rumah individu
 - Sederhana : 45-90 gal/orang/hari (70)
 - Menengah : 60-100 gal/orang/hari (80)
 - Mewah : 70-150 gal/orang/hari (95)
- Hotel : 30-55 gal/orang/hari (45)
- Motel
 - Dengan dapur : 90-180 gal/orang/hari (100)
 - Tanpa dapur : 75-150 gal/orang/hari (95)

Berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 diketahui kandungan BOD, COD, dan TSS rata-rata dalam limbah cair domestik, masing-masing adalah 250 mg/L, 500 mg/L, 700 mg/L. Sedangkan menurut Tabel 2.3 dipaparkan beban BOD yang dihasilkan dari berbagai jenis bangunan dan pelayanan.

Tabel 2.3 Perkiraan Volume Aliran Limbah Cair dan Beban BOD yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Bangunan dan Pelayanan

Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (liter/orang/ hari)	Beban BOD (gram/orang/hari)
----------------	---	--------------------------------

Daerah perumahan:		
Rumah besar untuk keluarga tunggal	400	100
Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal	300	80
Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun)	240 – 300	80
Rumah kecil (<i>cottage</i>)	200	80
Perkemahan dan motel:		
Tempat peristirahatan mewah	400 – 600	100
Tempat parkir rumah berjalan (<i>mobile home</i>)	200	80
Kemah wisata dan tempat parkir <i>trailer</i>	140	70
Hotel dan motel	200	50
Sekolah:		
Sekolah dengan asrama	300	80
Sekolah siang hari dengan kafetaria	80	30
Sekolah siang hari tanpa kafetaria	60	20
Restoran		
Tiap pegawai	120	50
Tiap langganan	25 – 40	20
Tiap makanan yang disajikan	15	15
Terminal transportasi		
Tiap pegawai	60	25
Tiap penumpang	20	10
Rumah Sakit	600 – 1200	30
Kantor	60	25
Teater mobil (<i>drive in theatre</i>), per tempat duduk	20	10
Bioskop, per tempat duduk	10 – 20	10
Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan cafetaria	60 – 120	25

Sumber: Hammer, 1977

Menurut Rump dan Krist dalam Effendi, H (2003), bahwa air limbah domestik dapat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah seperti dipaparkan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Tingkat Pencemaran Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Tingkat Pencemaran		
			Berat	Sedang	Ringan
1	Padatan Total	mg/L	1.000	500	200
2	Padatan Terendapkan	mg/L	12	8	4
3	BOD	mg/L	300	200	100
4	COD	mg/L	800	600	400
5	N Total	mg/L	85	50	25
6	Amonia-N	mg/L	30	30	15
7	Khlorida	mg/L	175	100	15
8	Alkalinitas	mg/L CaCO ₃	200	100	50
9	Minyak dan Lemak	-	40	20	0

Sumber : Rump dan Krist (1992)

2.1.3 Pengelolaan Limbah Cair Domestik dengan Pendekatan Desentralisasi

Fasilitas pengolahan air limbah diperlukan untuk mencegah dampak lingkungan (Metcalf dan Eddy, 2003). Tujuan dari pengolahan air limbah adalah

- Menyisihkan material yang tersuspensi dan mengapung di air.
- Menyisihkan material organik yang dapat terdegradasi secara biologis.
- Menghilangkan organisme patogen.
- Menyisihkan nitrogen dan fosfor.
- Menghilangkan senyawa *toxic*.

Terdapat berbagai cara yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah. Pengolahan biologis secara alami merupakan salah satu alternatif yang tidak membutuhkan biaya tinggi. Terdapat berbagai macam pengolahan lanjutan air limbah dengan pendekatan desentralisasi, diantaranya *conventional system*, *anaerobic upflow filter*, *mound system*, *intermittent sand filter*, *recirculating sand filter*, *water separation system*, dan *constructed wetland*. Masing-masing dari

pengolahan memiliki kelebihan dan kekurangan berdasarkan pertimbangan pada rata-rata efektifitas pemulihan nutrisi. Tabel 2.5 menampilkan perbandingan efektifitas untuk masing-masing sistem pengolahan.

Tabel 2.5 Rata-Rata Efektivitas Sistem Pengolahan Desentralisasi

Jenis Pengolahan	TSS (%)	BOD (%)	TN (%)	TP (%)	Patogen (Logos)
<i>Conventional System</i>	72	45	28	57	3,5
<i>Mound System</i>	NA	NA	44	NA	NA
<i>Anaerobic Upflow Filter</i>	44	62	59	NA	NA
<i>Intermittent Sand Filter</i>	92	92	55	80	3,2
<i>Recirculating Sand Filter</i>	90	92	64	80	2,9
<i>Water Separation System</i>	60	42	83	30	3,0
<i>Constructed Wetland</i>	80	81	90	NA	4,0

Sumber : ESP USAID, 2006

Dari tabel 2.5, sistem pengolahan air limbah dengan metode *constructed wetland* menunjukkan hasil dan kemampuan yang paling optimal sehingga paling cocok diterapkan di lokasi perencanaan.

Pengolahan air limbah dengan pendekatan desentralisasi memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan dan sederhana dalam teknologi. Sistem desentralisasi tidak hanya merupakan solusi jangka panjang bagi komunitas kecil tetapi lebih handal dan hemat biaya (Massoud, Tarhini dan Nasr, 2008). Tujuan pengolahan limbah dalam skala kecil dan desentralisasi adalah (1) melindungi kesehatan masyarakat, (2) melindungi lingkungan dari degradasi atau pencemar, dan (3) mengurangi biaya pengolahan karena unit dibangun di dekat sumber (Crites dan Tchobanoglous, 1998).

2.1.4 Aspek Hukum dan Regulasi

Aspek hukum dan peraturan diidentifikasi sebagai salah satu dari sejumlah aspek yang perlu didorong untuk menciptakan lingkungan yang

mendukung. Untuk mencapai penatalaksanaan air limbah domestik yang lebih baik diperlukan perhatian terhadap tiap-tiap bagian proses penatalaksanaannya :

- a. perencanaan dan pengembangan program,
- b. perancangan,
- c. pembangunan,
- d. operasional dan pemeliharaan, dan
- e. pemantauan.

Kerangka perundangan dan peraturan yang jelas harus dirancang untuk mendorong bagaimana proses penatalaksanaan ini dapat diatur dengan baik. Sejauh ini tidak ada perundangan khusus yang mengatur penatalaksanaan limbah domestik khususnya di daerah perkotaan karena sebagian besar peraturan ditetapkan untuk perlindungan lingkungan dan kesehatan lingkungan, bukan penatalaksanaan air limbah.

Peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang baku mutu lingkungan limbah cair domestik adalah

- UU No. 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
- PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Kep-112/MENKLH/2003 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik
- PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 582 Tahun 1995 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta

Pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 disajikan baku mutu efluen limbah cair domestik yang berlaku di Indonesia.

Tabel 2.6 Baku Mutu Limbah Cair Domestik Berdasarkan KepMenLH Nomor 112 Tahun 2003

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9

BOD	mg/L	100
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber: Lampiran KepMenLH Nomor 112 Tahun 2003

Tabel 2.7 Baku Mutu Limbah Cair Domestik Berdasarkan PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005

Parameter	Satuan	Individual/Rumah Tangga	Komunal
pH	-	6 – 9	6 - 9
KMnO ₄	mg/L	85	85
TSS	mg/L	50	50
Amoniak	mg/L	10	10
Minyak dan Lemak	mg/L	10	10
Senyawa Biru Metilen	mg/L	2	2
COD	mg/L	100	80
BOD	mg/L	75	50

Sumber: Lampiran III Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005

2.2 Limbah Cair Kantin

Limbah cair kantin berasal dari proses pencucian peralatan memasak dan peralatan makan, serta proses pengolahan makanan/minuman. Limbah cair yang dihasilkan oleh aktivitas kantin ini tergolong ke dalam limbah cair domestik.

Bahan buangan yang biasanya terdapat dalam limbah kantin adalah bahan buangan organik dan olahan bahan makanan/minuman. Bahan buangan organik umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan populasi mikroorganisme. Tidak tertutup kemungkinan dengan bertambahnya mikroorganisme dapat berkembang pula bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia. Selain itu, bahan buangan olahan bahan makanan yang sebenarnya adalah juga bahan buangan organik yang baunya lebih menyengat. Umumnya bahan buangan olahan makanan mengandung protein dan gugus amin, maka bila didegradasi akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau

busuk, misalnya NH_3 (Warlina, 2004). Beberapa parameter yang terkandung dalam limbah cair kantin ditunjukkan dalam tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kandungan Gizi Limbah Kantin

Parameter	Jumlah
Protein	10,89%
Kalsium	0,08%
Fosfor	0,39%
Serat Kasar	9,13%
Lemak	9,70%
Energi	1780 Kkal

Sumber : Yogisutanti, 2010 dalam <http://gurdani.wordpress.com/2008/08/13/limbah>)

Selain dari bahan buangan organik, limbah kantin juga mengandung bahan buangan kimia, seperti sabun, deterjen, dan bahan pembersih lainnya. Adanya bahan buangan zat kimia yang berlebihan di dalam air ditandai dengan timbulnya buih-buih sabun pada permukaan air.

Beberapa metode pengolahan air limbah secara biologi telah dilakukan sebelumnya. Penelitian terkait pengolahan air limbah kantin dengan menggunakan sistem lahan basah buatan ditunjukkan dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Beberapa Penelitian Pengolahan Air Limbah Kantin secara Biologi serta Penurunan BOD dan COD yang Terjadi

No	Sumber Limbah dan Peneliti	Pengolahan	Awal		Akhir	
			COD	BOD	COD	BOD

Universitas Indonesia

1	Kantin Buatan (Ismanto, 2005)	Eceng gondok (<i>Erchhornia crassipes</i>)	613,2	291,76	192,81	155,23
		Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	192,81	155,23	129,87	113,45
		Kangkung air (<i>Ipomea aquatica</i>)	129,87	113,45	89,43	87,71
2	Kantin Buatan (Ulfah, 2009)	Kangkung air (<i>Ipomoea aquatica</i>)	1520,23	994,63	696,00	174,65

Sumber : Ulfah (2009)

2.3 Lahan Basah Buatan

2.3.1 Gambaran Umum

Sistem lahan basah buatan (*constructed wetland*) merupakan proses pengolahan limbah yang meniru/aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi di lahan basah/rawa (*wetland*), dimana tumbuhan air (*hydrophyta*) yang tumbuh di daerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alami (*self purification*). Menurut Hammer (1986) pengolahan limbah sistem *wetland* didefinisikan sebagai sistem pengolahan yang memasukkan faktor utama, yaitu :

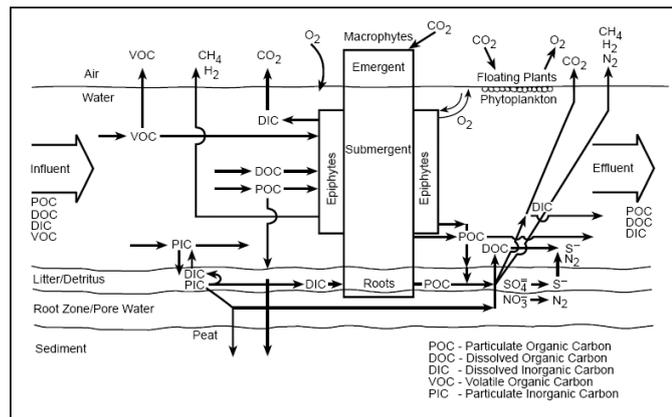
- Area yang tergenangi air dan mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis *hydrophyta*.
- Media tempat tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air (basah).
- Media bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air.

Sejalan dengan perkembangan ilmu dan penelitian, maka definisi tersebut disempurnakan oleh Metcalf & Eddy (1993), menjadi “Sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman”.

Lahan basah buatan merupakan sistem pengolahan air limbah buatan yang terdiri atas kolam dangkal atau saluran-saluran yang telah ditanami dengan

tanaman air, dan sangat bergantung pada proses mikrobiologi natural, biologi, kimia, dan fisika dalam mengolah air limbah (US EPA, 1999). Lahan basah buatan merupakan sistem yang digunakan untuk mengolah limbah pemukiman, perkotaan, industri dan pertanian. Lahan basah buatan adalah sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Vymazal, 2010). Lahan basah buatan diketahui mempunyai beberapa manfaat seperti pengolahan yang efektif dan bangunan yang kokoh, hemat energi, biaya lebih murah dibandingkan dengan sistem konvensional, memberikan nilai estetika, komersial dan dapat berfungsi sebagai habitat kehidupan liar dengan berkembangnya flora dan fauna yang dapat beradaptasi (Moshiri, 1993, Kent, 2001).

Prinsip pengolahan limbah dalam lahan basah buatan untuk menguraikan limbah dalam bentuk *Particulate Organic Carbon* (POC), *Dissolved Organic Carbon* (DOC), *Dissolved Inorganic Carbon* (DIC), *Volatile Organic Carbon* (VOC), dan *Particulate Inorganic Carbon* (PIC) berlangsung secara aerobik. Oksigen berasal dari udara yang masuk ke dalam air, fitoplankton dan tanaman air yang berada dalam lahan basah buatan. Mikroorganisme pada lahan basah buatan berperan dalam melakukan transformasi karbon. Hasil dari penguraian bahan organik tersebut akan dimanfaatkan oleh fitoplankton dan tanaman air. Dengan demikian terjadilah pengurangan pencemar (US EPA, 1999). Gambar 2.3 memperlihatkan secara teoritis transformasi karbon dalam suatu lahan basah buatan.



Gambar 2.3 Transformasi Karbon Dalam Lahan Basah Buatan

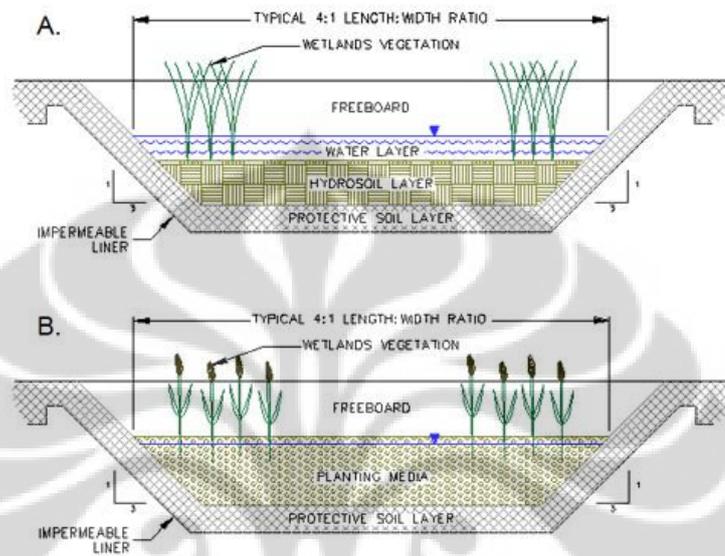
Sumber : Environmental Protection Agency, 1999

Menurut Mengzhi (2009), lahan basah buatan memiliki karakteristik performa yang baik, biaya pengoperasian dan investasi yang minimum, sangat ekonomis, dan bermanfaat bagi masyarakat dalam menangani air limbah, secara mekanisme, penyisihan polutan merupakan dasar yang penting pada desain teknik lahan basah buatan, dan dapat memberikan keandalan dalam desain rekayasa dan operasi. Aplikasi lahan basah buatan saat ini telah banyak digunakan di berbagai negara baik untuk mengolah limbah cair domestik maupun nondomestik. Di beberapa negara seperti Turki, Ceko, Amerika, Kanada, dan negara lain, lahan basah buatan digunakan untuk mengolah limbah.

2.3.2 Sistem Lahan Basah Buatan

Dalam lahan basah buatan terdapat dua sistem yang dikembangkan saat ini yaitu *Free Water Surface System (FWS)* dan *Sub-surface Flow System (SSF)* seperti terlihat pada Gambar 2.4 (Crites dan Tchobanoglous, 1998). *Free Water Surface System (FWS)* disebut juga rawa buatan dengan aliran di atas permukaan tanah. *Sub-surface Flow System (SSF)* disebut juga rawa buatan dengan aliran di bawah permukaan tanah. Air limbah mengalir melalui tanaman yang ditanam pada media yang berpori. Secara konsep SSF baik untuk diterapkan pada skala yang kecil seperti perumahan individual, komunal, taman, sekolah dan fasilitas publik serta area komersial. Karena pengaliran air di bawah permukaan tanah,

larva dan nyamuk tidak dapat berkembang biak. Namun secara ekonomis konsep FWS baik untuk diterapkan pada permukiman skala besar dan sistem industri (Metcalf & Eddy, 1991, Crites dan Tchobanoglous, 1998).



Gambar 2.4 Lahan Basah Buatan Tipe (A) *Free Water Surface System* (FWS), (B) *Sub-surface Flow System* (SSF)

Proses pengolahan yang terjadi pada sistem ini adalah filtrasi, absorpsi oleh mikroorganisme, dan absorpsi oleh akar-akar tanaman terhadap bahan organik dalam tanah (Novotny dan Olem, 1994).

Sedangkan klasifikasi lahan basah buatan berdasarkan jenis tanaman yang digunakan terbagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu :

- Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta mengambang atau sering disebut dengan lahan basah sistem tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plant System*).
- Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta dalam air (*submerged*) dan umumnya digunakan pada sistem lahan basah buatan tipe aliran permukaan (*Surface Flow Wetland*).

- Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta yang akarnya tenggelam atau sering juga disebut *amphibious plants* dan biasanya digunakan untuk lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Wetland*) SSF-Weland. (Suriawiria, 1993)

Banyak desain awal pengolah limbah menggunakan tumbuhan timbul (*emergent aquatic macrophyte*) untuk mengolah limbah. Hasil analisis sistem pengolah limbah tersebut menunjukkan bahwa tumbuhan berperan sebagai tempat penyimpanan sementara, melalui proses transformasi dan pemisahan polutan yang terjadi dalam substrat (Nichols, 1983). Tumbuhan timbul sering ditanam pada media kerikil untuk merangsang serapan hara dan menciptakan kondisi yang cocok untuk oksidasi substrat, sehingga kemampuan sistem untuk mengolah limbah menjadi meningkat.

Kriteria umum untuk menentukan spesies tumbuhan lahan basah yang cocok untuk pengolah limbah belum ada, karena sistem yang berbeda memiliki tujuan dan standar yang berbeda. Hal yang patut dipertimbangkan dalam pemilihan tanaman adalah toleran terhadap limbah, mampu mengolah limbah, dan pengaruhnya terhadap lingkungan. Untuk mengetahui tingkat toleransi tanaman terhadap limbah maka perlu diketahui konsentrasi nutrisi dalam limbah. Kemampuan dalam mengolah limbah meliputi kapasitas filtrasi dan efisiensi serapan nutrisi (Shutes et al., 1993). Tumbuhan timbul dan tumbuhan mengapung lebih banyak dipilih untuk digunakan dalam studi lahan basah buatan skala laboratorium. Jenis tumbuhan timbul *Scirpus californicus*, *Zizaniopsis miliaceae*, *Panicum helitomom*, *Pontederia cordata*, *Sagittaria lancifolia*, dan *Typha latifolia* adalah yang terbaik digunakan pada sistem lahan basah buatan untuk mengolah limbah peternakan (Surrency, 1993). *Phalaris*, *Spartina*, *Carex* dan *Juncus* memiliki potensi produksi dan daya serap hara yang tinggi, penyebarannya luas, dan toleran terhadap berbagai macam kondisi lingkungan.

Spesies tumbuhan mengapung (*floating plant*) digunakan karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi, dan kemampuannya untuk langsung menyerap hara langsung dari kolom air (Reddy dan de Busk, 1987). Akarnya menjadi tempat

filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang menghilangkan unsur-unsur hara dari kolom air.

Tanaman tenggelam tidak direkomendasikan pada pengolah limbah, karena produksinya rendah, banyak spesies yang tidak tahan terhadap kondisi eutrofik dan memiliki efek yang merugikan bagi alga dalam kolam air (Hammer dan Bastian, 1989). Namun tumbuhan tenggelam mungkin memiliki peran yang penting bila dikombinasikan dengan jenis tanaman lain dalam sistem pengolah limbah.

Desain sistem lahan basah buatan umumnya terdiri dari satu atau beberapa unit yang disebut dengan sel. Ukuran masing-masing sel dalam satu sistem adalah seragam, namun bervariasi antar satu sistem dengan sistem yang lain. Jumlah sel dalam satu unit pengolah limbah bervariasi, tergantung dari jenis atau asal limbah. Untuk limbah pertanian atau peternakan, jumlah sel sebanyak 3-4 buah yang disusun secara seri menghasilkan reduksi efluen paling banyak (Surrency, 1993). Untuk limbah *leachate*, Martin et al. (1993) menggunakan 10 sel yang disusun seri dan limbah dialirkan ke tiap sel pada permukaan secara gravitasi. Untuk limbah septik tank, Steiner et al. (1993) mengajukan beberapa alternatif jumlah sel dalam sistem lahan basah yang bisa berupa sel tunggal, dua sel disusun seri, atau multi sel yang disusun seri ataupun paralel.

Sistem sel tunggal biasanya digunakan pada lokasi dimana limbah tidak dapat dibuang dengan cara perkolasi karena aliran air terlalu deras, pada permukaan air tanah yang dangkal, tanah dangkal diatas batuan cadas, atau pada tanah lempung yang impermeabel. Sistem dua sel yang disusun seri dapat digunakan pada lokasi dimana tanah memungkinkan air limbah merembes ke bawah. Sel pertama diberi lapisan kedap air, sedangkan sel kedua tidak diberi lapisan kedap air agar air limbah dapat merembes dan mengurangi aliran buangan. Secara umum, sistem lahan basah multi sel untuk pengolah limbah memungkinkan operasi lebih fleksibel, dan dapat dibuat menurut topografi lahan.

Steiner et al. (1993) merekomendasikan ketinggian air di dalam sel sekitar 30 cm. Sel yang dangkal dipercaya memiliki aerasi limbah yang lebih baik daripada sel yang dalam. Selain itu, akar akan lebih banyak berada di bagian atas

substrat dimana oksigen tersedia lebih banyak. Pengontrolan ketinggian air juga diperlukan untuk menumbuhkan tanaman dan menghindari air diam.

2.3.3 Sistem Aliran Bawah Permukaan (*SSF - Wetlands*)

Sistem Aliran Bawah Permukaan (*Sub-Surface Flow - Wetlands*) merupakan sistem pengolahan limbah yang relatif masih baru, namun telah banyak diteliti dan dikembangkan oleh banyak negara dengan berbagai alasan. Menurut Tangahu & Warmadewanthi (2001), bahwa pengolahan air limbah dengan sistem tersebut lebih dianjurkan karena beberapa alasan sebagai berikut :

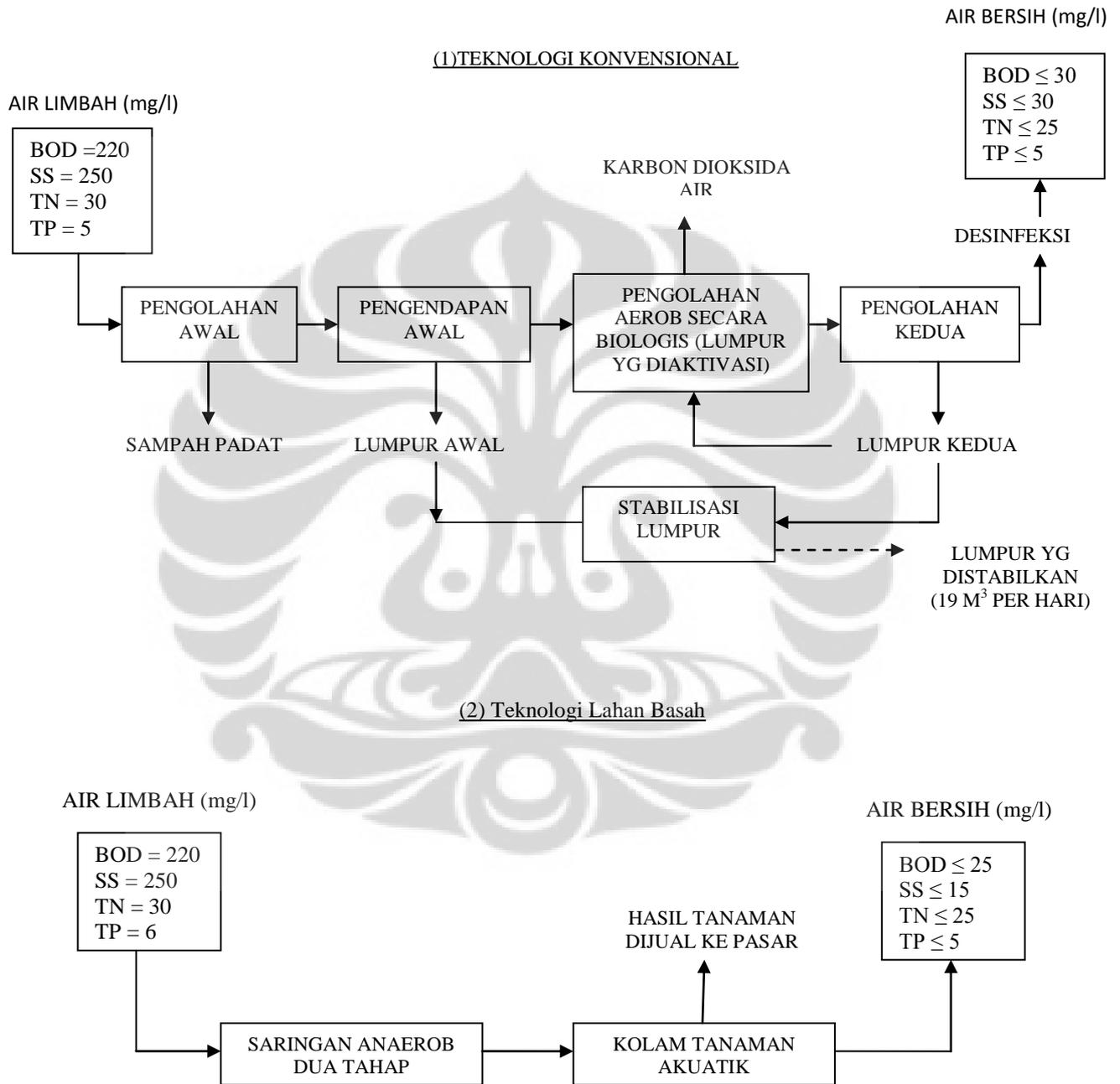
- Dapat mengolaha limbah domestik, pertanian, dan sebagian limbah industri termasuk logam berat.
- Efisiensi pengolahan tinggi (80%)
- Biaya perencanaan, pengoperasian, dan pemeliharaan murah dan tidak membutuhkan keterampilan tinggi.

Alasan lain yang lebih teknis dikemukakan oleh Haberl dan Langergraber (2002), bahwa berdasarkan pendekatan teknis maupun efektivitas biaya, sistem tersebut lebih banyak dipilih dengan alasan sebagai berikut :

- Sistem *wetlands* seringkali pembangunannya lebih murah dibandingkan dengan alternatif sistem pengolahan limbah yang lainnya.
- Biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah dan waktu operasionalnya secara periodik, tidak perlu secara kontinyu.
- Sistem *wetlands* ini mempunyai toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi debit air limbah.
- Mampu mengolah air limbah dengan berbagai perbedaan jenis polutan maupun konsentrasinya.
- Memungkinkan untuk pelaksanaan pemanfaatan kembali dan daur ulang (*reuse* dan *recycling*) airnya.

Kemampuan teknologi lahan basah buatan dalam mengolah limbah domestik sama efektifnya dengan teknologi konvensional dengan sistem lumpur aktif. Penelitian yang dilakukan Jewell dalam Khiatuddin (2003) dengan

membandingkan teknologi konvensional dan teknologi lahan basah untuk mengolah air limbah sebanyak 3.790 m³/hari yang dihasilkan dari 10.000 penduduk, maka dihasilkan *effluent* air limbah dengan kualitas sebagaimana tersaji pada gambar diagram berikut ini :



Gambar 2.5 Perbandingan Teknologi Konvensional dan Teknologi Lahan Basah Buatan dalam Mengolah Limbah Domestik
 Sumber : Khatuddin, M. (2003)

2.3.4 Prinsip Dasar pada Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan

Mengacu pada definisi *Wetlands* dari Metcalf & Eddy (1993), maka proses pengolahan limbah pada lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*) dapat terjadi secara fisik, kimia, maupun biologi. Proses secara fisik yang terjadi adalah proses sedimentasi, filtrasi, adsorpsi oleh media tanah yang ada. Menurut Wood dalam Tangahu dan Wardewanthi (2001), dengan adanya proses secara fisik ini hanya dapat mengurangi konsentrasi COD dan BOD solid maupun TSS, sedangkan COD dan BOD terlarut dapat dihilangkan dengan proses gabungan kimia dan biologi melalui aktivitas mikroorganisme maupun tanaman.

Hal tersebut dinyatakan juga oleh Haberl dan Langergraber (2002), bahwa proses eliminasi polutan dalam air limbah terjadi melalui proses secara fisik, kimia, dan biologi yang cukup kompleks yang terdapat dalam asosiasi antara media, tumbuhan makrophyta dan mikroorganisme, antara lain :

- Pengendapan untuk zat padatan tersuspensi
- Filtrasi dan presipitasi kimia pada media
- Transformasi kimia
- Adsorpsi dan pertukaran ion dalam permukaan tanaman maupun media
- Transformasi dan penurunan polutan maupun nutrisi oleh mikroorganisme maupun tanaman
- Mengurangi mikroorganisme patogen

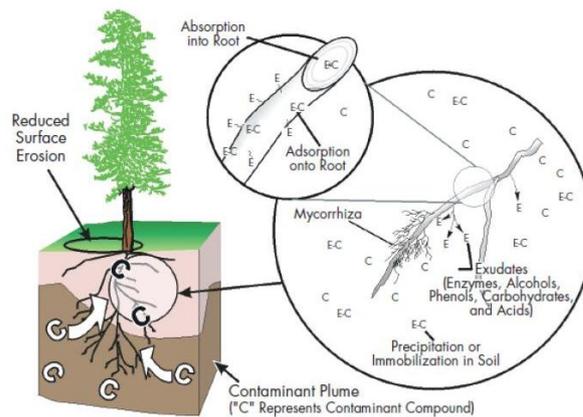
Mekanisme penyerapan polutan pada lahan basah buatan, menurut USDA, dan ITRC dalam Halverson (2004) menyebutkan bahwa secara umum melalui proses abiotik (fisik dan kimia) atau biotik (mikrobia dan tanaman) dan gabungan dari kedua proses tersebut. Proses pengolahan awal (primer) secara abiotik, antara lain melalui :

- *Settling* dan sedimentasi, efektif untuk menghilangkan partikulat dan padatan tersuspensi
- Adsorpsi dan absorpsi, merupakan proses kimiawi yang terjadi pada tanaman, substrat, sedimen maupun air limbah, yang berkaitan erat dengan waktu retensi air limbah.

- Oksidasi dan reduksi, efektif untuk mengikat logam-logam B3 dalam lahan basah buatan.
- Photodegradasi/oksidasi, degradasi (penurunan) berbagai unsur polutan yang berkaitan dengan adanya sinar matahari.
- Volatilisasi, penurunan polutan akibat menguap dalam bentuk gas.

Proses secara biotik, seperti biodegradasi dan penyerapan oleh tanaman juga merupakan bentuk pengurangan polutan seperti halnya pada proses abiotik. Beberapa proses pengurangan polutan yang dilakukan oleh mikrobia dan tanaman dalam lahan basah, antara lain sebagai berikut :

- Biodegradasi secara aerobik/anaerobik
Dalam proses ini, tanaman mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar (disebut eksudat akar), sehingga daerah rizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba di daerah rizosfer akan mempercepat biodegradasi kontaminan.
- Fitostabilisasi
Merupakan bentuk kemampuan sebagian tanaman untuk memisahkan bahan anorganik pada akar tanaman. Dalam proses stabilisasi, berbagai senyawa yang dihasilkan oleh tanaman dapat mengimobilisasi kontaminan, sehingga diubah menjadi senyawa yang stabil. Tanaman mencegah migrasi polutan dengan mengurangi *runoff*, erosi permukaan, dan aliran air bawah tanah.

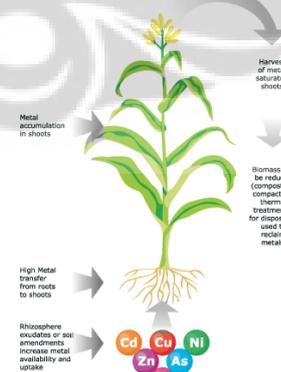


Gambar 2.6 Fitostabilisasi

Sumber : <http://www.biology-online.org/articles/phytoremediation-lecture/phytostabilization.html>

- Fitoakumulasi (Fitoekstraksi)

Akar tanaman dapat menyerap kontaminan bersamaan dengan penyerapan nutrisi dan air. Massa kontaminan tidak dirombak, tetapi diendapkan di bagian tubuh dan daun tanaman. Metode ini digunakan terutama untuk menyerap limbah yang mengandung logam berat.



Gambar 2.7 Fitoekstraksi

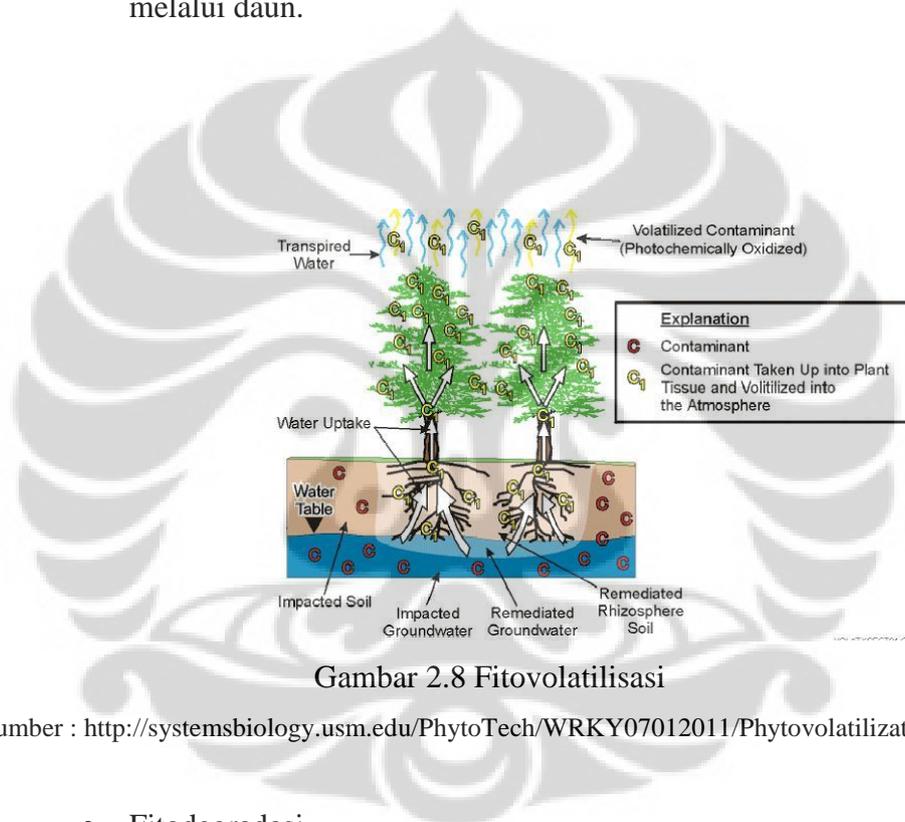
Sumber : http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162006000300014&script=sci_arttext

- Rizodegradasi

Akar tanaman dapat melakukan penyerapan bahan polutan dari hasil degradasi bahan organik yang dilakukan oleh mikrobia.

- Fitovolatilisasi

Dalam proses ini, tanaman menyerap air yang mengandung kontaminan organik melalui akar, diangkut ke bagian daun, dan mengeluarkan kontaminan yang sudah didetoksifikasi ke udara melalui daun.

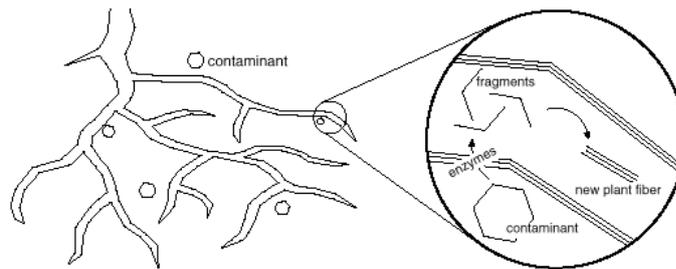


Gambar 2.8 Fitovolatilisasi

Sumber : <http://systemsbiology.usm.edu/PhytoTech/WRKY07012011/Phytovolatilization.html>

- Fitodegradasi

Tanaman dapat menghasilkan enzim yang dapat memecah bahan organik maupun anorganik dari polutan sebelum diserap, selama proses transpirasi. Dalam proses metabolisme, tanaman dapat merombak kontaminan di dalam jaringan tanaman menjadi molekul yang tidak bersifat toksik.



Gambar 2.9 Fitodegradasi

Sumber : <http://www.oocities.org/razanoor/biophyto.html>

Proses penurunan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrisi bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C,N, dan energi bagi kehidupan mikroba (Handayanto, E. dan Hairiah, K., 2007.)

Aktivitas mikroorganisme maupun tanaman dalam penyediaan oksigen yang terdapat dalam sistem pengolahan limbah lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*) ini, secara prinsip terjadi akibat adanya proses fotosintesis maupun proses respirasi.

Menurut Brix dalam Khatuddin (2003), menyatakan bahwa di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan akuatik mengeluarkan oksigen, sehingga terbentuk zona rizosfer yang kaya akan oksigen di seluruh permukaan rambut akar. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun. Pendapat tersebut diperkuat dengan pernyataan Tangahu dan Warmadewanthi (2001), bahwa pelepasan oksigen di sekitar akar (rizosfer) tersebut sangat dimungkinkan karena jenis tanaman *hydrophyta* mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran.

Menurut Reed, et al. (1995) , diperkirakan oksigen yang dilepas oleh akar tanaman dalam 1 hari berkisar antara 5 hingga 45 mg/m² luas akar tanaman. Percobaan yang dilakukan oleh Brix, et al. (2005) di Australia menemukan bahwa tanaman-tanaman air mampu memasok oksigen ke dalam tanah di bawah permukaan air dalam kisaran antara 0,2 – 10 cm² O₂ /menit tiap batangnya (Khatuddin, M., 2003).

Menurut Amstrong dalam Tangahu dan Warmadewanthi (2001), menyebutkan bahwa jumlah oksigen yang dilepaskan oleh tanaman *hydrophyta* sebesar 12 g O₂/m²/hari, dengan sistem perakaran tiap batangnya mempunyai 10 akar adventif, dimana tiap akar adventif berisi 600 akar lateral. Sedangkan menurut Hindarko (2003), menyebutkan bahwa kadar oksigen yang dipasok melalui daun, batang maupun akar tanaman yang terdapat dalam *SSF-Wetlands* rata-rata sebesar 20 g O₂/m²/hari.

Pelepasan oksigen oleh akar tanaman air menyebabkan air/tanah di sekitar rambut akar memiliki oksigen terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan air/tanah yang tidak ditumbuhi tanaman air, sehingga memungkinkan organisme mikro pengurai seperti bakteri aerob dapat hidup dalam lingkungan lahan basah yang berkondisi anaerob (Khiatuddin, 2003).

Menurut Suriawiria (1993), kelompok mikroorganisme yang beres di daerah rhizosphere atau sering disebut dengan mikroba rhizosfera, tidak hanya jenis bakteri, namun juga beberapa jenis dari kelompok jamur. Mikroba rhizosfera ini hidup secara simbiosis di sekitar akar tanaman dan kehadirannya secara khas tergantung pada akar tanaman tersebut.

2.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*)

Dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem ini, terdapat 4 (empat) faktor/komponen yang mempengaruhi kinerja sistem tersebut, yaitu :

- Substrat

Substrat yang umum digunakan untuk sistem lahan basah buatan adalah kerikil bersih dengan ukuran tertentu. Batuan sungai berbentuk bulat lebih disukai karena menghindari substrat mengeras. Pasir atau campuran kerikil/pasir merupakan alternatif yang baik. Batuan kapur tidak direkomendasikan karena mudah mengeras. Selain kerikil dan pasir, bisa juga digunakan substrat yang mengandung tanah lempung dan lumpur (Martin et al., 1993).

Tingkat permeabilitas dan konduktivitas hidrolis substrat-substrat tersebut sangat berpengaruh terhadap waktu detensi air limbah, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah, serta oksigen yang dikeluarkan oleh akar tanaman (Wood dalam Tangahu & Warmadewanthi, 2001).

Pada Tabel 2.10, dipaparkan karakteristik substrat yang umum digunakan pada sistem lahan basah buatan aliran bawah permukaan yang terbagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

Tabel 2.10 Karakteristik Substrat dalam *SSF-Wetlands*

No	Tipe Media	Diameter Butiran (mm)	Porositas	Konduktivitas Hidrolik
1	<i>Medium sand</i>	1	0,30	1.640
2	<i>Coarse sand</i>	2	0,32	3.280
3	<i>Gravelly sand</i>	8	0,35	16.400
4	<i>Medium gravel</i>	32	0,40	32.800
5	<i>Coarse gravel</i>	128	0,45	328.000

Sumber : Crites & Tchobanoglous (1998)

Peranan utama dari substrat pada lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*) tersebut adalah :

- Tempat tumbuh bagi tanaman
- Media berkembang-biaknya mikroorganisme
- Membantu terjadinya proses sedimentasi
- Membantu penyerapan (adsorpsi) bau dari gas hasil biodegradasi

Sedangkan peranan lainnya adalah tempat terjadinya proses transformasi kimiawi, tempat penyimpanan bahan-bahan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Menurut Watson, et al. dalam Khiatuddin (2003) menyebutkan bahwa kinerja *SSF-Wetlands* berdasarkan media yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Kinerja Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan Berdasarkan Jenis Media yang Digunakan

No	Jenis Media	Persentase Pengurangan Polutan		
		BOD	SS	Coliform
1	Kerikil	55 – 96	51 – 98	99
2	Tanah	62 – 85	49 – 85	-
3	Pasir	96	94	100
4	Tanah liat	92	91	-

Sumber : Khiatuddin (2003)

Hasil penelitian Surface et al., (1993) menunjukkan bahwa sel yang berisi media campuran pasir dan kerikil (diameter pasir 0,05 cm dan diameter kerikil 0,5-1 cm) paling efektif menurunkan BOD dan NH_4^+ hingga 70%.

Substrat yang akan digunakan sebaiknya dicuci lebih dahulu untuk menghindari partikel halus yang dapat menyumbat ruang pori substrat sehingga terjadi aliran permukaan. Substrat dibuat sejajar dengan permukaan air untuk mengontrol ketinggian air, memudahkan penanaman, dan menghindari air diam. Ukuran pori diantara substrat hendaknya cukup besar untuk dilewati aliran air secara fisik. Muatan bahan organik secara berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan substrat, karena terbentuk lapisan lendir anaerobik. Steiner et al. (1993) menyarankan agar menggunakan loading organik sebesar $4 \text{ m}^2/\text{kg}/\text{hari}$. Pada sistem lahan basah yang tidak menginginkan perkolasi air, permukaan dasar sistem bisa terdiri dari tanah lempung padat (*compacted clay*). Sistem ini menjaga agar ketinggian permukaan air tetap pada level yang diinginkan (Martin et al., 1993).

- Tanaman

Jenis tanaman yang sering digunakan untuk lahan basah buatan aliran bawah permukaan adalah jenis tanaman air atau tanaman yang tahan hidup di air tergenang (*submerged plants* atau *amphibiuous plants*).

Pada umumnya tanaman air tersebut dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) tipe/ kelompok, berdasarkan area pertumbuhannya di dalam air. Adapun ketiga tipe tanaman air tersebut adalah sebagai berikut :

- Tanaman yang mencuat ke permukaan air, merupakan tanaman air yang memiliki sistem perakaran pada tanah di dasar perairan dan daun berada jauh di atas permukaan air.
- Tanaman yang mengambang dalam air, merupakan tanaman air yang seluruh tanaman (akar, batang, daun) berada di dalam air.
- Tanaman yang mengapung di permukaan air, merupakan tanaman air yang akar dan batangnya berada dalam air, sedangkan daun di atas permukaan air.

Dari ketiga tipe tanaman air tersebut, yang umum digunakan untuk lahan basah buatan disajikan dalam Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Jenis Tanaman yang Digunakan Pada Lahan Basah Buatan

Tanaman yang mencuat	Tanaman yang mengambang dalam air	Tanaman yang mengapung di permukaan air
<i>Scirpus robustus</i>	<i>Potamogeton spp.</i>	<i>Lagorosiphon major</i>
<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Egeria densa</i>	<i>Salvinia rotundifolia</i>
<i>Scirpus validus</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Spirodela polyrhiza</i>
<i>Scirpus pungens</i>	<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Pistia stratoites</i>
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Lemna minor</i>
<i>Phragmites australis</i>	<i>Algae</i>	<i>Eichornia crassipes</i>
<i>Phalaris arundinacea</i>		<i>Wolffia arrhiza</i>
<i>Typha domingensis</i>		<i>Azolla caroliniana</i>
<i>Typha latifolia</i>		<i>Hydrocotyle umbellata</i>
<i>Typha orientalis</i>		<i>Lemna gibba</i>
<i>Canna flaccida</i>		<i>Ludwigia spp.</i>
<i>Cyperus pappirus</i>		
<i>Cyperus alternifolus</i>		
<i>Iris pseudoacorus</i>		
<i>Glyceria maxima</i>		
<i>Eleocharis sphacelata</i>		
<i>Colocasia esculenta</i>		
<i>Zantedeschia aethiopica</i>		
<i>Acorus calamus</i>		
<i>Peltandra virginica</i>		
<i>Sagittaria latifolia</i>		
<i>Saururus cernuus</i>		
<i>Andropogon virginianus</i>		
<i>Polygonum spp.</i>		
<i>Alternanthera spp.</i>		

Sumber : Khatuddin (2003)

- Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan tumbuh dan berkembang dalam substrat *SSF-Wetlands* tersebut adalah jenis heterotropik aerobik, karena pengolahan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan mikroorganisme anaerobik (Vymazal, 2005). Untuk menjamin kehidupan mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dengan baik, maka transfer oksigen dari akar tanaman harus dapat

mencukupi kebutuhan untuk kehidupan mikroorganisme. Kandungan oksigen dalam media akan disuplai oleh akar tanaman, yang merupakan hasil sampling dari proses fotosintesis tanaman dengan bantuan sinar matahari. Dengan demikian, maka pada siang hari akan lebih banyak terjadi pelepasan oksigen.

Kondisi aerob pada daerah sistem perakaran (*rhizosphere*) dan ketergantungan mikroorganisme aerob terhadap pasokan oksigen dari sistem perakaran tanaman yang ada dalam *SSF-Wetlands*, akan menyebabkan jenis-jenis mikroorganisme yang dapat hidup pada *rhizosphere* tersebut hanya jenis tertentu dan spesifik.

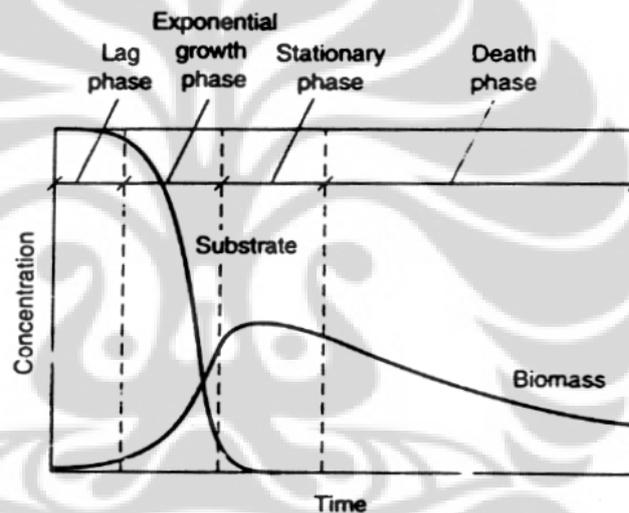
Menurut Hindarko (2003), menyatakan bahwa dalam berperan menguraikan zat organik dalam air limbah, jumlah mikroorganisme dapat mencapai 500.000/ml sampai dengan 5.000.000/ml air limbah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bagwell, et al (1998) terhadap mikroorganisme *rhizosphere* pada akar rumput-rumputan yang terdapat pada daerah rawa (*wetlands*) ditemukan 339 *strains*, yang termasuk dalam familia *Enterobacteriaceae*, *Vibrionaceae*, *Azotobacteraceae*, *Spirillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Rhizobiaceae*. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Grieve, et al (2003), menyebutkan bahwa komposisi mikrobial yang terdapat dalam efluen lahan basah buatan dengan analisis DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*) didominasi oleh jenis *Bacillus*, *Clostridium*, *Mycoplasma*, *Eubacterium*, *Nitrobacter*, dan *Nitrosospira*.

Berdasarkan klasifikasi prokariotik yang bertumpu pada 19 kelompok dari Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, jenis *Bacillus* dan *Clostridium* merupakan bakteri kelompok 15 yang berwujud batang dan termasuk bakteri gram positif. *Bacillus* merupakan bakteri aerob, sedangkan *Clostridium* merupakan bakteri anaerob. *Mycoplasma* termasuk bakteri kelompok 19 yang merupakan bakteri berkoloni (kelompok) yang tidak mempunyai

dinding sel. Jenis *Eubacterium* termasuk bakteri kelompok 17, merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang, dan bersifat aerob. Untuk jenis *Nitrobacter* dan *Nitrosospira* termasuk bakteri kelompok 12 yang merupakan bakteri khemolitotrof, bersifat gram negatif dan merupakan bakteri aerob (Schlegel, 1994).

Menurut Metcalf & Eddy (2003) karakteristik pertumbuhan bakteri berdasarkan waktu ada 4 tahapan/fase pertumbuhan sebagaimana tersaji dalam Gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Fase Pertumbuhan Bakteri

Sumber : Metcalf & Eddy (2003)

- Temperatur

Temperatur/suhu air limbah akan berpengaruh pada aktivitas mikroorganisme maupun tanaman, sehingga akan mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah yang masuk ke bak/sel *SSF-Wetlands* yang akan digunakan. Menurut Suriawiria (1993) menyebutkan bahwa temperatur/suhu akan dapat mempengaruhi reaksi, dimana setiap kenaikan suhu 10°C akan meningkatkan reaksi 2–3 kali lebih

cepat. Disamping itu, suhu juga merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan mikroorganisme. Walaupun batas kematian mikroorganisme pada daerah suhu yang cukup luas (0°C - 90°C), namun kehidupan optimal untuk tiap-tiap jenisnya mempunyai kisaran tertentu. Berdasarkan hal tersebut, maka ada 3 (tiga) kelompok mikroorganisme, yaitu :

- Mikroorganisme Psikrofil (pertumbuhan optimal pada suhu 15°C)
- Mikroorganisme Mesofil (pertumbuhan optimal pada suhu 25°C - 37°C)
- Mikroorganisme Termofil (pertumbuhan optimal pada suhu 55°C - 60°C)

Mengingat kondisi iklim di Indonesia secara umum memiliki iklim tropis dengan kisaran perbedaan suhu (amplitudo) harian yang relatif kecil, maka suhu bukan merupakan faktor pembatas lagi, sehingga kehidupan mikrobial dapat optimal di sepanjang tahun. Dengan demikian, maka kinerja pengolahan limbah dengan sistem *SSF-Wetlands* di Indonesia dapat berjalan secara optimal sepanjang tahun.

2.3.6 Penelitian Sebelumnya Tentang Lahan Basah Buatan

Garcia et al. (2008) melakukan penelitian untuk membandingkan pemanfaatan lahan bawah buatan aliran permukaan (*FWS-Wetlands*) dengan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*) terlihat hasil bahwa pengurangan protozoa patogen sebesar 98% dengan menggunakan lahan basah buatan *SSF*. Lahan basah *SSF* lebih efisien daripada lahan basah tipe *FWS*. Lahan basah *SSF* lebih tinggi dalam mereduksi bahan organik dan *suspended solid* namun relatif rendah dalam merubah nutrient (Vymazal, 2005). *SSF* lebih efektif untuk menurunkan BOD, nitrat dan patogen (Kadlec, 2009).

Pemanfaatan lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*) untuk mengolah limbah peternakan di Yucantan, Mexico, waktu

tinggal efektif 3 hari memperlihatkan hasil removal untuk TSS 64-78%, COD 52-78%, BOD 57-74%, TN 57-79%, NH₄-N 63-75%, NO₃ 70-81%, TP 0-28% dan Total coliform 3,3-4,2 log unit (Gonzalez et al, 2009). Pemanfaatan lahan basah buatan tipe SSF untuk mengolah air limbah septik, dimensi bak 5 x 5 m², diisi dengan pasir-batuan sebagai substrat, menggunakan tanaman *Typha augustifolia*, *solid loading rate* 250 kg TS/m².tahun. Penelitian tersebut dilakukan di Phatumthani, Thailand dan dihasilkan removal TS 80%, COD 96%, TKN 92% (Koottatep, 2003).

Aplikasi pengolahan limbah menggunakan *hybrid wetland systems* yang terdiri dari kolam oksidasi serta lahan basah buatan tipe FWS dan SSF yang disusun secara seri untuk pengolahan air limbah domestik di Taiwan menggunakan *emergent macrophytes*. Rasio BOD dan COD 0,65 yang menandakan bahwa air limbah mengandung bahan organik tinggi. Persen removal untuk SS 86,7%, BOD 86,5%, COD 57,8%, Cu 72,9%, Zn 68,3%, TKN 65%, NH₄-N 68% dan NO₃-N 63% (Yeh, 2009). *Hybrid wetland systems* merupakan pilihan untuk transformasi dan penghilangan pencemar di negara tropis ketika pengolahan limbah sangat mahal dan tidak mudah dioperasikan. Keluaran yang sudah terolah dan sudah sesuai kriteria dapat masuk ke badan air penerima maupun sebagai simpanan air tanah.

Pemanfaatan lahan basah dalam upaya melindungi Danau Dianchi Valley di Cina dari eutrofikasi dilakukan dengan membangun penelitian skala laboratorium untuk mengolah air limbah satu kampung. Penelitian ini mengkombinasikan lahan basah tipe FWS, SSF dan sistem kolam. Populasi yang dilayani sebanyak 1820 orang dengan debit 80 m³/hari. Area FWS sebesar 2000 m² dan *hydraulic loading rate* (HLR) sebesar 4 cm/hari, kedalaman air 20-30 cm dengan tanaman air *Phragmites communis*. Area SSF sebesar 300 m² dan HLR sebesar 30 cm/hari. Area kolam seluas 1400 m² dengan kedalaman air 60 cm. Hasil monitoring selama 430 hari memperlihatkan removal sebagai berikut TN 89,9%, NH₃-N 85,1%, Total P 85,1% dan COD 80,6%,. Sistem tersebut dapat menahan air larian dan secara kapasitas baik untuk mengurangi pencemaran yang berasal dari sumber menyebar yang berasal dari air larian (Liu et al., 2004).

Aplikasi lahan basah seluas 6-8 m² tipe SSF dapat diterapkan untuk 4-5 orang dengan konsep “*wastewater gardens*” serta dapat dimodifikasi sesuai lahan dan kebutuhan. Material yang dipakai berasal lokasi sekitar seperti batuan. Teknologi yang dibutuhkan tidak rumit, tidak membutuhkan energi dan bahan kimia serta memanfaatkan metabolisme mikroba dan tanaman, minim pemeliharaan serta dapat dioperasikan dalam jangka waktu yang panjang. Sistem ini baik untuk diterapkan pada berbagai variasi suhu dan penyinaran (Nelson et al, 2003).

Penerapan lahan basah buatan untuk pengolahan efluen tangki septik didesain 2 sel lahan basah yaitu SSF dan FWS, untuk melayani 80 orang dengan debit efluen tangki septik sebesar 8 m³/detik dan target penyisihan BOD sebesar 87%. Penelitian dilakukan di Surabaya, Indonesia. Dimensi SSF yang diperlukan adalah: luas permukaan *bed* 35,68 m², lebar 3,6 m, luas penampang 2,16 m², beban pada *bed* (OLR) 179,37 kg BOD/ha.hari, beban hidrolis (HLR) 0,2242 m³/m².hari dan waktu tinggal yang dibutuhkan 1 hari. Sedangkan dimensi FWS yang dibutuhkan adalah: luas permukaan *bed* 19,71 m², lebar 2,5 m, panjang 8 m, kedalaman *bed* 0,3 m, luas penampang 0,75 m², beban organik (OLR) 83,21 kg BOD/ha.hari, beban hidrolis (HLR) 0,4059 m³/m².hari dengan waktu tinggal 1 hari (Soeprijanto dan Karnaningroem, 2008).

Sokhifah (2009) melakukan penelitian untuk mengolah air limbah dari industri air kemasan dengan menggunakan lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan dengan menggunakan tanaman *Canna* dapat mereduksi konsentrasi MBAS sampai dengan 85% dan dapat mereduksi 84% konsentrasi MBAS dengan menggunakan tanaman *Cyperus*.

2.4 *Typha Latifolia*

Typha latifolia (Gambar 2.11) merupakan tanaman rumput-rumputan, tanaman *rhizomatous* dengan batang yang panjang, hijau dan ramping. Bunga dari tanaman ini berwarna coklat, berbulu, dengan bentuk seperti sosis. *Typha latifolia* memiliki tinggi antara 15-30 dm. Perbungaan seperti taji, terminal,

silinder yang memiliki bunga jantan pada bagian atas dan putik pada bagian bawah dengan sumbu tak tampak antara bungan jantan dan putik. Taji berwarna hijau ketika masih muda, dan menjadi berwarna coklat ketika tanaman telah dewasa. Daun basal tipis dengan pembuluh paralel sepanjang daun yang panjang dan sempit. Tanaman ini adalah tanaman *rhizomatous* dan berbentuk koloni.

Berikut adalah klasifikasi ilmiah dari tanaman *Typha latifolia* atau biasa disebut dengan nama *broadleaf cattail* (Mohlenbrock, 1992, dalam <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=TYLA>) :

Kingdom : *Plantae*
 Subkingdom : *Tracheobionta*
 Superdivisi : *Spermatophyta*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Liliopsida*
 Subkelas : *Commelinidae*
 Order : *Typhales*
 Famili : *Typhaceae*
 Genus : *Typha* L.
 Spesies : *Typha latifolia* L.



Gambar 2.11 *Typha latifolia*

Typha latifolia adalah tanaman abadi. Ini berarti bahwa tanaman ini dapat hidup selama bertahun-tahun karena ia menghasilkan benih dari tahun ke tahun. Siklus hidup tipikalnya adalah 3 tahun, tetapi masih bisa lebih. Tidak hanya menyebarkan benih, *Typha latifolia* menghasilkan pertumbuhan vegetatif dengan rhizoma nya.

Typha latifolia biasanya hidup pada air yang lebih dangkal dibanding dengan *Typha angustifolia*. Bila dibandingkan dengan *Typha angustifolia*, *Typha latifolia* adalah tanaman yang eksplotitatif dalam kemampuannya untuk mengkloning secara cepat dan memproduksi luas permukaan daun yang besar, yang dapat berkontribusi pada kemampuannya yang kompetitif dan superior (Grace dan Wetzel, 1982). *Typha latifolia* telah ditemukan sebagai tanaman yang toleran terhadap fluktuasi ketinggian air dan salinitas tanah. *Typha latifolia* menyebar baik secara vegetatif maupun benih (Shay et al., 1986).

Typha latifolia selalu ditemukan di dalam atau di dekat air, di rawa, dan di danau. *Typha latifolia* adalah spesies tanaman indikator lahan basah. *Typha latifolia* toleran terhadap wilayah tergenang, kondisi tanah tereduksi dan salinitas. Dengan influx dari nutrisi atau air tawar, *Typha latifolia* adalah penyerang yang agresif baik pada rawa garam payau maupun lahan basah air tawar.

Typha latifolia, seperti spesies tanaman *emergent* lahan basah lainnya, toleran terhadap siklus banjir yang muncul pada derajat yang bervariasi pada lahan basah yang berbeda dan sistem tepi sungai. Banjir dan kekeringan merupakan faktor pengganggu yang bervariasi pada frekuensi, besaran, dan prediktabilitas. Frekuensi berhubungan dengan banyaknya episode per unit waktu sementara besaran banjir dapat diekspresikan dengan bagian dari volume air, kecepatan, gradien, kedalaman, durasi, dan musim banjir. Ketika menanam *Typha latifolia*, siklus banjir harus diperhatikan untuk proses revegetasi yang sukses.

Typha latifolia telah diketahui di berbagai negara sebagai aset berharga dalam metode penjernihan air yang murah dan efektif. Berdasarkan morfologi dari tanaman *Typha latifolia* sangat cocok untuk pengolahan dengan sistem *Constructed Wetlands*. *Typha latifolia* memiliki sistem perakaran yang banyak

dan kuat yang dapat membantu menstabilisasi sungai dengan menyerap zat organik dan membatasi erosi tanah.

Dari sisi ekonomis tanaman *Typha latifolia* dapat dijadikan tanaman hias, yaitu diambil bunganya untuk keperluan rangkaian bunga. Di Brazil, daun *Typha latifolia* juga digunakan untuk membuat sejenis tikar atau kerajinan tangan lainnya. Tanaman *Typha latifolia* ini banyak ditemui pada lahan basah alami di Indonesia dan dibudidayakan di Indonesia dengan nama daerah/lokal adalah “tipa”, sehingga dengan mudah dapat dijumpai di toko pertanian/bunga.

Kemampuan tanaman *Typha latifolia* untuk menyerap nitrogen (N) dan fosfor (P) dibanding tanaman lain yang digunakan dalam sistem lahan basah buatan relatif baik. Pada Tabel 2.13 dapat dilihat perbandingan kemampuan penyerapan N dan P untuk beberapa jenis tanaman.

Tabel 2.13 Kemampuan Tanaman Air Menyerap N dan P

Jenis Tanaman	Kemampuan Penyerapan (Kg/ha/th)	
	N	P
<i>Typha latifolia</i>	1.000	180
<i>Cyperus</i>	1.100	50
<i>Eichornia crassipes</i>	2.400	350
<i>Pistia stratoites</i>	900	40
<i>Potamogeton pectinatus</i>	500	40
<i>Ceratophyllum demersum</i>	100	10

Sumber : Brix (1994)

2.5 Hipotesa

Penggunaan *Typha latifolia* pada lahan basah buatan dapat mereduksi pencemar dalam limbah cair domestik (BOD, COD, TSS, dan deterjen) lebih besar dari 80%.

BAB 3

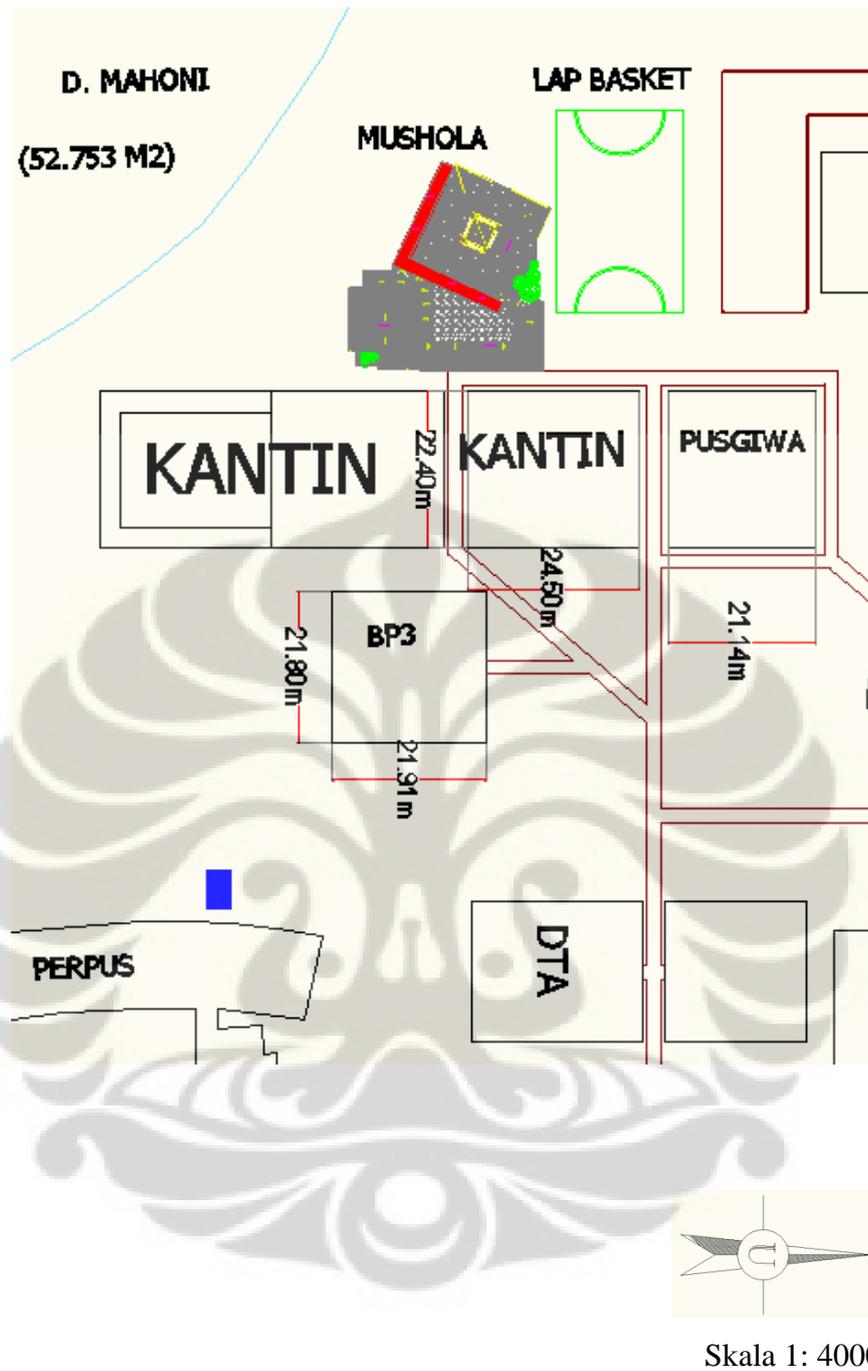
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tipe Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen pengelolaan air limbah domestik. Menurut Yatim Riyanto (1996), penelitian eksperimen merupakan penelitian yang sistematis, logis, dan teliti dalam melakukan kontrol terhadap kondisi. Dalam pengertian lain, penelitian eksperimen adalah penelitian dengan melakukan percobaan terhadap kelompok eksperimen, kepada tiap kelompok eksperimen dikenakan perlakuan-perlakuan tertentu dengan kondisi-kondisi yang dapat dikontrol.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan membangun unit pengolah limbah lahan basah buatan skala pilot di lahan kosong yang berada di areal Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1 dengan sampel air limbah Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok. Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari - Mei 2012. Tabel 3.1 menyajikan jadwal penelitian yang telah dirancang. Kriteria penentuan tempat penelitian terdiri dari jenis kegiatan, lokasi dan kondisi topografi, kemudahan akses, asal air limbah, serta kondisi saluran pengumpul. Jenis kegiatan akan menggambarkan kondisi kualitas air limbah yang dikeluarkan.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

Kegiatan Penelitian	Waktu Penelitian																							
	Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
	Minggu ke-																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengambilan data primer dan sekunder																								
Desain lahan basah buatan																								
Penyiapan alat dan bahan																								
Pengoperasian lahan basah buatan																								
Pengambilan dan pengujian sampel																								
Pengolahan data																								
Penyusunan laporan																								

Data yang diperlukan untuk penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer dan sekunder tahap awal yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian seperti tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Diperlukan serta Sumber Data

No	Komponen	Jenis Data	Sumber Data
1.	Sosial Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah mahasiswa, karyawan, dan staff pengajar 	Dekanat FTUI
		<ul style="list-style-type: none"> Daftar kios dan jenis makanan/minuman yang dijual di kantin 	Dekanat FTUI
2.	Saluran pengumpul	<ul style="list-style-type: none"> Sistem penyaluran air limbah Debit air limbah 	Dekanat FTUI Pengukuran
3.	Kualitas air dari pengumpul	Kadar BOD, COD, TSS, dan Deterjen (MBAS)	Pengukuran

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

- Bak percobaan sebanyak 1 buah terbuat dari multiplex yang dilapisi cat epoxy dengan 1 sisi memanjangnya terbuat dari akrilik
- *IBC tank* berukuran 1 m³ sebanyak 1 buah
- Pipa PVC berdiameter 1"
- Pipa PVC berdiameter 6"
- Pompa Aquarium
- *Valve*
- *Screen*
- Ember
- Kasau
- Atap Fiber
- Meteran
- Paku

- *Stopwatch*
- DO meter
- pH meter
- *Beaker glass*

3.3.2 Bahan

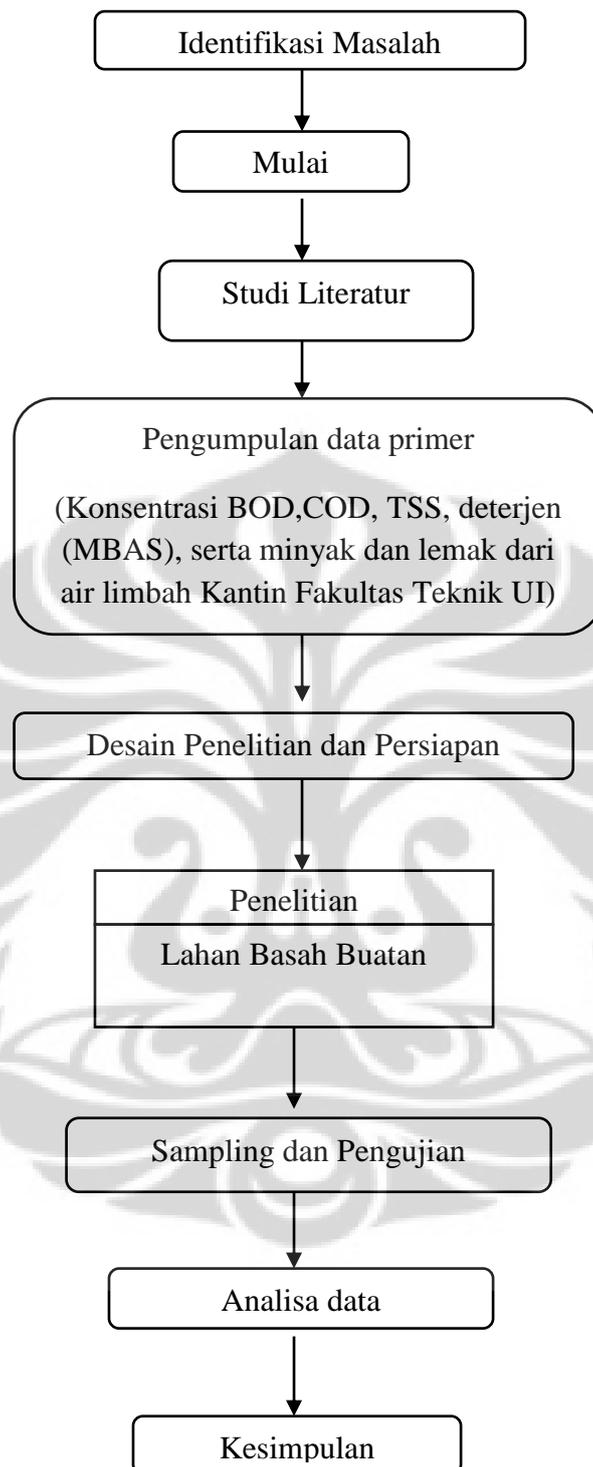
- Air limbah domestik yang berasal Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- *Typha latifolia*
- Tanah subur
- Kerikil

3.4 Metode Penelitian

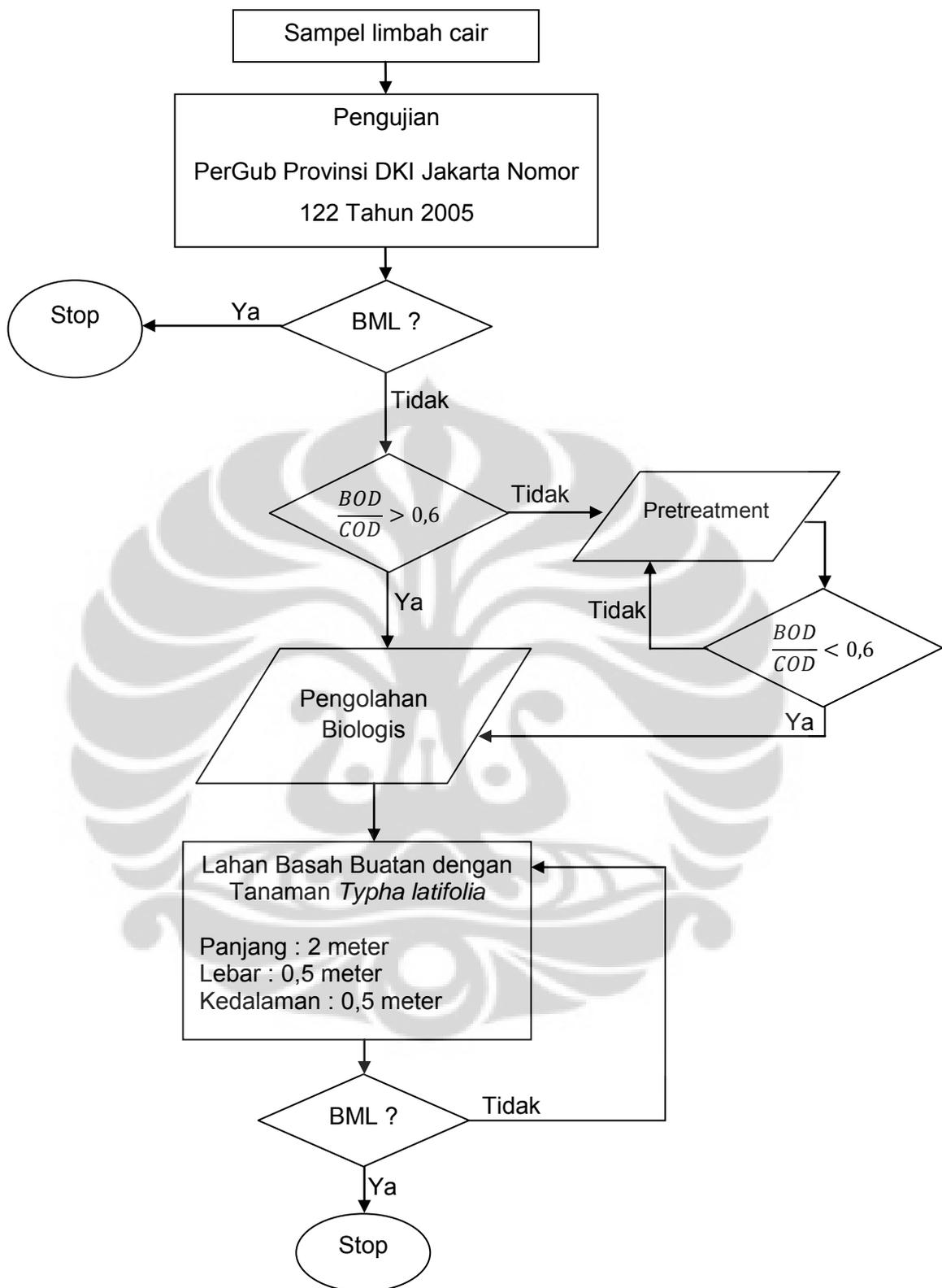
3.4.1 Kerangka Kerja

Langkah-langkah pokok dalam penelitian eksperimen ini adalah:

- Melakukan survei kepustakaan yang relevan mengenai limbah cair domestik, lahan basah buatan, serta tanaman *Typha latifolia*.
- Mengidentifikasi dan mendefinisikan masalah mengenai perlunya pengelolaan limbah cair domestik.
- Merumuskan hipotesis awal, berdasarkan atas penelaahan kepustakaan.
- Mengidentifikasi pengertian-pengertian dasar dan variabel-variabel utama.
- Mengambil data primer (konsentrasi BOD, COD, TSS, deterjen (MBAS), serta minyak dan lemak limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok)
- Menyusun rencana penelitian eksperimen.
- Melakukan penelitian eksperimen.
- Mengatur data yang diambil selama penelitian sehingga dapat mempermudah analisis selanjutnya dengan menempatkan dalam rancangan yang memungkinkan memperhatikan efek (pengurangan konsentrasi pencemar dalam sampel) yang diperkirakan akan ada.



Gambar 3.2 Kerangka Kerja



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

Keterangan :

BML : Baku Mutu Lingkungan

BOD : *Biochemical Oxygen Demand*

COD : *Chemical Oxygen Demand*

Sebagaimana disajikan dalam bagan alir di atas, langkah awal dari penelitian ini adalah memeriksa parameter BOD, COD, TSS, dan MBAS dari sampel limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk kemudian dibandingkan dengan Baku Mutu Lingkungan, dalam hal ini Baku Mutu Limbah Cair Domestik, yang ditetapkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005. Jika hasil pemeriksaan yang diperoleh memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang disyaratkan maka penelitian berhenti sampai di sini, akan tetapi jika hasil pemeriksaan sampel tidak memenuhi baku mutu limbah cair domestik maka langkah selanjutnya adalah mencari rasio BOD : COD.

Rasio BOD : COD harus lebih besar dari 0,6 agar dapat diolah di dalam bak lahan basah buatan. Hal ini merupakan syarat dari pengolahan biologis karena jika rasio BOD : COD tidak mencapai 0,6 menandakan air limbah bersifat *toxic*, hal ini dapat mengganggu pengolahan biologis karena dapat menyebabkan kematian mikroorganisme yang seharusnya mendegradasi pencemar dalam air limbah. Langkah yang dilakukan jika rasio BOD : COD tidak mencapai 0,6 adalah dengan melakukan pengolahan pendahuluan (*pretreatment*), dalam penelitian ini digunakan *fine screen* serta bak ekualisasi dan penangkap minyak, sampai nilai rasio BOD : COD lebih besar dari 0,6 untuk kemudian dialirkan ke dalam bak lahan basah buatan. Selanjutnya akan dilakukan pengujian air limbah yang telah diolah dalam bak lahan basah buatan untuk kembali dibandingkan dengan baku mutu limbah cair domestik berdasarkan PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005.

3.4.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini meliputi air limbah dari Kantin Fakultas Teknik UI yang dapat ditampung dalam lahan basah buatan skala pilot. Sedangkan sampel pada penelitian adalah sejumlah contoh air influen dan efluen yang diambil untuk diketahui perubahannya. Dalam merencanakan pengolahan air limbah ini, dilakukan pertimbangan beberapa hal seperti:

1. Asal/sumber air limbah,
2. Volume limbah yang akan diolah,
3. Bahan pencemar yang terkandung dalam limbah,
4. Kandungan yang akan dihilangkan,
5. Pembuangan effluen limbah,
6. Regulasi yang berlaku,
7. Aspirasi non teknis yang terkait dengan perencanaan dan pemilihan sistem.

3.4.3 Cara Penelitian

a. Persiapan

A. Perancangan Lahan Basah Buatan

Prinsip kriteria desain untuk sistem lahan basah buatan terdiri dari waktu tinggal hidrolis, kedalaman kolam, geometri kolam (panjang dan lebar), tingkat pembebanan BOD dan tingkat pembebanan hidrolis. Desain lahan basah yang akan dibangun mengacu pada kriteria yang ada namun juga memperhatikan luas lahan yang tersedia.

Ukuran yang dipakai pada penelitian ini disesuaikan dengan kapasitas penelitian dimana dimensi bangunan tidak terlalu besar, namun sumber limbah dan kondisi lingkungan dalam keadaan yang sebenarnya.

Pembuatan dan penempatan lahan basah dilakukan di lahan kosong yang berada di Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok. Debit puncak air limbah yang dihasilkan oleh kantin FTUI adalah sebesar $0,00143 \text{ m}^3/\text{s}$. Desain lahan basah buatan menggunakan aliran

bawah permukaan atau *sub-surface flow system* (SSF). Tanaman yang akan digunakan adalah *Typha latifolia* dengan umur 1 bulan.

Aspek rasio panjang : lebar dalam pembangunan lahan basah buatan bervariasi antara 4:1 sampai 10:1. Waktu tinggal berkisar antara 1-10 hari (Kadlec et al., 1993). Dipilih waktu tinggal hidrolis selama 1 hari karena mengingat luas lahan basah buatan yang telah ditetapkan cukup kecil sehingga jika waktu tinggal hidrolis terlalu lama akan sulit untuk mengatur debit yang masuk ke lahan basah buatan. Rancangan debit air limbah yang akan diolah pada lahan basah buatan diperoleh sebesar 3,5 mL/s setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan waktu tinggal hidrolis selama 1 hari, sehingga *hydraulic loading* dari lahan basah buatan yang dibangun adalah 3,5 mL/s.m². Dimensi lahan basah buatan dengan skala model akan dibuat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Desain Lahan Basah Buatan

No.	Spesifikasi	Ukuran (m)	Keterangan
1	Panjang	2	
2	Lebar	0,5	
3	Kedalaman kolam	0,5	
4	Kedalaman air (dari dasar kolam)	0,3	
5	Jenis aliran		Aliran <i>subsurface</i>
6	Lapisan dasar Lumpur - ketebalan Kerikil – ketebalan	0,15 0,15	
7	Jenis tanaman		<i>Typha latifolia</i>

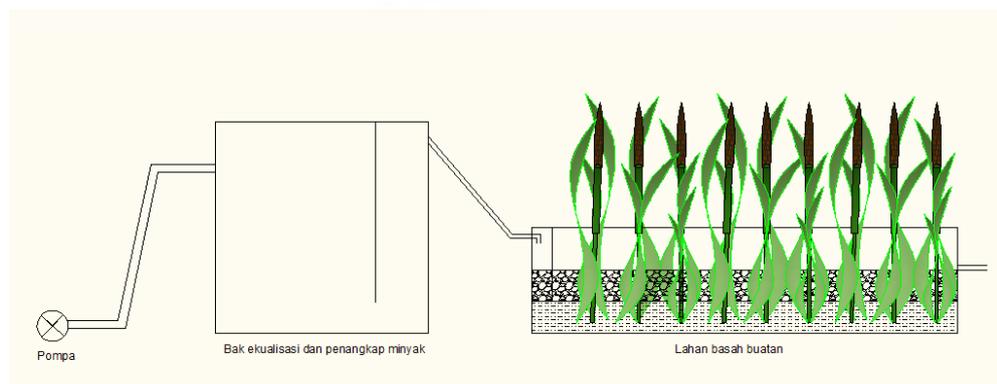
Media tanam disusun sesuai dengan fungsi masing-masing, yaitu kerikil berfungsi sebagai filter dan rongga yang tersusun antar kerikil memungkinkan oksigen masuk sampai ke dasar. Sedangkan lumpur berfungsi untuk pertumbuhan mikroorganisme dan tanaman air.

Persiapan media tanam dalam wadah disusun dari bawah ke atas sebagai berikut:

Tabel 3.4 Penyusunan Media Tanam

No	Bahan	Ketebalan (cm)	Keterangan
1.	Lumpur	15	Menggunakan lumpur dari kolam ikan yang dicampur kompos
2.	Kerikil	15	Menggunakan batu split ϕ 1 – 1,5 cm
3.	Kedalaman air dari dasar	30	Pengisian air dilakukan bertahap untuk mencegah <i>shock loading</i>

Setelah konstruksi lahan basah selesai, dilakukan pelapisan dasar kolam dengan lumpur dan kerikil. Selanjutnya dilakukan penanaman *Typha latifolia*. Penggunaan lumpur dimaksudkan untuk mengoptimalkan pengolahan mengingat dalam lumpur mengandung sejumlah besar bakteri, jamur, protozoa dan algae yang berfungsi mendekomposisi bahan seperti bahan organik kimia, patogen dan juga logam berat. Gambar 3.4 menunjukka sketsa lahan basah buatan yang akan dibangun beserta *pre treatment* berupa bak ekualisasi dan penangkap minyak.



Gambar 3.4 Sketsa Sistem Lahan Basah Buatan

B. Aklimatisasi Tanaman Percobaan

Setelah unit lahan basah buatan siap dan telah dilakukan penanaman *Typha latifolia* berumur 1 bulan dengan jarak antar tanamannya 10 cm. Diputuskan penanaman dengan jarak 10 cm merujuk pada hasil penelitian Hidayah, 2008, dengan menggunakan tanaman *Typha angustifolia* untuk mengolah limbah cair domestik dengan menvariasikan jarak antar tanaman. Diperoleh hasil reduksi maksimum didapat pada jarak 10 cm antar tanamannya.

Tahap berikutnya adalah aklimatisasi agar sistem menjadi stabil terutama tanaman *Typha latifolia* sebagai penyerap utama pencemar. Aklimatisasi dimaksudkan untuk mengadaptasikan unit penelitian untuk proses pengolahan limbah. Pada unit lahan basah buatan ditumbuhkan tanaman *Typha latifolia* agar mikroorganisme dapat berkembang dengan baik.

Untuk mencegah terjadinya *shock loading* maka dilakukan pentahapan pengisian air limbah, dengan komposisi awal berupa 20% air limbah dan 80% air bersih selama 2 hari. Selanjutnya pada hari ketiga ditambahkan air limbah sehingga komposisinya menjadi 40% air limbah dan 60% air bersih selama 2 hari. Pada hari kelima ditambahkan lagi air limbah sehingga komposisi menjadi 60% air limbah dan 40% air bersih selama 2 hari. Hal ini dilakukan terus sampai hari ke 10 dimana komposisi menjadi 100% air limbah, kemudian dilakukan prosedur penelitian.

b. Prosedur Penelitian

- Pemasangan Saringan Kasar dan Halus pada Saluran Air

Pemasangan saringan kasar dan halus pada saluran air sebelum air masuk ke bak ekualisasi dan penangkap minyak dimaksudkan untuk menyaring sampah-sampah yang terbawa bersama air limbah kantin agar tidak mengganggu kinerja dari pompa yang dipasang.

- Pengaliran Air Limbah ke Bak Ekualisasi dan Penangkap Minyak

Pengaliran air limbah ke bak ekualisasi bertujuan agar debit air limbah yang masuk ke lahan basah buatan dapat dibuat seragam (*uniform flow*), mengingat limbah cair yang dihasilkan kantin berfluktuatif dalam 1 hari. Selain itu pengaliran ke bak ekualisasi dan penangkap minyak bertujuan untuk menangkap minyak yang banyak terdapat dalam air limbah kantin sehingga tidak mengganggu proses biologis yang terjadi pada lahan basah buatan. Pada bak ekualisasi ini dipasang *baffle* yang membagi bak menjadi 2 bagian sehingga minyak yang memiliki massa jenis lebih kecil dari air dapat diapungkan di 1 sisi dari bak.

- Pengaliran Air Limbah dari Bak Ekualisasi ke Lahan Basah Buatan

Pengaliran disesuaikan dengan dimensi unit lahan basah buatan yang ada dan berdasarkan waktu tinggal hidrolis yang ditetapkan yaitu 1 hari. Pengukuran kualitas air (*sampling*) dilakukan pada outlet bak ekualisasi sebelum air limbah dialirkan masuk ke dalam lahan basah buatan sebanyak 19 kali dalam kurun waktu 2 bulan.

- Pengujian Kualitas Lahan Basah Buatan

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel air limbah yang telah diberi perlakuan untuk mengetahui penurunan kadar pencemar sebanyak 19 kali dalam kurun waktu 2 bulan.

3.5 Variabel Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah mendapatkan gambaran mengenai efektivitas lahan basah buatan dalam mengolah limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, serta kecepatan *Typha latifolia* dalam menyerap kandungan pencemar dari air limbah tersebut. Implementasi lahan basah buatan sebagai pengolah air limbah domestik ini diharapkan dapat memberikan gambaran untuk perencanaan, desain, konstruksi, monitoring serta operasional dan pemeliharaan yang dibutuhkan dalam

pengembangan lahan basah buatan. Variabel kontrol yang dipakai dalam penelitian ini adalah temperatur, pH dan DO, variabel bebasnya adalah BOD, COD, TSS, dan deterjen (MBAS), dan variabel terikatnya adalah efisiensi removal.

Tabel 3.5 menyajikan variabel dari penelitian yang dilakukan, status data, sumber data, periode pengamatan, standar pengujian, serta metode yang digunakan.



Tabel 3.5 Variabel dari Penelitian

No	Variabel	Satuan	Status Data	Sumber Data	Periode Pengamatan	Standar Pengujian	Metode	Keterangan
Fisika								
1	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel • Literatur 	Maret-Mei 2012		Spektrofotometri	
2	Temperatur	°C	<ul style="list-style-type: none"> • Primer 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel 	Maret-Mei 2012		DO meter	
Kimia								
1	pH	-	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel • Literatur 	Maret-Mei 2012	SNI 06-6989.11-2004	pH meter	
2	BOD	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel • Literatur 	Maret-Mei 2012	SNI 6989.72:2009	Winkler	
3	COD	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Primer • Sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel • Literatur 	Maret-Mei 2012	SNI 6989.73:2009	Reflux Tertutup	
4	Deterjen (MBAS)	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Primer 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel 	Maret-Mei 2012	SNI 06-6989.51-2005	Spektrofotometri	
5	DO	mg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Primer 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji sampel 	Maret-Mei 2012		DO meter	

3.6 Data Penelitian

a. Pengambilan dan pengukuran sampel air limbah pada inlet lahan basah

Pengambilan dan pengukuran sampel air limbah dimaksudkan untuk mengetahui besar kadar pencemar yang terdapat dalam limbah cair domestik sebelum diberikan perlakuan. Parameter yang diukur yang mencirikan limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia yaitu BOD, COD, TSS, dan deterjen (MBAS). Diukur pula konsentrasi pH dan oksigen terlarut (DO) serta Temperatur.

b. Pengambilan dan pengukuran sampel air limbah terolah pada outlet lahan basah

Pengambilan dan pengukuran sampel air limbah dari lahan basah dimaksudkan untuk mengetahui besar parameter yang akan ditinjau yaitu BOD, COD, TSS, dan deterjen (MBAS) setelah air limbah mendapat perlakuan. Diukur pula konsentrasi pH dan oksigen terlarut (DO) serta Temperatur.

3.7 Analisis Data

Fungsi kecepatan *Typha latifolia* dalam mereduksi pencemar dalam limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok (BOD, COD, TSS, dan deterjen sebagai MBAS) dapat diketahui setelah melakukan penelitian dan memperoleh data penelitian. Data penelitian akan diplot ke dalam sebuah grafik hubungan antara hari terhadap persentase reduksi pencemar menggunakan *software* Microsoft Excel. Dari grafik yang ada dapat disimpulkan fungsi kecepatan *Typha latifolia* dalam mereduksi pencemar dalam limbah cair domestik yang berasal dari Kantin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok (BOD, COD, TSS, dan deterjen sebagai MBAS).

Efisiensi penyisihan dari unit ini tergantung dari karakteristik air limbah, oksigen terlarut dalam unit dan temperatur. Efisiensi unit ditunjukkan dengan persentase reduksi pencemar. Perhitungan persentase reduksi pencemar dalam lahan basah buatan dengan menggunakan rumus :

$$\text{reduksi (\%)} = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\%$$

Universitas Indonesia

Dimana :

C_o : Konsentrasi awal

C_t : Konsentrasi akhir



BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

4.1 Gambaran Umum Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Fakultas Teknik Universitas Indonesia merupakan salah satu fakultas dengan jumlah program studi dan mahasiswa terbanyak yang terdapat di Universitas Indonesia. Pada awalnya, FTUI hanya memiliki tiga jurusan (Sipil, Mesin, dan Elektro) dengan 32 mata ajar, dan didukung oleh 30 tenaga dosen serta 11 tenaga non-akademis. Mahasiswa tahun pertama berjumlah 199 orang diantaranya lulus tes dan dalam jangka waktu lima setengah tahun, FTUI berhasil mewisuda 18 orang lulusan pertama sebagai Sarjana S1.

Sampai tahun 2012 FTUI terdiri atas 8 departemen dan 12 program studi untuk jenjang S1 Reguler. Ke 8 departemen dan 12 program studi tersebut yaitu :

- Departemen/ Program Studi Teknik Sipil dan Program Studi Teknik Lingkungan
- Departemen/ Program Studi Teknik Mesin dan Program Studi Teknik Perkapalan
- Departemen/ Program Studi Teknik Elektro dan Program Studi Teknik Komputer
- Departemen/ Program Studi Teknik Metalurgi dan Material
- Departemen/ Program Studi Teknik Arsitektur dan Program Studi Teknik Arsitektur Interior
- Departemen/ Program Studi Teknik Kimia dan Program Studi Teknik Bioproses
- Departemen/ Program Studi Teknik Industri
- Departemen/ Program Studi Internasional (Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Metalurgi dan Material, Arsitektur, Teknik Kimia)

Jumlah mahasiswa FTUI hingga tahun ajaran 2011/2012 semester genap mencapai 5247 orang. Jumlah karyawan FTUI hingga tahun 2012 mencapai 190

orang. Sedangkan jumlah staf pengajar FTUI tetap hingga tahun 2012 mencapai 218 orang (FTUI, 2012).

Tabel 4.1 Jumlah Mahasiswa dan Mahasiswi FTUI Per Jenjang Pendidikan

Departemen	Jumlah Mahasiswa						
	Program S1				S2	S3	Total
	S1 Reg	S1 Par	S1 Eks	S1 Inter			
Teknik Sipil	508	57	123	31	311	49	979
Teknik Mesin	524	62	114	17	68	30	815
Teknik Elektro	518	59	169	25	177	63	1011
Teknik Metalurgi dan Material	311	54	24	15	45	25	474
Arsitektur	455	61	0	38	44	6	604
Teknik Kimia	494	42	112	56	93	19	816
Teknik Industri	303	63	100	0	82	0	548
Jumlah Total	3113	398	642	182	720	192	5247

Sumber : FTUI (2012)

Sarana yang ada di FTUI untuk mendukung kegiatan perkuliahan, antara lain gedung kuliah bersama, Pusat Administrasi Fakultas (PAF), *Engineering Centre*, gedung dekanat, gedung administrasi dan ruang pengajar di tiap departemen, laboratorium di tiap departemen, lapangan olahraga, gedung Pusgiwa (Pusat Kegiatan Mahasiswa), Cafe Rotunda, kantin mahasiswa, kantin dosen dan karyawan, dan lahan parkir.

4.2 Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia terdiri dari kantin yang diperuntukkan untuk karyawan dan dosen, juga kantin yang diperuntukkan untuk mahasiswa. Pada penelitian kali ini yang akan diberi perlakuan hanya air limbah yang berasal dari kantin mahasiswa. Penelitian ini perlu dilakukan untuk

Universitas Indonesia

menemukan pengolahan yang efektif dan murah untuk mengolah limbah cair kantin mengingat sampai saat ini limbah cair kantin FTUI langsung dialirkan ke danau Mahoni tanpa proses pengolahan terlebih dahulu sehingga menambah buruk kualitas danau Mahoni yang terdapat di dalam Universitas Indonesia.

Kantin FTUI telah dibangun sejak tahun 1964 dan mulai beroperasi pada tahun yang sama. Fasilitas yang terdapat di Kantin FTUI antara lain kursi dan meja makan, 1 toilet pria, 1 toilet wanita, dan 2 wastafel untuk cuci tangan. Jumlah kursi dan meja yang terdapat di dalam Kantin FTUI hingga Februari 2012 adalah sebanyak 103 kursi. Satu set kursi dan meja dalam Kantin FTUI dapat menampung 4 sampai 6 orang. Sedangkan jumlah kios yang menjual makanan dan minuman dalam Kantin FTUI sebanyak 43 kios. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan suasana Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan Gambar 4.2 menunjukkan lokasi tempat lahan basah buatan dibangun.



Gambar 4.1 Suasana Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)



Gambar 4.2 Lokasi Lahan Basah Buatan

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Jenis makanan dan minuman yang dijual di Kantin FTUI antara lain surat kabar, pulsa, minuman ringan, aneka jus, makanan berat dan makanan ringan (*snack*). Daftar kios serta jenis makanan/minuman yang dijual di kantin FTUI akan dipaparkan di dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar Kios dan Jenis Makanan/Minuman yang Dijual di Kantin FTUI

No	Nama Penjual	Jenis Makanan/Minuman
1	Achmad Malcolm	Aneka Pasta, <i>Salad Corn</i> , dan <i>Rice Bowl</i>
2	Achmad Sujudi	Snack, Kue, dan Minuman Ringan
3	Eman	Surat Kabar dan Pulsa
4	Engkos R Sanjaya	Indomie, Ayam Bakar, dan Gorengan
5	Harnasih	Nasi Padang dan Siomay Ikan Tenggiri
6	Hasan Bin Maad	Soto Daging dan Babat
7	Heri Supriadi	<i>Milk Shake</i> dan Jus buah
8	Hj. Siti Zaidar	Masakan Padang
9	Ika Ari Widyanti	Masakan Jawa dan Gudeg
10	Imam Syafii	Warung Kelontong
11	Ingrid MS Basuki	Dimsum dan Bakmoy
12	Kasimin	Minuman Dingin

Universitas Indonesia

(sambungan)

13	Kunawar	Nasi dan Mie Goreng
14	Kusnadi	Siomay Ayam
15	M. Ansor	Siomay Ikan
16	M. Jamaludin	Nasi Gila dan Omelet
17	Mei Nurhayati	Nasi Rames dan Gado-gado
18	Muhadi	Ketoprak
19	Muhammad Kurdi	Sate Ayam dan Kambing Madura
20	Narmin Su'ef	Pecel Ayam dan Presto Ayam
21	Nugroho Yurianto	Jamur Goreng
22	Nurhidayati	Nasi Kuning
23	Rosyadi	Soto Mie
24	Royanah	Gorengan dan Burger
25	Rusmiati Katili	Empek-empek
26	Siswoyo	Bubur Ayam dan Fried Chicken
27	Sri Mulyani	Nasi, Mie, dan Kwetiauw Rebus/Goreng
28	Suki	Mie Ayam dan Bakso
29	Sulasno	Masakan Jepang
30	Sulasno	Ayam Rica-rica
31	Sumarna Arifin	Nasi Rames
32	Sumarso	Fuyung Hay
33	Sutarjo	Mie Ayam Bakso
34	Sutrisno	Pecel Lele, Soto Ayam, dan Ayam Kremes
35	Tanti Pujiastuti	Sop Daging dan Bandeng Presto
36	Teguh Iman Santoso	Minuman Nestle
37	Toibin	Ketoprak dan Nasi Uduk
38	Tukim	Nasi Uduk, Rames, dan Lontong Sayur
39	Tulus Subagus	Es Teh Manis, Roti Bakar, Pisang Bakar, Pisang Bakar, dan Kacang Hijau
40	Yatinah Suprihatin	Tongseng, Sop Iga, dan Gulai Kambing
41	Yohana Romende	Minuman Dingin dan Jus Buah
42	Yusuf Sulaiman	Minuman Goodtea dan Voucher Pulsa
43	Zainuddin	Bebek Goreng

Sumber : Penulis (2012)

Kios di Kantin FTUI dilengkapi dengan bak cuci yang dilengkapi dengan saringan pada lubang airnya. Jumlah bak cuci di Kantin FTUI adalah sebanyak 8 buah. Satu bak cuci biasanya digunakan oleh 4-5 kios secara bergantian. Struktur bak cuci di Kantin FTUI ini sama dengan bak cuci pada umumnya, bak cuci ini juga dilengkapi oleh saringan pada lubang pembuangan airnya untuk menyaring padatan yang terbawa bersama air limbah. Tempat pencucian kantin FTUI serta saringan pada bak cuci ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Tempat Pencucian Kantin FTUI

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)



Gambar 4.4 Saringan Bak Cuci di Kantin FTUI

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan penulis pada para pedagang, diketahui bahwa waktu pencucian dilakukan saat pagi hari sekitar pukul 05.00 WIB sampai dengan pukul 07.30 WIB untuk melakukan persiapan sebelum berjualan. Selanjutnya dilakukan pada pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB untuk mencuci peralatan makan dan minum yang digunakan untuk penyajian makan siang. Terakhir adalah sekitar pukul 20.00 WIB sampai dengan pukul 21.30 WIB untuk mencuci peralatan makan dan minum yang digunakan untuk penyajian makan malam serta menutup kios. Volume limbah cair terbesar dihasilkan saat jam puncak, yaitu saat pencucian sisa makan siang antara pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB.

4.3 Kualitas Awal dan Debit Limbah Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas limbah cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, antara lain jenis makanan/minuman yang disajikan, urutan kegiatan pencucian, serta jenis dan jumlah sabun cuci yang digunakan.

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya pada Tabel 4.2, terdapat 43 kios yang menjual berbagai jenis makanan/minuman. Hal ini mempengaruhi kualitas limbah cair yang dihasilkan oleh Kantin Fakultas Teknik Universitas

Universitas Indonesia

Indonesia. Banyak diantara jenis makanan yang dijual memiliki kandungan minyak/lemak yang tinggi, seperti makanan yang berkuah santan. Selain itu, banyak minuman yang limbahnya banyak mengandung padatan tersuspensi, seperti ampas kopi.

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan, urutan kegiatan pencucian yang dilakukan sebagian besar pedagang di Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia adalah pertama-tama akan dipisahkan padatan sisa makanan/minuman untuk dibuang ke tempat sampah, selanjutnya peralatan makan tersebut disabuni dan dibilas hingga bersih. Akan tetapi ada pula pedagang yang tidak membersihkan sisa makanan dan minuman sebelum mencuci peralatan makan ditambah dengan kondisi saringan pada bak pencucian yang sudah buruk, hal ini menyebabkan banyaknya sisa makanan dan minuman yang terbawa ke saluran drainase. Waktu puncak pencucian peralatan makan dan minum adalah saat istirahat makan siang, yaitu dari pukul 12.00 hingga 14.00, sehingga pada waktu ini diperkirakan memiliki beban pencemar yang paling tinggi.

Jumlah dan jenis sabun yang digunakan juga dapat mempengaruhi kualitas limbah yang dihasilkan. Jika jumlah sabun cuci yang digunakan berlebihan, maka zat pencemar yang terkandung dalam limbah pun menjadi lebih banyak. Begitupun dengan jenis sabun cuci yang digunakan sebab setiap sabun memiliki kualitas yang berbeda-beda.

Tabel 4.3 adalah data mengenai kualitas limbah yang dihasilkan oleh Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang diukur berdasarkan standar air buangan yang berlaku, yaitu PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005.

Tabel 4.3 Data Kualitas Awal Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia Dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Parameter	Unit	Hasil Tes	PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005	Keterangan
BOD	mg/L	185	75	Tidak Memenuhi
COD	mg/L	488	100	Tidak Memenuhi
TSS	mg/L	498	50	Tidak Memenuhi
MBAS	mg/L	1,86	2	Memenuhi
Minyak dan Lemak	mg/L	115	10	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan Penulis (2012)

Dari Tabel 4.3 di atas terlihat bahwa dari parameter BOD, COD, TSS, serta minyak dan lemak kualitas air limbah yang dihasilkan dari Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia melebihi baku mutu berdasarkan PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 dinyatakan bahwa setiap kegiatan domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan. Mengacu dari ketentuan tersebut maka upaya penanganan air limbah domestik harus dilakukan.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi Umum Kualitas Air Limbah

Keberadaan bahan organik dalam air limbah, dapat diekspresikan dengan besarnya konsentrasi BOD dan COD dalam air limbah. Kandungan bahan organik yang terdapat dalam air limbah Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan konsentrasi awal BOD sebesar 185 mg/L dan COD sebesar 488 mg/L, menurut Rump dan Krist (1992), merupakan air limbah dengan tingkat pencemaran ringan. Tidak begitu besarnya kandungan BOD dalam air limbah yang dihasilkan kantin FTUI dapat dimengerti, mengingat bahwa limbah cair domestik tersebut hanya berasal dari kegiatan memasak dan pencucian di kantin FTUI, dalam pengertian bahwa dari kantin FTUI tidak terdapat berbagai aktivitas usaha yang potensial menimbulkan polutan bahan organik dalam jumlah yang besar dan atau dengan konsentrasi cukup tinggi, seperti : pasar, pusat pertokoan/mall, dll. Kandungan COD yang dihasilkan dari kegiatan kantin FTUI lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan BOD, hal ini dimungkinkan berasal dari minyak dan lemak yang terkandung dalam sisa makanan yang dibuang ke saluran air juga dapat berasal dari sabun yang digunakan untuk kegiatan pencucian. Pada Gambar 5.1 dapat dilihat kondisi fisik limbah cair kantin yang berwarna kemerahan akibat kandungan minyak dan lemak dari sisa kuah soto dan tongseng.



Gambar 5.1 Kondisi Fisik Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik UI

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Sesuai dengan PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik, telah dipersyaratkan bahwa kandungan BOD dan COD dalam air limbah domestik yang boleh dibuang ke perairan umum masing-masing adalah 75 mg/L dan 100 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, maka limbah cair yang berasal dari kantin FTUI tersebut masih perlu dilakukan pengolahan sehingga kualitas air limbah yang akan dibuang ke badan air, dalam hal ini Danau Mahoni, dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Dengan polutan yang tingkat pencemarannya relatif rendah dan debit limbah yang relatif sedikit dan tidak tetap/fluktuatif, maka sistem pengolahan limbah dapat menggunakan sistem yang sederhana, namun dapat mengakomodasi variasi debit limbah yang ada. Di samping itu, agar sistem pengolah limbah tersebut dapat terpelihara dengan baik, maka diperlukan sistem pengolah limbah yang mudah dan murah operasionalnya. Salah satu alternatif sistem tersebut adalah sistem lahan basah buatan (*constructed wetland*). Sistem pengolah limbah lahan basah buatan ini hanya membutuhkan bak-bak (kolam) sederhana, sehingga tidak membutuhkan biaya besar untuk membuat instalasi bangunannya. Pengolahan limbah mengandalkan kinerja tanaman dan mikroba yang bekerja secara alamiah, sehingga tidak membutuhkan sistem pengoperasian rumit dan dapat menekan biaya operasionalnya. Keunggulan lain dari sistem ini

Universitas Indonesia

adalah relatif tahan dengan debit limbah yang bervariasi, sehingga cocok digunakan untuk pengolahan air limbah kantin.

Dari data awal diketahui konsentrasi minyak dan lemak yang terkandung dalam air limbah kantin FTUI adalah sebesar 115 mg/L. Konsentrasi ini melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik yaitu 10 mg/L. Lemak dan minyak ini berasal dari sisa makanan yang terbawa saat kegiatan pencucian. Kandungan minyak dan lemak yang tinggi dalam air limbah membawa dampak buruk bagi perairan. Dampak yang nyata dari adanya lemak dan minyak di permukaan air adalah terhalangnya penetrasi sinar matahari yang berarti mengurangi laju proses fotosintesis di air. Penutupan itu juga akan mengurangi masukan oksigen bebas dari udara ke air. Kurangnya laju fotosintesis dan masukan oksigen dari udara akan mengganggu organisme yang ada di air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik namun mempunyai rantai karbon yang panjang dan kompleks. Sebagian emulsi minyak dan lemak akan mengalami degradasi melalui fotooksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Penguraian lemak dan minyak dalam kondisi kurang oksigen akan menyebabkan penguraian yang tidak sempurna sehingga menimbulkan bau yang tidak sedap. Beberapa komponen yang menyusun minyak juga diketahui bersifat racun terhadap hewan dan manusia, tergantung dari struktur dan berat molekulnya. Komponen-komponen hidrokarbon jenuh diketahui dapat menyebabkan anestesi dan narkosis pada berbagai hewan tingkat rendah dan pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian.

Komponen-komponen hidrokarbon aromatik seperti benzen, toluen dan xilen bersifat racun terhadap manusia dan kehidupan lainnya. Beberapa jenis limbah mengandung sejumlah minyak, lemak, sabun dan minyak-minyak pelumas, salah satunya limbah organik. Minyak dan lemak yang masuk ke dalam air dan kondisi cukup oksigen akan menimbulkan masalah. Ketaren (1986) menyatakan bahwa akan terjadi proses oksidasi oleh oksigen udara terhadap asam lemak tidak jenuh dalam lemak sehingga terbentuk persenyawaan peroksida yang

bersifat labil. Peroksida bersifat racun dan bila masuk dalam sistem peredaran darah dapat mengakibatkan kebutuhan vitamin E yang besar.

Melihat banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan dari kandungan minyak dan lemak yang cukup tinggi, serta banyaknya sampah pada saluran yang dapat merusak pompa yang digunakan maka dirancanglah *pretreatment* agar limbah cair yang masuk ke unit lahan basah buatan bebas dari minyak dan lemak juga menjaga kinerja pompa. Selain itu minyak dan lemak yang terkandung dalam air limbah kantin juga menyebabkan tingginya nilai COD yang terkandung dalam air limbah, seiring dengan hilangnya minyak dan lemak dari air limbah maka nilai COD akan turun pula sehingga akan tercapai rasio BOD dan COD yang memenuhi syarat untuk pengolahan biologis. *Pretreatment* yang digunakan dalam penelitian ini berupa saringan kasar, saringan halus, dan bak ekualisasi sekaligus penangkap minyak. Gambar 5.2 menunjukkan saringan kasar dan halus yang digunakan dalam penelitian dan Gambar 5.3 menunjukkan bak ekualisasi dan lahan basah buatan.



Gambar 5.2 Saringan Kasar dan Saringan Halus

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)



Gambar 5.3 Bak Ekualisasi dan Lahan Basah Buatan

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Typha latifolia digunakan dalam penelitian ini karena *Typha latifolia* telah diketahui di berbagai negara sebagai aset berharga dalam metode penjernihan air yang murah dan efektif. Berdasarkan morfologi dari tanaman *Typha latifolia* juga diketahui sangat cocok untuk pengolahan dengan sistem *Constructed Wetlands*. *Typha latifolia* memiliki sistem perakaran yang banyak dan kuat yang dapat membantu menstabilisasi sungai dengan menyerap zat organik dan membatasi erosi tanah. Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada saat penelitian berlangsung, dapat dilihat bahwa *Typha latifolia* memiliki ketahanan yang baik terhadap air limbah, hal ini ditandai dengan pertumbuhan *Typha latifolia*. Tinggi *Typha latifolia* bertambah ± 10 cm selama penelitian berlangsung. Selain itu tampak warna daun yang tidak menguning.

Pengolahan limbah domestik dengan sistem lahan basah buatan sangat mengandalkan kemampuan bakteri dan tanaman dalam mengolah limbah (Suriawiria, 1993), sehingga kinerja sistem pengolah limbah ini akan sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan pH larutan limbah, karena kedua parameter tersebut merupakan faktor pembatas kehidupan mikroorganisme air. Selain itu parameter oksigen terlarut (DO) juga menjadi salah satu kunci dalam penelitian ini. Dari hasil penelitian menunjukkan, bahwa suhu air limbah berkisar antara 27° - 29° C selama waktu penelitian, kadar oksigen terlarut yang lebih kecil pada outlet dibandingkan inlet, dengan pH air limbah rata-rata pada inlet sebesar 5 dan

Universitas Indonesia

pH air limbah rata-rata pada outlet sebesar 6, hasil pengukuran pH yang dilakukan selama penelitian dapat dilihat dalam Tabel 5.1. Dengan kondisi pH air limbah pada outlet yang mendekati netral, maka dapat diketahui bahwa proses fotosintesis tanaman berjalan dengan baik. Laju fotosintesis akan lebih cepat dengan kondisi pH mendekati netral. Pada kondisi pH asam fotosintesis dapat berjalan, tetapi lebih lambat. Gambar 5.4 menunjukkan pengukuran pH yang dilakukan saat mengukur influen pada hari ke 18 dengan menggunakan pH meter.

Hasil pengukuran temperatur air limbah selama penelitian dapat dilihat dalam Tabel 5.1. Kondisi suhu air limbah yang berkisar antara 27°- 29°C tersebut relatif lebih tinggi dari rata-rata suhu air di perairan tropis (25°C). Kondisi ini cukup ideal untuk pertumbuhan bakteri mesofil, dimana mikroorganisme mesofil akan tumbuh optimum pada suhu antara 25°C - 37°C dan minimum pada suhu 15°C. Kondisi air limbah yang optimal untuk pertumbuhan bakteri dan pasokan bahan organik dalam air limbah yang cukup, akan meningkatkan populasi bakteri pada jumlah yang optimal untuk melaksanakan pengolahan air limbah. Menurut Hindarko (2003), menyatakan bahwa dalam berperan menguraikan zat organik dalam air limbah, jumlah mikroorganisme dapat mencapai 500.000/ml sampai dengan 5.000.000/ml air limbah.

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme, atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. (Salmin, 2000). Dari hasil penelitian diperoleh kadar oksigen terlarut pada inlet berkisar antara 2 ppm, sedangkan kadar oksigen pada outlet berkisar antara 1 ppm seperti terlihat dalam Tabel 5.1. Hal ini dimungkinkan karena oksigen digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah, juga digunakan tanaman dan mikroorganisme untuk proses hidupnya sehingga dapat menguraikan pencemar dalam air limbah. Gambar 5.4 menunjukkan pengukuran pH dengan menggunakan pH meter, juga pengukuran DO dan Temperatur dengan menggunakan DO meter yang dilakukan saat mengukur influen pada hari ke 18. Perlu diperhatikan bahwa hari ke 1 merupakan hari pertama dilakukannya

sampling setelah masa aklimatisasi berakhir atau merupakan hari ke 11 dari keseluruhan masa penelitian (masa aklimatisasi dan sampling).

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran pH, Temperatur, dan DO selama Penelitian Berlangsung

Hari ke	pH		Temperatur		DO	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)
1	4,5	5	28,5	28,7	1,37	0,55
4	4,57	5,83	27,1	27,4	1,45	0,41
6	4,53	6,24	28,6	29,1	1,23	0,12
7	4,42	5,89	28,5	28,4	2,02	1,13
11	4,89	5,12	29,5	29,3	2,73	1,94
13	6,07	6,66	28,7	28,9	2,75	0,98
15	5	6,67	28,5	27,9	1,92	0,81
18	5,81	6,1	28,3	28,1	2,59	2,69
20	6,18	7	27,3	27	2,66	2,29
25	4,92	6,22	27,4	27	2,24	1,92
29	5,58	6,59	28,4	28	2,16	1,14
33	5,28	6,26	28,7	28,4	2,01	1,36
36	5,6	6,5	28,3	27,9	2,65	2,14
40	5,1	6,7	28,7	28,1	2,55	1,99
42	5,61	6,76	28,3	27,7	2,73	1,61
47	6,15	6,78	27,7	27,3	2,39	1,88
50	6,04	6,92	27,7	27,4	2,71	1,64
54	6,25	6,95	27,1	26,9	2,88	2,28
57	6,32	7,04	27,8	27,5	2,73	1,69
Min	4,42	5	27,1	26,9	1,23	0,12
Maks	6,32	7,04	29,5	29,3	2,88	2,69
Rata-Rata	5,41	6,38	28,16	27,95	2,3	1,5

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.4 Pengukuran pH Menggunakan pH meter (kiri), DO dan temperatur Menggunakan DO meter (kanan) Hari ke 18
Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

5.2 Data Parameter Uji

Penelitian yang dilakukan adalah proses pengolahan air limbah dengan sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan terhadap air limbah domestik yang berasal dari kegiatan kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan skala pilot menggunakan limbah *fresh*. Air limbah yang diberi perlakuan dalam penelitian ini merupakan air limbah kantin FTUI yang didahului dengan *pretreatment* berupa saringan serta bak ekualisasi dan penangkap minyak. *Pretreatment* dilakukan mengingat banyaknya sampah yang terdapat dalam aliran air limbah yang dapat mengganggu kinerja pompa yang digunakan untuk menyalurkan air limbah dari saluran drainase menuju bak ekualisasi dan penangkap minyak, selain itu kandungan minyak dan lemak yang cukup tinggi dapat mengganggu proses transfer oksigen dalam bak lahan basah buatan sehingga dapat mematikan tanaman juga mikroorganisme yang terdapat dalam lahan basah buatan.

Penurunan konsentrasi pencemar dapat terlihat dari kondisi fisik air limbah. Kondisi fisik influen lahan basah buatan terlihat keruh berwarna putih seperti air susu, sedangkan kondisi efluen lahan basah buatan terlihat lebih bening

Universitas Indonesia

tetapi agak kecokelatan yang diakibatkan karena penggunaan lumpur sebagai media. Gambar 5.5 memperlihatkan perbedaan kondisi fisik dari influen dan efluen lahan basah buatan.



Gambar 5.5 Kondisi Fisik Influen (kiri) dan Efluen (kanan) Lahan Basah Buatan

Sumber : Dokumentasi Penulis (2012)

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap parameter uji (BOD, COD, TSS, dan MBAS) sebanyak 19 kali dalam kurun waktu 2 bulan, maka didapatkan perubahan konsentrasi parameter uji dengan rincian untuk masing-masing parameter uji seperti tersaji pada Tabel 5.2. Hasil dari setiap pengujian laboratorium dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 5.2 Perubahan Konsentrasi Parameter

Hari ke		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	MBAS (mg/L)	pH	DO (mg/L)	Temperatur (°C)
1	Inlet	321,96	414,3	293	1,7	4,5	1,37	28,5
	Outlet	243,7	412,75	221	2,19	5	0,55	28,7
4	Inlet	486,77	981,64	313	1,86	4,57	1,45	27,1
	Outlet	233,18	912,08	192	1,32	5,83	0,41	27,4
6	Inlet	945,75	1083,01	310	1,69	4,53	1,23	29,1
	Outlet	241,44	402,32	166	1,34	6,24	0,12	28,6
7	Inlet	432,9	1024,76	266	0,99	4,42	2,02	28,5
	Outlet	141,06	411,43	258	0,95	5,89	1,13	28,4
11	Inlet	141,06	323,83	156	1,35	4,89	2,73	29,5
	Outlet	83,79	296,27	213	0,98	5,12	1,94	29,3
13	Inlet	168,01	346,13	106	2,11	6,07	2,75	28,7
	Outlet	90,89	141,36	102	1,55	6,66	0,98	28,9
15	Inlet	451,7	1083,03	331	1,29	5	1,92	28,5
	Outlet	92,3	222,35	95	0,53	6,67	0,81	27,9
18	Inlet	141,9	466,54	189	0,91	5,81	2,59	28,3
	Outlet	85,01	227,92	100	0,7	6,1	2,69	28,1
20	Inlet	270,56	359,46	240	1,22	6,18	2,66	27,3
	Outlet	105,77	122,37	39	0,87	7	2,29	27
25	Inlet	538,21	864,65	203	1,79	4,92	2,24	27,4
	Outlet	66,94	141,77	44	1,5	6,22	1,92	27

(Sambungan)

29	Inlet	502,07	769,23	216	2,27	5,58	2,16	28,4
	Outlet	50,48	112,31	42	1,45	6,59	1,14	28
33	Inlet	262,84	1056,89	325	1,65	5,28	2,01	28,7
	Outlet	84,88	183,61	94	1,27	6,26	1,36	28,4
36	Inlet	121,4	705,88	145	1,04	5,6	2,65	28,3
	Outlet	29,57	137,19	30	0,46	6,5	2,14	27,9
40	Inlet	446	1090,55	305	1,81	5,1	2,55	28,7
	Outlet	32,79	65,27	26	1,46	6,7	1,99	28,1
42	Inlet	165,16	443,32	213	1,26	5,61	2,73	28,3
	Outlet	21,42	85,85	34	0,93	6,76	1,61	27,7
47	Inlet	158,2	1083,41	195	1,56	6,15	2,39	27,4
	Outlet	22,76	164,95	49	1,38	6,78	1,88	27,3
50	Inlet	512,07	561,75	490	0,09	6,04	2,71	27,7
	Outlet	19,46	74,9	25	0,04	6,92	1,64	27,4
54	Inlet	116,74	422,61	195	1,8	6,25	2,88	27,1
	Outlet	24,63	60,82	28	0,53	6,95	2,28	26,9
57	Inlet	121,03	434,48	92	0,1	6,32	2,73	27,8
	Outlet	19,25	46,65	13	0,06	7,04	1,69	27,5

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium (2012)

5.3 Penurunan BOD

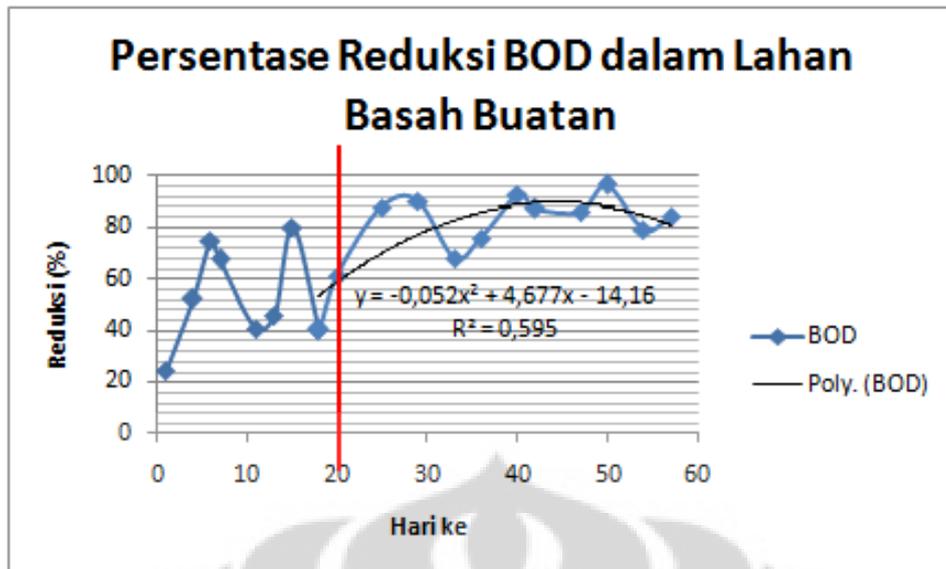
Kebutuhan oksigen biologi atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi. BOD merupakan parameter yang memperlihatkan besarnya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba untuk menguraikan bahan organik dalam proses dekomposisi secara biokimia. Pada prinsipnya BOD merupakan indikator dalam mengetahui kandungan bahan organik di perairan, semakin tinggi nilai BOD maka semakin tinggi zat pencemar organik yang terkandung dalam air tersebut.

Berdasarkan data hasil penelitian sebagaimana tersaji pada Tabel 5.2 di atas, maka dapat diperoleh efektivitas dari sistem lahan basah buatan dalam mereduksi kandungan BOD dari air limbah kantin. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 5.3. Gambar 5.6 merupakan grafik persentase reduksi BOD dalam lahan basah buatan.

Tabel 5.3 Presentase Reduksi BOD dalam Lahan Basah Buatan

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Reduksi (%)
1	321,96	243,7	24,3
4	486,77	233,18	52,1
6	945,75	241,44	74,5
7	432,9	141,06	67,4
11	141,06	83,79	40,6
13	168,01	90,89	45,9
15	451,7	92,3	79,6
18	141,9	85,01	40,1
20	270,56	105,77	60,9
25	538,21	66,94	87,6
29	502,07	50,48	89,9
33	262,84	84,88	67,7
36	121,4	29,57	75,6
40	446	32,79	92,6
42	165,16	21,42	87,0
47	158,2	22,76	85,6
50	512,07	19,46	96,2
54	116,74	24,63	78,9
57	121,03	19,25	84,1
Min	116,74	19,25	24,31
Maks	945,75	243,7	96,20
Rata-Rata	331,81	88,91	70,04

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.6 Grafik Persentase Reduksi BOD dalam Lahan Basah Buatan

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Pada Gambar 5.6 terlihat persentase reduksi BOD setelah hari ke 20 tersebar dengan kecenderungan mengarah ke atas. Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan *software* Excel terhadap grafik pada Gambar 5.6, didapatkan persamaan kecepatan reduksi BOD dalam lahan basah buatan sebagai berikut :

$$y = -0,052 x^2 + 4,677 x - 14,16 ; (R^2) = 0,595$$

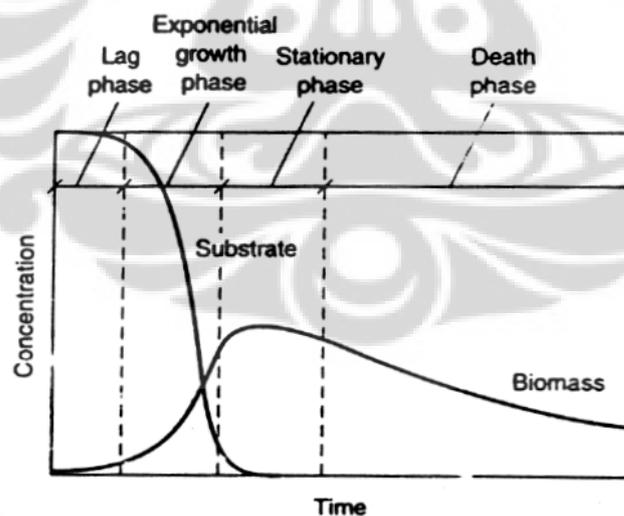
Nilai $R^2 = 0,595$ menunjukkan sebanyak 59,5% penurunan BOD dipengaruhi oleh waktu (x). Dari Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa semakin panjang waktu maka reduksi BOD akan semakin baik pula. Dari Tabel 5.3 diketahui persentase reduksi maksimum BOD adalah saat konsentrasi BOD di inlet sebesar 512,07 mg/L. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung *organic loading* optimum dari sistem lahan basah buatan ini adalah $1,79 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{s}$.

Beberapa hal yang dapat menjelaskan terjadinya penurunan bahan organik dalam lahan basah buatan tipe aliran *subsurface* tersebut, menurut Wood dalam Tangahu & Warmadewanthi (2001) bahwa penurunan konsentrasi bahan organik dalam sistem lahan basah buatan terjadi karena adanya mekanisme

Universitas Indonesia

aktivitas mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh di sekitar rizosfer tanaman maupun kehadiran bakteri heterotrof dalam air limbah. Menurut Handayanto, E dan Hairiah, K (2007), menyebutkan bahwa kondisi tanah di rizosfer sangat berbeda dengan kondisi tanah di luar rizosfer (non-rizosfer). Akar tanaman tidak saja berperan dalam penyerapan hara (baik melalui aliran massa, kontak langsung, maupun difusi), tetapi juga sangat besar pengaruhnya terhadap perubahan rizosfer. Mikroorganisme tanah, seperti bakteri, jamur, dan aktinomisetes lebih banyak dijumpai di daerah rizosfer daripada non-rizosfer. Dari ketiga jenis mikroorganisme tersebut, maka pengaruh rizosfer lebih besar pada bakteri, dengan nisbah populasi antara daerah rizosfer dibanding daerah non rizosfer (R/N) berkisar antara 10 – 20 atau lebih.

Menurut Metcalf & Eddy (2003) karakteristik pertumbuhan bakteri berdasarkan waktu ada 4 tahapan/fase pertumbuhan sebagaimana tersaji dalam Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.7 Fase Pertumbuhan Bakteri

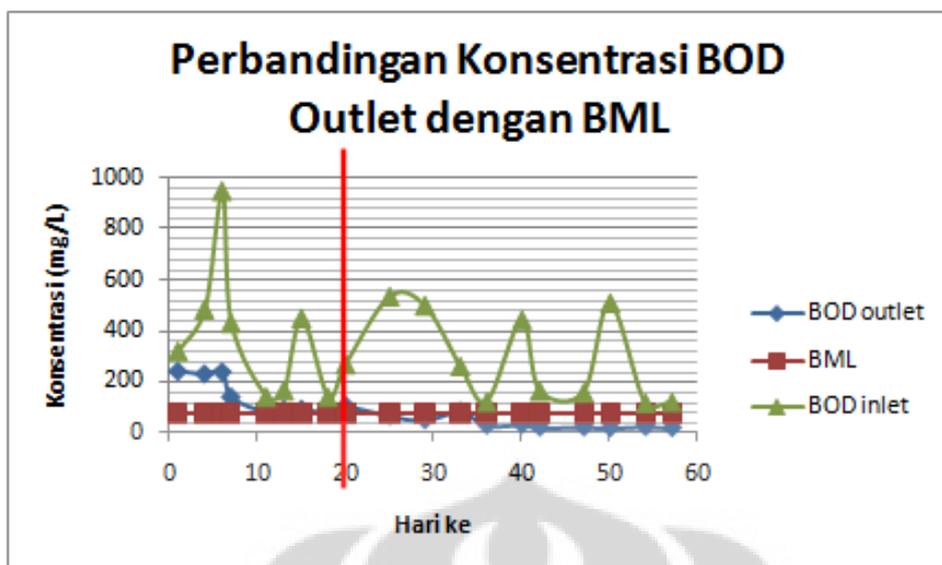
Sumber : Metcalf & Eddy (2003)

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka peran utama mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam sistem lahan basah buatan tersebut

Universitas Indonesia

akan dapat menjelaskan tren/kecenderungan penurunan bahan organik dari hasil percobaan. Adanya proses aklimatisasi tanaman pada awal percobaan, akan memberikan kesempatan pada bakteri yang terdapat dalam rhizosfer untuk tumbuh dan beradaptasi, sehingga *lag phase* akan terjadi saat proses aklimatisasi tersebut. Akan tetapi pendeknya masa aklimatisasi yang dilakukan dalam penelitian ini menyebabkan *lag phase* masih berlangsung sampai dengan $t = 20$ hari. Dengan demikian maka setelah melewati $t = 20$ hari, pertumbuhan bakteri telah mencapai fase pertumbuhan eksponensial (*exponential growth phase*). Kondisi tersebut yang dapat menjelaskan bahwa penurunan BOD setelah $t = 20$ hari telah terjadi penurunan yang tajam.

Sistem lahan basah buatan yang digunakan dalam penelitian ini dinilai mampu dalam mereduksi nilai BOD dalam air limbah kantin FTUI. Hal ini terlihat dalam Tabel 5.3, terjadi reduksi yang cukup signifikan untuk nilai BOD dari air limbah, yaitu persentase reduksi rata-rata setelah $t = 20$ adalah 82,38% dan persentase reduksi maksimal mencapai 96,2% di hari ke 50 sehingga nilai BOD dari air limbah memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang disyaratkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005. Nilai BOD yang memenuhi baku mutu lingkungan yang disyaratkan ini menunjukkan bahwa air limbah aman untuk dibuang ke danau Mahoni. Gambar 5.8 merupakan grafik perbandingan BOD hasil influen dan efluen lahan basah buatan dengan baku mutu lingkungan.



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Konsentrasi BOD Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

5.4 Penurunan COD

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi sejumlah zat organik secara sempurna dalam suatu reaksi kimia. Dengan demikian, zat-zat organik yang teroksidasi tidak hanya yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis), namun juga yang bersifat *non biodegradable* (tidak dapat terdegradasi secara biologis). Air yang mempunyai kadar COD sangat besar menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar, dengan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi material-material organik yang terdapat dalam air akibatnya oksigen yang tersedia di dalam air akan berkurang. Apabila kondisi ini berlangsung terus menerus akan mengganggu *self-purification* di dalam air yang mempengaruhi proses kehidupan biota air didalamnya.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kecenderungan penurunan konsentrasi COD sejalan dengan penurunan konsentrasi BOD. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis). Hal senada juga dinyatakan oleh Tebbut dalam

Universitas Indonesia

Effendi, H (2003) bahwa komposisi padatan yang terdapat dalam limbah domestik, 70% nya merupakan bahan organik. Perbandingan antara konsentrasi BOD/COD untuk air limbah kantin FTUI rata-rata sebesar 0,5 masih mendekati syarat untuk pengolahan biologi yaitu 0,6. Hal ini memperkuat dugaan tingginya bahan organik yang mudah terdegradasi secara biologis dalam air limbah kantin tersebut.

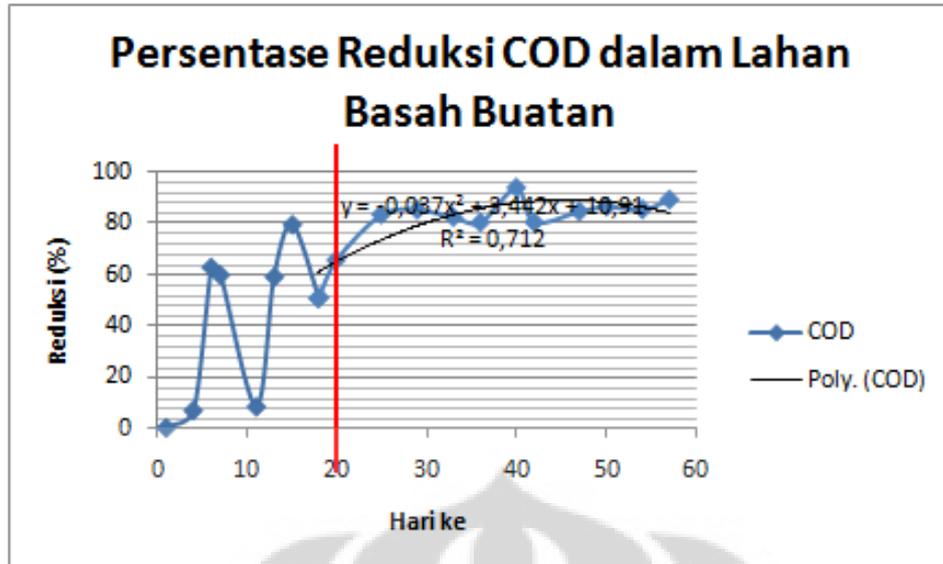
Berdasarkan data hasil penelitian sebagaimana tersaji pada Tabel 5.2 di atas, maka dapat diperoleh efektivitas dari sistem lahan basah buatan dalam mereduksi kandungan COD dari air limbah kantin. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 5.4. Gambar 5.9 merupakan grafik persentase reduksi COD dalam lahan basah buatan.



Tabel 5.4 Persentase Reduksi COD dalam Lahan Basah Buatan

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Reduksi (%)
1	414,3	412,75	0,4
4	981,64	912,08	7,1
6	1083,01	402,32	62,9
7	1024,76	411,43	59,9
11	323,83	296,27	8,5
13	346,13	141,36	59,2
15	1083,03	222,35	79,5
18	466,54	227,92	51,1
20	359,46	122,37	66,0
25	864,65	141,77	83,6
29	769,23	112,31	85,4
33	1056,89	183,61	82,6
36	705,88	137,19	80,6
40	1090,55	65,27	94,0
42	443,32	85,85	80,6
47	1083,41	164,95	84,8
50	561,75	74,9	86,7
54	422,61	60,82	85,6
57	438,48	46,65	89,4
Min	323,83	46,65	0,37
Maks	1090,55	912,08	94,02
Rata-Rata	711,55	222,22	65,6

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.9 Grafik Persentase Reduksi COD dalam Lahan Basah Buatan

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Pada Gambar 5.9 terlihat Persentase reduksi COD setelah hari ke 20 tersebar dengan kecenderungan mengarah ke atas. Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan *software* Excel terhadap grafik pada Gambar 5.9, didapatkan persamaan kecepatan reduksi COD dalam lahan basah buatan sebagai berikut :

$$y = -0,037 x^2 + 3,442 x + 10,91; (R^2) = 0,712$$

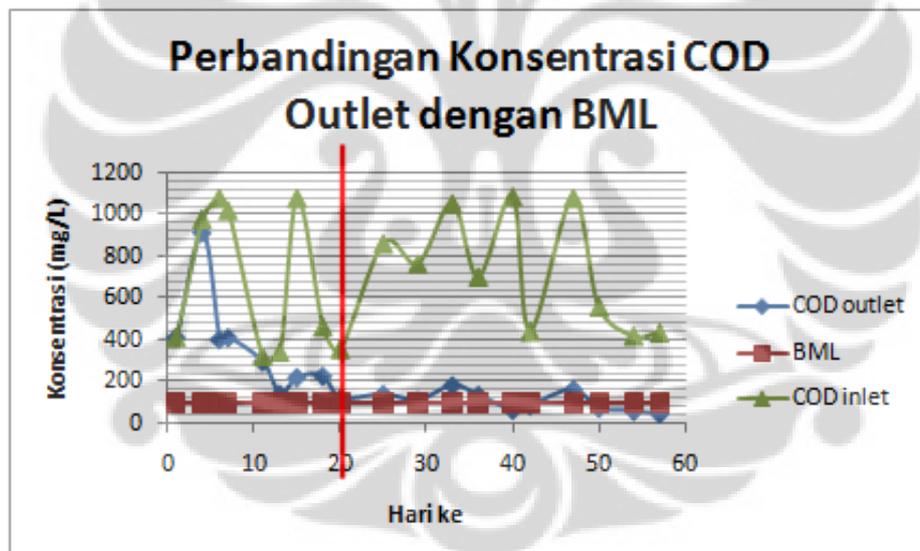
Nilai $R^2 = 0,712$ menunjukkan sebanyak 71,2% penurunan COD dipengaruhi oleh waktu (x). Dari Gambar 5.9 dapat diketahui bahwa semakin panjang waktu maka reduksi COD akan semakin baik pula.

Adanya aktivitas mikroorganisme dalam reaktor yang mendegradasi sebagian besar bahan organik dalam air limbah akan mempengaruhi konsentrasi BOD maupun COD setelah $t = 20$ hari. Kondisi tersebut yang dapat menjelaskan tentang penurunan rata-rata COD setelah $t = 20$ hari sebanyak 83,56% dengan penurunan maksimum yang dapat mencapai 94% pada hari ke 40 penelitian. Di samping itu proses pengolahan secara fisik (filtrasi dan sedimentasi) yang terjadi di dalam media reaktor, yang ditandai penurunan konsentrasi TSS yang cukup

Universitas Indonesia

besar pada hari ke 40 juga turut mempengaruhi penurunan konsentrasi COD pada efluen air limbah.

Sistem lahan basah buatan yang digunakan dalam penelitian ini dinilai mampu mereduksi nilai COD dalam air limbah kantin FTUI secara efektif sehingga nilai COD dari air limbah memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang disyaratkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 setelah $t = 40$ hari. Nilai COD yang memenuhi baku mutu lingkungan yang disyaratkan ini menunjukkan bahwa air limbah aman untuk dibuang ke danau Mahoni. Gambar 5.10 merupakan grafik perbandingan COD hasil influen dan efluen lahan basah buatan dengan baku mutu lingkungan.



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Konsentrasi COD Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

5.5 Penurunan TSS

Total Suspended Solids merupakan material dalam air yang tertahan oleh filter dengan diameter lebih kecil atau sama dengan 2 mikrometer. *Total Suspended Solids* diperiksa dengan memanaskan sampel pada suhu 105°C . Residu yang tersisa disebut sebagai Total Suspended Solids. TSS terdiri atas lumpur dan

Universitas Indonesia

pasir halus serta jasad-jasad renik terutama yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa ke dalam badan air. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral, dan garam-garamnya. Penyebab utama terjadinya TSS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umum dijumpai di perairan. Sebagai contoh air buangan sering mengandung molekul sabun, deterjen, dan surfaktan yang larut dalam air, misalnya pada air buangan rumah tangga (Sugiharto, 1987).

Dari kegiatan menyiapkan makanan, dihasilkan sekitar 99% larutan dan 0,1% padatan. Dari 99% larutan yang terbentuk, 70% nya berupa limbah organik, dan 30% nya berupa limbah anorganik. 30% bahan anorganik menghasilkan garam, lumpur, dan logam (Haslam dalam Effendi, 2003). Dalam limbah cair kantin, kandungan material organik biasanya berasal dari sisa makanan dan minuman dari pencucian peralatan masak juga peralatan makan dan minum yang digunakan. Sedangkan material anorganik berasal dari sabun cuci yang digunakan dalam kegiatan pencucian.

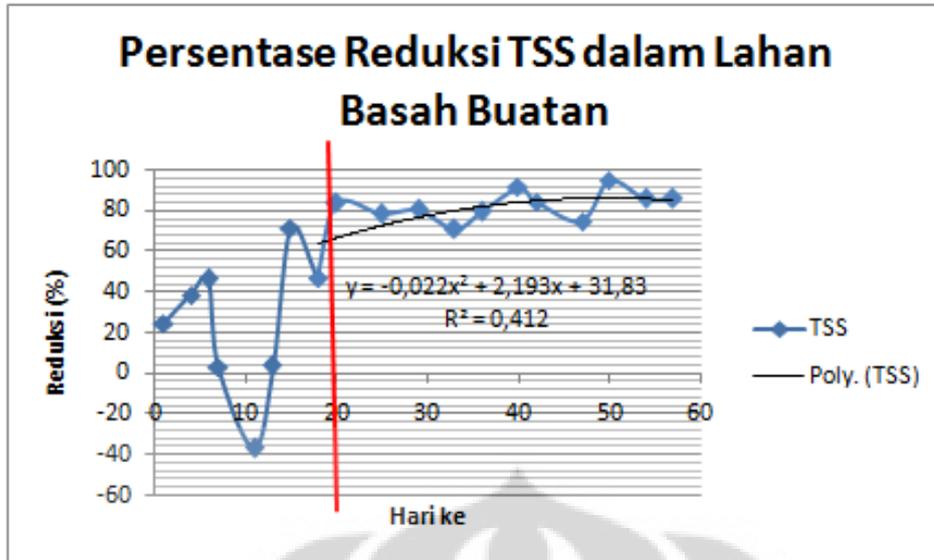
Kandungan material organik dan anorganik yang tinggi dalam limbah cair kantin FTUI akan menimbulkan masalah kekeruhan jika dibuang ke badan air (danau Mahoni) tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Kekeruhan yang ditimbulkan oleh material organik dan anorganik dapat menghalangi cahaya matahari yang masuk ke dalam danau Mahoni sehingga mengurangi kemampuan alga dan tumbuhan air lainnya untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen. Hal ini menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut dalam badan air diikuti dengan peningkatan nilai BOD dan COD.

Sistem lahan basah buatan digunakan untuk mereduksi kandungan TSS dalam air limbah kantin FTUI. Berdasarkan data hasil penelitian sebagaimana tersaji pada Tabel 5.2 di atas, maka dapat diperoleh persentase reduksi TSS dalam lahan basah buatan. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 5.5. Gambar 5.11 merupakan grafik persentase reduksi TSS dalam lahan basah buatan.

Tabel 5.5 Persentase Reduksi TSS dalam Lahan Basah Buatan

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Reduksi (%)
1	293	221	24,6
4	313	192	38,7
6	310	166	46,5
7	266	258	3,0
11	156	213	-36,5
13	106	102	3,8
15	331	95	71,3
18	189	100	47,1
20	240	39	83,8
25	203	44	78,3
29	216	42	80,6
33	325	94	71,1
36	145	30	79,3
40	305	26	91,5
42	213	34	84,0
47	195	49	74,9
50	490	25	94,9
54	195	28	85,6
57	92	13	85,9
Min	92	13	-36,54
Maks	490	258	94,9
Rata-Rata	241,21	93,21	58,32

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.11 Grafik Persentase Reduksi TSS dalam Lahan Basah Buatan

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Pada Gambar 5.11 terlihat persentase reduksi TSS setelah hari ke 20 tersebar dengan kecenderungan mengarah ke atas. Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan *software* Excel terhadap grafik pada Gambar 5.11, didapatkan persamaan kecepatan reduksi TSS dalam lahan basah buatan sebagai berikut :

$$y = -0,022 x^2 + 2,193 x + 31,83; (R^2) = 0,412$$

Nilai $R^2 = 0,412$ menunjukkan sebanyak 41,2% penurunan TSS dipengaruhi oleh waktu (x). Dari Gambar 5.11 dapat diketahui bahwa semakin panjang waktu maka reduksi TSS akan semakin baik pula.

Dari Gambar 5.11 nampak lahan basah dapat mereduksi kandungan TSS dalam air limbah setelah $t = 20$ hari. Pada hasil pengujian sebelumnya ditunjukkan efisiensi penghilangan TSS yang naik turun dan terdapat pula efisiensi yang bernilai negatif, hal ini dimungkinkan terjadi karena kondisi lumpur sebagai media tanam dalam lahan basah buatan yang belum *settled* sebelum $t = 20$ hari.

Penurunan TSS dalam air limbah kantin FTUI dapat terjadi akibat porositas media yang dibentuk oleh sistem perakaran tanaman dalam reaktor.

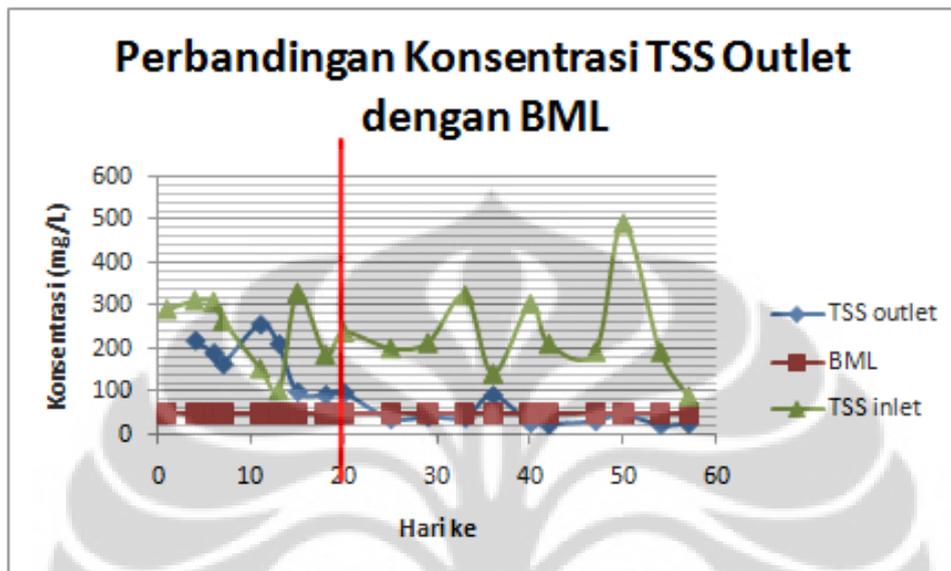
Universitas Indonesia

Telah diuraikan pada bab 2, bahwa proses pengolahan air limbah dalam sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan tidak hanya terjadi melalui proses biologis, namun juga terjadi melalui proses fisik, baik melalui proses filtrasi maupun sedimentasi. Menurut Tangahu dan Warmadewanthi (2001) mekanisme filtrasi dan sedimentasi juga terjadi dalam sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan tersebut. Proses filtrasi dilakukan oleh media dan akar tanaman yang terdapat dalam reaktor, dimana proses tersebut terjadi karena kemampuan partikel-partikel media maupun sistem perakaran membentuk filter yang dapat menahan partikel-partikel padatan yang terdapat dalam air limbah. Menurut Crites dan Tchobanoglous (1998), media yang digunakan pada reaktor lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan akan dapat menurunkan kecepatan aliran air limbah yang masuk dalam reaktor. Penurunan kecepatan air limbah ini akan memudahkan terjadinya proses sedimentasi.

Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS yang cukup besar pada $t = 20$ hari, memperlihatkan kecenderungan yang sama dengan penurunan BOD dan COD. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diperkirakan bahwa partikel-partikel padatan yang terdapat dalam air limbah kantin FTUI sebagian besar terbentuk dari bahan organik. Bahan organik yang berbentuk padatan akan tertahan dalam media lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan melalui mekanisme filtrasi dan sedimentasi. Padatan yang tertahan dalam media kemudian akan didegradasi oleh mikroorganisme menjadi unsur yang lebih sederhana dan terlarut dalam air limbah. Penurunan bahan organik berbentuk padatan yang cukup signifikan ini akan berpengaruh terhadap konsentrasi TSS dalam air limbah.

Pada Tabel 5.5 terlihat bahwa terjadi reduksi yang cukup signifikan untuk nilai TSS dari air limbah, yaitu persentase reduksi rata-ratanya setelah $t = 20$ hari adalah 82,71% dengan persentase reduksi maksimum dapat mencapai 94,9% sehingga nilai TSS dari air limbah memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang disyaratkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005. Nilai TSS yang memenuhi baku mutu lingkungan yang disyaratkan ini menunjukkan bahwa air limbah aman untuk dibuang ke danau Mahoni. Gambar

5.12 merupakan grafik perbandingan TSS hasil influen dan efluen lahan basah buatan dengan baku mutu lingkungan.



Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

5.6 Penurunan MBAS

Deterjen antara lain berasal dari kegiatan pencucian piring dan gelas yang digunakan dalam kegiatan rumah tangga. Deterjen biasanya mengandung fosfor dalam bentuk natrium tripolifosfat. Diperkirakan 30 – 40 % fosfor yang masuk ke perairan berasal dari fosfat yang terdapat di dalam deterjen. Surfaktan merupakan bahan pembersih utama yang terdapat di dalam deterjen. Tingginya masukan deterjen dalam perairan menyebabkan tingginya kandungan surfaktan.

Sebelum tahun 1965, tipe surfaktan sebagai bahan sintetik deterjen berbentuk alkyl benzene sulfonat (ABS). Pada masa sekarang surfaktan yang umum digunakan adalah linier alkil sulfonat (LAS). LAS merupakan surfaktan yang dapat dipecahkan oleh bakteri. Masalah utama yang ditimbulkan oleh deterjen adalah busa yang dihasilkannya dapat mengganggu lingkungan

Universitas Indonesia

sekitarnya. Bahan pembentuk utama yang digunakan untuk membentuk deterjen adalah natrium tripolifosfat ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Tingginya konsentrasi fosfat dalam air dapat menyebabkan kondisi lewat subur sehingga dapat meningkatkan perkembangan alga serta tanaman air.

Deterjen dengan rantai pendek jauh lebih mudah diuraikan daripada deterjen dengan rantai panjang dan bercabang seperti Alkil Benzen Sulfonat. Deterjen dengan rantai panjang dan bercabang ini sangat sulit diuraikan secara alamiah sehingga akan menimbulkan masalah bagi lingkungan tempat ia dibuang. Dalam jumlah berlebih dan tidak dapat diuraikan dengan cepat, menjadikan deterjen sebagai bahan yang dianggap cukup potensial mencemari lingkungan.

Deterjen dalam badan air dapat merusak insang dan organ pernafasan ikan yang mengakibatkan toleransi ikan terhadap badan air yang kandungan oksigennya rendah menjadi menurun. Ikan membutuhkan air yang mengandung oksigen paling sedikit 5 mg/ liter atau 5 ppm (*part per million*). Apabila kadar oksigen kurang dari 5 ppm, ikan akan mati, tetapi bakteri yang kebutuhan oksigen terlarutnya lebih rendah dari 5 ppm akan berkembang. Apabila sungai menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung bahan organik, sebagian besar oksigen terlarut digunakan bakteri aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Sehingga kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat dan akibatnya hewan-hewan seperti ikan, udang dan kerang akan mati.

Keberadaan busa-busa di permukaan air juga menjadi salah satu penyebab kontak udara dan air terbatas sehingga menurunkan oksigen terlarut. Dengan demikian akan menyebabkan organisme air kekurangan oksigen dan dapat menyebabkan kematian (Ahsan *et al*, 2005). Selain itu pencemaran akibat deterjen mengakibatkan timbulnya bau busuk. Bau busuk ini berasal dari gas NH_3 dan H_2S yang merupakan hasil proses penguraian bahan organik lanjutan oleh bakteri anaerob. Tingginya masukkan deterjen dalam perairan menyebabkan tingginya kandungan surfaktan.

Constructed wetland dapat digunakan untuk mengolah air limbah domestik. Sistem ini tidak hanya terfokus pada jenis limbah tertentu tetapi juga pada parameter khusus seperti linear alkylbensulfonates (LAS) (Vymazal,

Universitas Indonesia

2009). Sokhifah (2009) melakukan penelitian untuk mengolah air limbah dari industri air kemasan dengan menggunakan lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan dengan menggunakan tanaman *Canna* dapat mereduksi konsentrasi MBAS sampai dengan 85% dan dapat mereduksi 84% konsentrasi MBAS dengan menggunakan tanaman *Cyperus*.

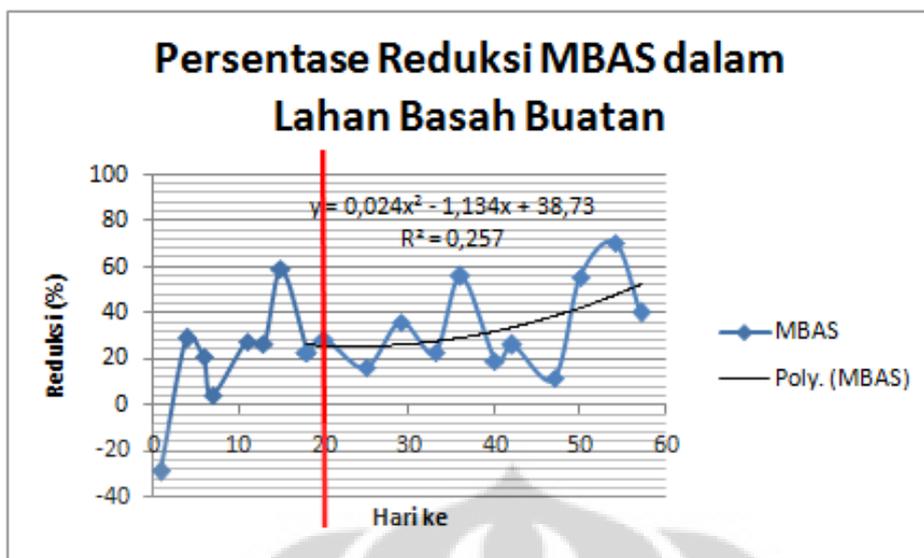
Berdasarkan data hasil penelitian sebagaimana tersaji pada Tabel 5.2 di atas, maka dapat diperoleh efektivitas dari sistem lahan basah buatan dalam mereduksi kandungan MBAS dari air limbah kantin. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 5.6. Gambar 5.13 merupakan grafik persentase reduksi MBAS dalam lahan basah buatan.



Tabel 5.6 Persentase Reduksi MBAS dalam Lahan Basah Buatan

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	Reduksi (%)
1	1,7	2,19	-28,8
4	1,86	1,32	29,0
6	1,69	1,34	20,7
7	0,99	0,95	4,0
11	1,35	0,98	27,4
13	2,11	1,55	26,5
15	1,29	0,53	58,9
18	0,91	0,7	23,1
20	1,22	0,87	28,7
25	1,79	1,5	16,2
29	2,27	1,45	36,1
33	1,65	1,27	23,0
36	1,04	0,46	55,8
40	1,81	1,46	19,3
42	1,26	0,93	26,2
47	1,56	1,38	11,5
50	0,09	0,04	55,6
54	1,8	0,53	70,6
57	0,1	0,06	40
Min	0,09	0,04	-28,82
Maks	2,27	2,19	70,56
Rata-Rata	1,39	1,03	28,63

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.13 Grafik Persentase Reduksi MBAS dalam Lahan Basah Buatan

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Pada Gambar 5.13 terlihat persentase reduksi MBAS setelah hari ke 20 tersebar dengan kecenderungan makin mengarah ke atas. Berdasarkan hasil analisis regresi menggunakan *software* Excel terhadap grafik pada Gambar 5.13, didapatkan persamaan kecepatan reduksi MBAS dalam lahan basah buatan sebagai berikut :

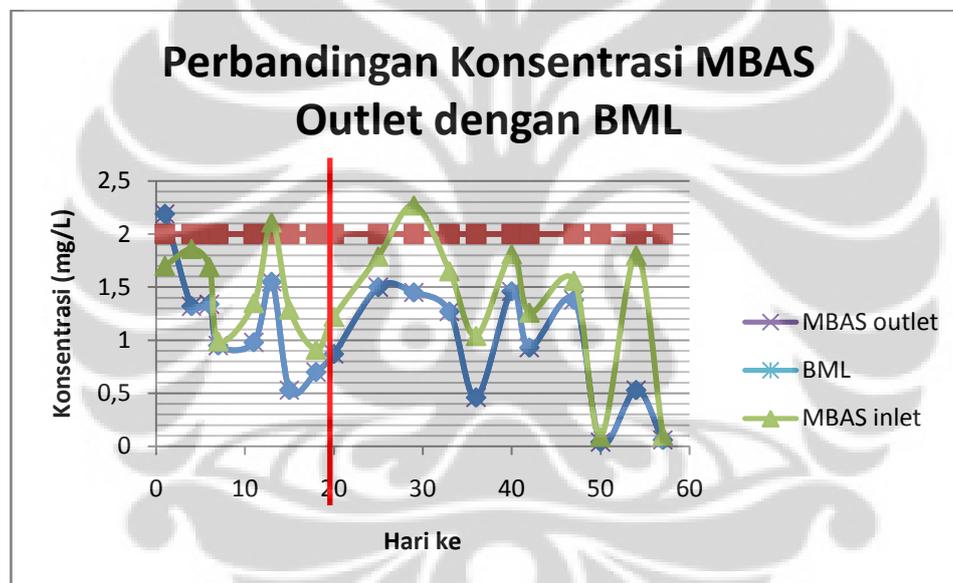
$$y = -0,024 x^2 - 1,134 x + 38,73; (R^2) = 0,257$$

Nilai $R^2 = 0,257$ menunjukkan sebanyak 25,7% penurunan MBAS dipengaruhi oleh waktu (x). Dari Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa semakin panjang waktu maka reduksi MBAS akan semakin baik pula.

Penurunan MBAS dalam air limbah kantin FTUI dapat terjadi akibat tanaman *Typha latifolia* yang menyerap fosfat sebagai nutrisi untuk hidup dan pertumbuhannya. Telah diuraikan dalam bab 2 bahwa tanaman *Typha latifolia* mampu menyerap fosfat sebesar 180 kg/ha/th. Pada Tabel 5.6 terlihat bahwa terjadi reduksi yang cukup signifikan untuk nilai MBAS dari air limbah, yaitu persentase reduksi rata-ratanya setelah $t = 20$ hari adalah 34,82% dengan persentase reduksi maksimum dapat mencapai 70,6%. Konsentrasi MBAS influen

Universitas Indonesia

air limbah sudah memenuhi baku mutu lingkungan saat masuk ke lahan basah buatan, hal ini dimungkinkan karena sedikitnya penggunaan sabun dalam kegiatan pencucian di kantin FTUI. Terlihat hanya pada hari ke 29 setelah $t = 20$ hari konsentrasi MBAS pada inlet tidak memenuhi baku mutu. Namun setelah diolah dalam lahan basah buatan nilai konsentrasi MBAS memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang disyaratkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005. Gambar 5.14 merupakan grafik perbandingan MBAS hasil influen dan efluen lahan basah buatan dengan baku mutu lingkungan.



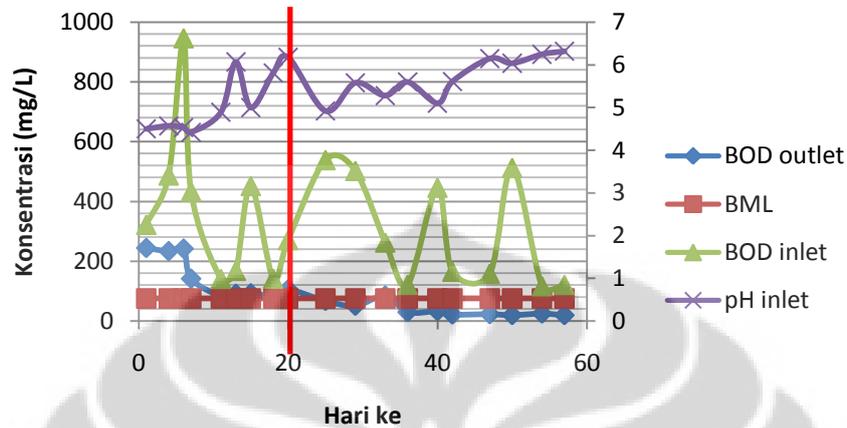
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Konsentrasi MBAS Pada Inlet dan Outlet dengan Baku Mutu Lingkungan
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

5.7 Hubungan Penurunan Konsentrasi Pencemar dengan pH

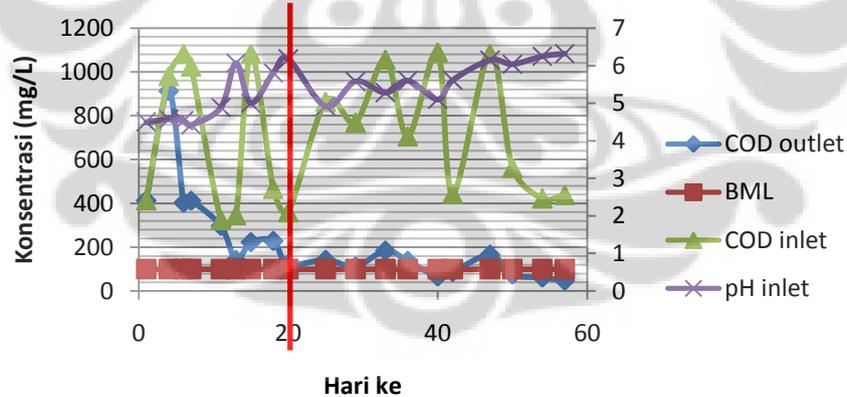
Gambar 5.15 adalah gambar perbandingan konsentrasi pencemar pada inlet, outlet, baku mutu lingkungan dengan pH air limbah pada inlet untuk mengetahui kondisi pH yang dibutuhkan agar sistem lahan basah buatan bekerja secara optimal.

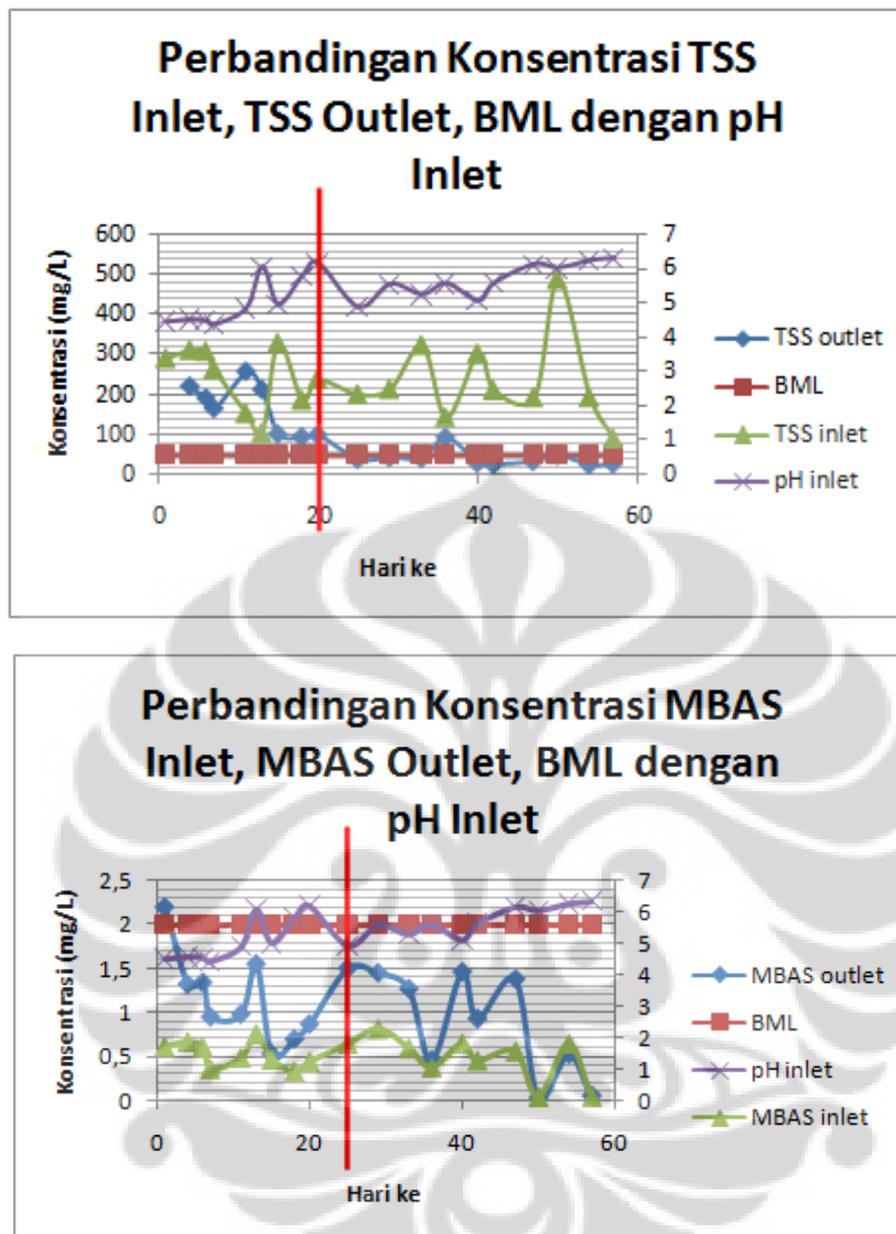
Universitas Indonesia

Perbandingan Konsentrasi BOD Inlet, BOD Outlet, BML dengan pH Inlet



Perbandingan Konsentrasi COD Inlet, COD Outlet, BML dengan pH Inlet





Gambar 5.15 Grafik Perbandingan Konsentrasi Pencemar pada Inlet, Outlet, BML, dengan pH pada Inlet
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

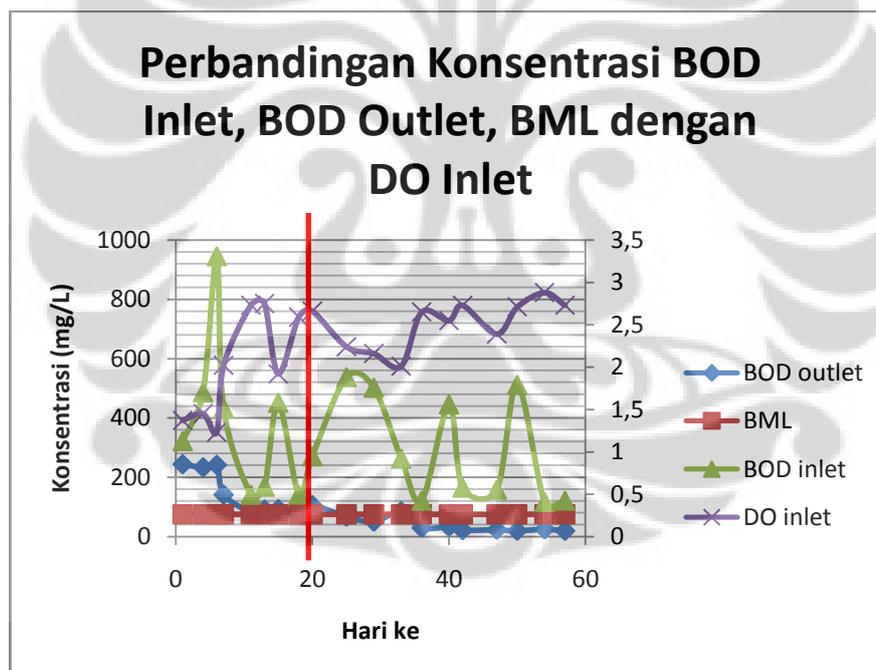
pH larutan limbah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam pengolahan biologis karena pH merupakan faktor pembatas dari kehidupan mikroorganisme air yang memerlukan pH tertentu untuk dapat hidup. Dalam penelitian lahan basah buatan, selain mikroorganisme yang memerlukan pH tertentu, tanaman yang digunakan juga memiliki toleransi tertentu terhadap pH air limbah. Dari Gambar 5.16 dapat diketahui bahwa ketika pH inlet semakin

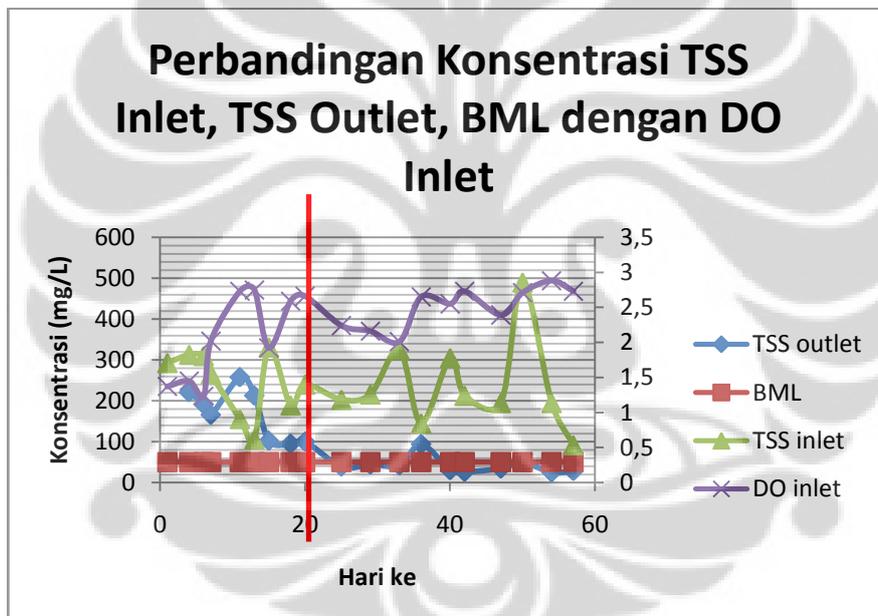
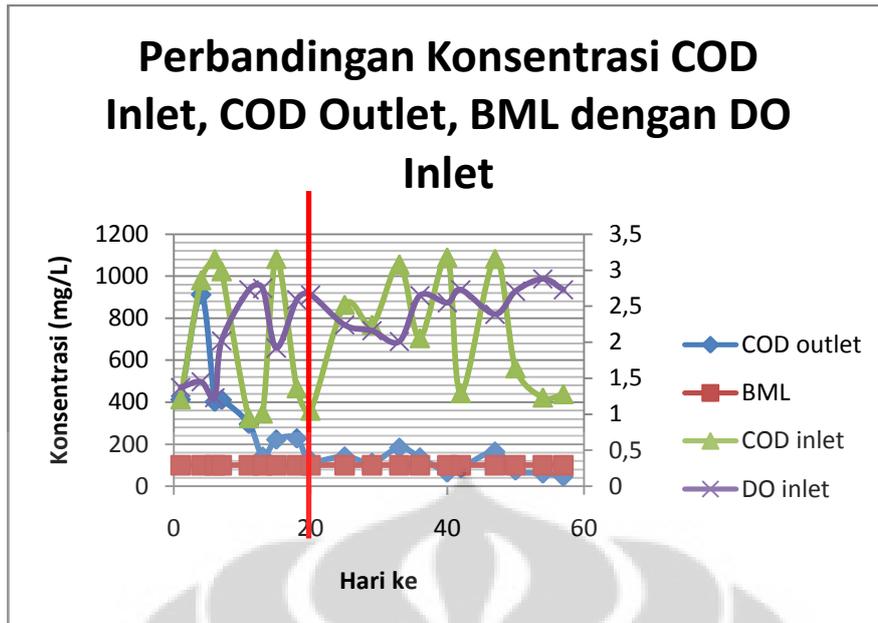
Universitas Indonesia

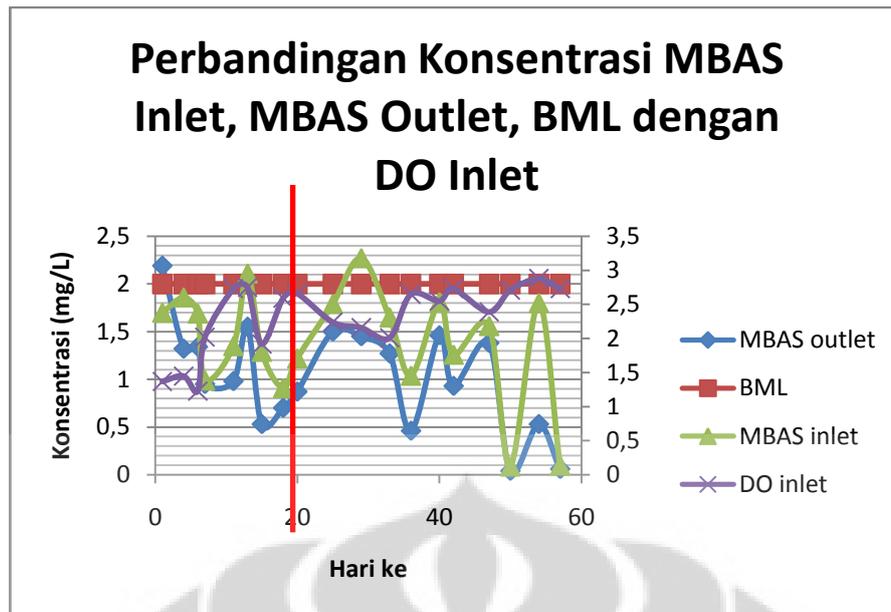
mendekati normal maka persentase reduksi dari pencemar akan semakin baik. Secara kualitatif terlihat bahwa ketika pH inlet >6 pada hari ke 47 sampai hari ke 57, terjadi persen reduksi pencemar yang cukup baik untuk BOD, COD, TSS, juga MBAS.

5.8 Hubungan Penurunan Konsentrasi Pencemar dengan DO

Gambar 5.16 adalah gambar perbandingan konsentrasi pencemar pada inlet, outlet, baku mutu lingkungan dengan pH air limbah pada inlet untuk mengetahui kondisi DO yang dibutuhkan agar sistem lahan basah buatan bekerja secara optimal.







Gambar 5.16 Grafik Perbandingan Konsentrasi Pencemar pada Inlet, Outlet, BML, dengan DO pada Inlet
Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme, atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Oksigen terlarut yang masuk ke dalam sistem lahan basah buatan digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah, juga digunakan tanaman dan mikroorganisme untuk proses hidupnya sehingga dapat menguraikan pencemar dalam air limbah. Secara kualitatif dari Gambar 5.16 dapat diketahui bahwa ketika DO inlet >2 ppm akan didapatkan persen reduksi yang cukup baik untuk mereduksi pencemar dalam air limbah. Konsentrasi DO inlet >2 ppm didapatkan pada hari ke 20 sampai dengan hari ke 57. Dalam hal ini terlihat bahwa pada saat DO = 2,01 ppm pada hari ke 33 cenderung terjadi penurunan persen reduksi dibanding hari ke 29.

5.9 Aplikasi Penelitian untuk Bidang Teknik Lingkungan

Sistem lahan basah buatan sangat baik digunakan untuk mengolah limbah cair domestik, hanya saja dibutuhkan lahan yang luas untuk mengaplikasikan sistem lahan basah buatan. Maka dari itu dibutuhkan penataan lahan sehingga

sistem pengolahan limbah tersebut dapat dimanfaatkan pula sebagai taman untuk kebutuhan rekreasi.

Dari hasil penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, diketahui bahwa sistem lahan basah buatan tidak dapat digunakan untuk mengolah minyak dan lemak yang biasanya terdapat dalam limbah cair domestik akibat kegiatan dari dapur, sehingga dibutuhkan pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk menghilangkan minyak dan lemak sebelum memasuki sistem lahan basah buatan. Pengolahan pendahuluan yang dapat digunakan berupa *oil and grease trap*.

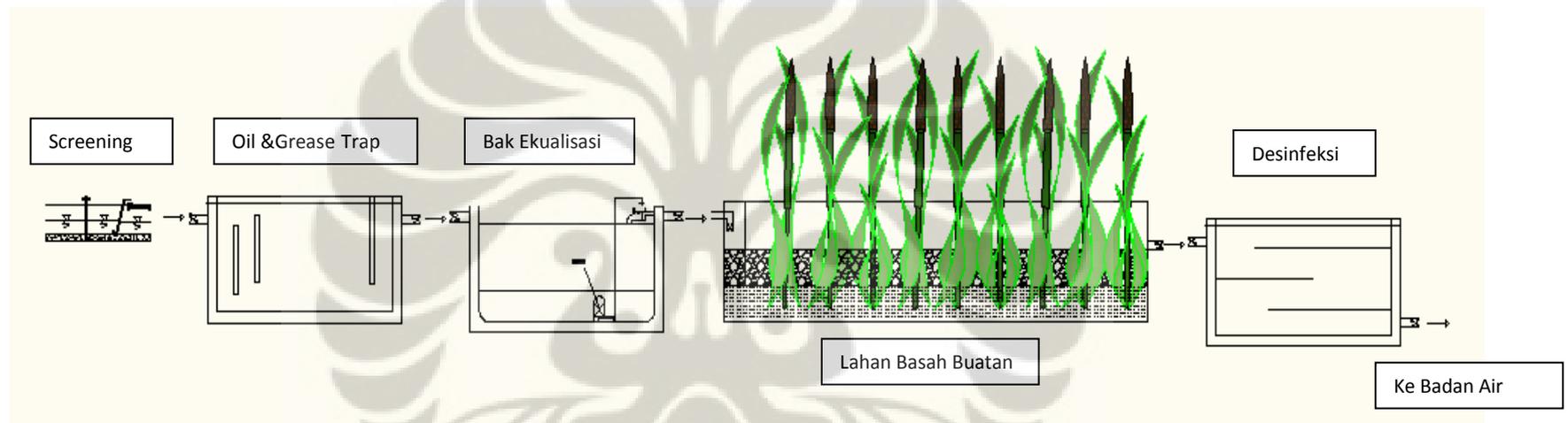
Diketahui pula bahwa untuk lahan basah buatan membutuhkan kondisi tertentu agar persentasi reduksi dari pencemar dapat mencapai hasil yang maksimal. Kondisi yang diperlukan oleh sistem lahan basah buatan adalah pH yang mendekati netral dan/atau netral ($\text{pH} > 6$ atau $\text{pH} = 7$) dan kandungan oksigen terlarut >2 ppm. Untuk mencapai kondisi ini dapat dilakukan dengan mencegah terjadinya kondisi anaerob. Kondisi anaerob dapat dicegah dengan mempertipis media lumpur yang digunakan karena lumpur dapat menyerap kandungan oksigen terlarut dalam sistem lahan basah buatan.

Konfigurasi desain yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair kantin FTUI agar dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang ditetapkan dalam PerGub Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 adalah menggunakan *screening*, *oil and grease trap*, bak ekualisasi, lahan basah buatan, dan unit desinfeksi. *Screening* digunakan untuk menyaring sampah kasar yang dihasilkan dari kantin FTUI (sisa makanan dan minuman) agar tidak merusak kinerja pompa, *oil and grease trap* digunakan untuk mengolah minyak dan lemak, bak ekualisasi digunakan agar debit limbah cair yang masuk ke dalam lahan basah buatan seragam, lahan basah buatan digunakan untuk mengolah BOD, COD, TSS, dan MBAS, sedangkan unit desinfeksi digunakan untuk mematikan mikroorganisme patogen yang tersisa dari proses. Tabel 5.7 memperlihatkan unit pengolahan dan efisiensi dari masing-masing unit dan Gambar 5.17 memperlihatkan desain layout unit pengolahan limbah cair kantin FTUI.

Tabel 5.7 Unit Pengolahan dan Efisiensi

Parameter	Satuan	Influen	Efisiensi Unit Pengolahan					Effluen	BML
			Screen	Oil and Grease Trap	Bak Ekualisasi	Lahan Basah Buatan	Desinfeksi		
BOD	mg/l	185	-	-	-	90%	-	18,5	75
			-	-	-	18,5	-		
COD	mg/l	488	-	40%	-	90%	-	29,28	100
			-	292,80	-	29,28	-		
TSS	mg/l	498	-	-	-	90%	-	49,80	50
			-	-	-	49,80	-		
MBAS	mg/l	1,86	-	-	-	70%	-	0,558	2
			-	-	-	0,558	-		
Minyak dan Lemak	mg/l	115	-	95%	5%	-	-	0	10
			-	5,75	0	-	-		

Sumber : Hasil Olahan Penulis (2012)



Gambar 5.17 Desain Layout Unit Pengolahan Limbah Cair Kantin FTUI.

Sumber : Penulis (2012)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Tanaman *Typha latifolia* dengan umur 1 bulan dan jarak antar tanaman 10 cm memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan limbah cair domestik dengan sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan (*subsurface*) dengan menggunakan media lumpur dan kerikil. Efektivitas rata-rata tanaman *Typha latifolia* dalam mereduksi BOD setelah $t = 20$ hari adalah 82,38% dan dapat mencapai 96,2%; COD adalah 83,56% dan dapat mencapai 94%; TSS adalah 82,71% dan dapat mencapai 91,5%; dan MBAS adalah 34,82% dan dapat mencapai 70,6%.
- b. Persamaan kecepatan reduksi BOD oleh tanaman *Typha latifolia* dapat diekspresikan melalui persamaan $y = -0,052 x^2 + 4,677 x - 14,1$ ($R^2 = 0,595$); persamaan reduksi COD oleh tanaman *Typha latifolia* dapat diekspresikan melalui persamaan $y = -0,037 x^2 + 3,442 x + 10,91$ ($R^2 = 0,712$); persamaan reduksi TSS oleh tanaman *Typha latifolia* dapat diekspresikan melalui persamaan $y = -0,022 x^2 + 2,193 x + 31,83$ ($R^2 = 0,412$); dan persamaan reduksi MBAS oleh tanaman *Typha latifolia* dalam mereduksi MBAS dapat diekspresikan melalui persamaan $y = -0,024 x^2 - 1,134 x + 38,73$ ($R^2 = 0,257$).

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disarankan beberapa hal, yaitu :

- Mengaplikasikan sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan semua kantin yang berada di dalam Universitas Indonesia.

- Mengingat luasnya kebutuhan lahan untuk sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan tersebut, maka perlu penataan lahan dan penggunaan tanaman hias seperti *Typha latifolia*, sehingga sistem pengolahan air limbah tersebut dapat dimanfaatkan pula sebagai taman dalam kawasan kantin tersebut.
- Dibutuhkan pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mengolah minyak dan lemak yang terkandung dalam limbah cair domestik akibat kegiatan memasak. Pengolahan pendahuluan dapat berupa *oil and grease trap*.
- Pencegahan terjadinya kondisi anaerob dengan mempertipis media lumpur yang digunakan agar tercapai kondisi pH mendekati netral dan DO > 2ppm sehingga lahan basah buatan dapat maksimal dalam mereduksi pencemar dalam limbah cair domestik.
- Pelaksanaan penelitian lanjutan untuk pengolahan limbah cair domestik dengan sistem lahan basah buatan menggunakan tanaman *Typha latifolia* dikombinasikan dengan jenis tanaman lain.
- Pelaksanaan penelitian lanjutan untuk pengolahan limbah cair domestik dengan sistem lahan basah buatan menggunakan tanaman *Typha latifolia* dengan waktu tinggal yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagwell et al. 1998. *Physiological of Rhizosphere Diazotroph Assemblages of Selected Salt Marsh Grasses*. Applied and Environmental Journal, Vol. 64, No. 11, p. 4276-4282.
- Bapedalda Propinsi Bali, Petunjuk Teknis Pengolahan Limbah Cair Dengan Sistem Wastewater Garden (WWG) Desember 2002, Denpasar Bali
- Brix, H. 1993. *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands : System Design, Removal Processes, and Treatment Performance*. In Moshiri, G. A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 9-21.
- Calheiros, et al. (2008). "Evaluation of Different Substrates to Support The Growth of *Typha latifolia* in Constructed Wetland Treating Tannery Wastewater Over Long-Time Operation". Halaman 6866-6877. www.sciencedirect.com. 22 Januari 2012.
- Crites, R dan Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems : Wetlands and Aquatic Treatment*. McGraw-Gill Book. Co-Singapore.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Environmental Protection Agency, U.S. 1993. *Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, A Technology Assessment*. USA : Office of Water – Environmental Protection Agency (EPA).
- Environmental Protection Agency, U.S. 1999. *Draft Guidance for Water Quality*. USA : Office of Water – Environmental Protection Agency (EPA).
- Garcia et al. 2008. *A comparison of Bacterial Removal Efficiencies in Constructed Wetlands and Algae-Based Systems*. Journal of Ecological Engineering, Volume 32, Nomor 3, halaman 238 – 243, www.sciencedirect.com. 22 Oktober 2011.
- Gonzales et al. 2009. *Treatment of Swine Wastewater with Subsurface-Flow Constructed Wetlands in Yucantan, Mexico : Influence of Plant Species and Constant Time*. Journal of Water SA, Volume 35, Nomor 3. www.ajol.info. 22 Oktober 2011.
- Haberl, R dan Langergraber, H. 2002. *Constructed Wetlands : a Cahnce to Solve Wastewater Problems in Developing Countries*. Wat. Sci. Technol. 40: 11-17.
- Halverson, Nancy V. 2004. *Review of Constructed Subsurface Flow vs Surface Flow Wetlands*. USA : U.S. Department of Energy, Springfield.
- Hammer, D.A. and R.K. Bastian. 1989. *Wetlands ecosystems : Natural Water Purifiers*. In *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. D.A. Hammer, ed. Lewis publishers, Chelsea, Michigan. Pp.5-20.
- Hammer, Mark J. 1986. *Water and Waste-Water Technology SI Version*. Singapore : John Wiley & Sons.
- Hammer, Mark J. 1977. *Water and Waste-Water Technology*. New York: John Wiley & Sons.
- Handayanto, E dan Hairiah, K.. 2007. *Biologi Tanah: Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Yogyakarta: Pustaka Adipura. 1-36.

- Hidarko, S. 2003. *Mengolah Air Limbah : Supaya Tidak Mencemari Orang Lain*. Jakarta : Penerbit ESHA.
- Kadlec. (2009). *Comparison of free water and horizontal subsurface treatment wetlands*. *Ecological Engineering*, Volume 35, 9 Februari 2009, Pages 159-174.
- Kent, Donald M. 2001. *Applied Wetlands Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : UI Press.
- Khiatuddin, M. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Lambert, A. (2003). *Economic Valuation of Wetlands on the River Basin Scale*. <http://www.ramsar.org/features>. 22 Oktober 2011
- Leady, B. 1997. *Constructed Subsurface Flow Wetlands for Wastewater Treatment*. Purdue University.
- Liu, C.X; Ying, H.H; Xia, H; Chang, S.H; Yi,Q dan Fujie, K. (2004). Performance of A Combined Constructed Wetland System for Treating Village Sewage in Lake Dianchi Valley. *Journal of Water and Environment Technology*, Vol. 2, No. 2; pg 49-56.
- Martin et al. 1993. *Mitigation of Landfill Leachate Incorporating in-series Constructed Wetlands of a Closed-loop Design*, In : *Constructed Wetlands for Water Pollution Prevention*, G. A. Moshiri, ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 473-476.
- Massoud, M.A., Tarhini, A. and Nasr, J.A. (2009), "Decentralized Approaches to Wastewater Treatment and Management: Applicability in Developing Countries", *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Nomor 65, halaman 652 – 659, www.sciencedirect.com. 22 Oktober 2011.
- Mengzhi, Chen, Yingying Tang, Xianpo Li, Zhaoxiang Yu, Study on the Heavy Metals Removal Efficiencies of Constructed Wetlands with Different Substrates, 2009, *J. Water Resources and Protection* Volume 1, Pages 1-57. <http://www.sciencedirect.com>. 22 Oktober 2011.
- Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*. Fourth Edition. Mc Graw Hill International, New York.
- Metcalf & Eddy. 1993. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*. Mc Graw Hill Comp
- Moshiri, G.A. (1993). *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publishers, London.
- Novotny V, dan Olem, H. 1994. "Water Quality Prevention, Identification and Management of Difuse Pollution" Van Nostrand Reinhold, New York .
- Nelson, M; Alling, A; Dempster, W.F; Thillo, M dan Allen, J. (3 September 2003). Advantages of using subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment in space applications: Ground-based mars base prototype. *Science Direct*, Volume 31, Issue 7, Pages 1799-1804
- Nichols, D.S. 1983. *Capacity of Natural Wetlands to Remove Nutrients from Wastewater*. *J. Water Pollut. Control Fed.* 55, 495–505.
- Reed et al. 1995. "Subsurface flow wetlands-a performance evaluation". *Water Environmental Research* 67 (2): 244–248.

- Reddy, K.R. & DeBusk, W.F. 1987. Nutrient Storage Capabilities of Aquatic and Wetland Plants. In: K.R. Reddy and W.H. Smith (Editors), *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Magnolia Publishing, Orlando, Florida, pp. 337-357.
- Schilling, K.E., Hubbard, T., Luzier, J., & Spooner, J. (2006). *Walnut Creek watershed restoration and water quality monitoring project: final report*. Iowa Department of Natural Resources, Geological Survey Bureau Technical Information Series 49, USA : Iowa City. <http://www.igsb.uiowa.edu/>. 22 Oktober 2011.
- Schlegel, G.H. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta : Gajah Mada Press.
- Shappell, N.W. *Estrogenic activity in the environment: municipal wastewater effluent, river, ponds, and wetlands*. 3 Januari 2006. *Journal Environmental Quality* 35: 122-132
- Shutes et al. 1993. *The use of Typha latifolia for Heavy Metal Pollution Control in Urban Wetlands*. In: *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement* (ed. G. A. Moshiri), 497-414. USA : Lewis Publisher.
- Soeprijanto dan Karnaningroem, N. (Juli 2008). Perencanaan Penerapan Constructed Wetland untuk Pengolahan Efluen Tangki Septik. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan*. Volume 9, Nomor 1.
- Steiner et al. 1993. *Small Constructed Wetlands Systems for Domestic Wastewater Treatment and Their Performance*, In : *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, G. A. Moshiri, ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 491-498.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.
- Surrency, D. 1993. Evaluation of Aquatic Plants for Constructed Wetlands. In: G.A. Moshiri (Editor), *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida., pp 349 – 357.
- Suriawiria, Unus. 1993. *Mikrobiologi Air*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Suriawiria, Unus. 1996. *Air dalam Lingkungan yang Sehat*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I. D. A. A. 2001. *Pengelolaan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland, Purifikasi, Volume 2 Nomor 3*. Surabaya : ITS.
- Veenstra. 1995. *Wastewater Treatment*. IHE Delf.
- Volkman, S. (2003). *Sustainable wastewater treatment and reuse in urban areas of the developing world*. Departemen of Civil and Environmental Engineering. Master's International Program. Michigan Technological University. www.cee.mtu.edu/peacecorp.
- Vymazal, J. (2 Juli 2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, Pages 530-549. [http:// www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530/pdf](http://www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530/pdf). 22 Oktober 2011.
- Vymazal, J. 2005. *Horizontal Subsurface Flow and Hybrid Constructed Wetland System for Wastewater Treatment*. *Ecological Engineering*, 24, 478-490.
- Warlina, L. 2004. *Pencemaran Air : Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya*. Makalah IPB: Bogor

- Ulfah, Widia Nur. 2009. *Pengolahan Air Limbah Kantin Secara Biologi : Suatu Kajian Terhadap Efektivitas Penggunaan Bacillus sp dan Kangkung Air (Ipomoea aquatica)*. Skripsi IPB : Bogor.
- Whitney, W; Rossman, a dan Hayden, N. (Maret 2003). Evaluating an existing subsurface flow constructed wetland in Akumal, Mexico. *Science Direct*. Volume 20, Issue 1, Pages 105-111.
- Yeh, T. Y. 2009. *Pollutant Removal within Hybrid Constructed Wetland Systems in Tropical Regions*. *Journal Water Science and Technology*. Volume 59. No 2. Pp 233-240. www.iwapoline.com. 22 Oktober 2011
- Yogisutanti, G. 2008. *Limbah Rumah Makan*. <http://gurdani.wordpress.com/2008/08/13/limbah>. 22 Oktober 2011.

Peraturan dan Undang-Undang

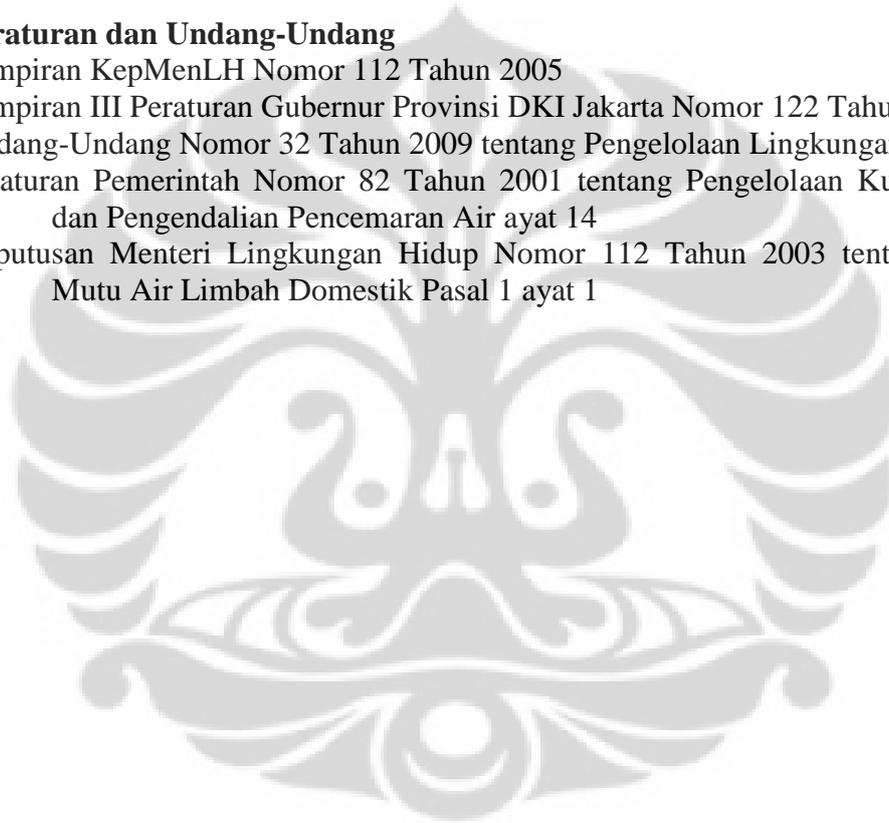
Lampiran KepMenLH Nomor 112 Tahun 2005

Lampiran III Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air ayat 14

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Pasal 1 ayat 1



Lampiran 1 : Desain Lahan Basah Buatan

KETERANGAN
NOTE

PERENCANA :



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

SKALA	JUDUL GAMBAR
SCALE	DRAWING TITLE
1 : 100	DESAIN LAHAN BASAH BUATAN

MENGETAHUI / MENYETUJUI

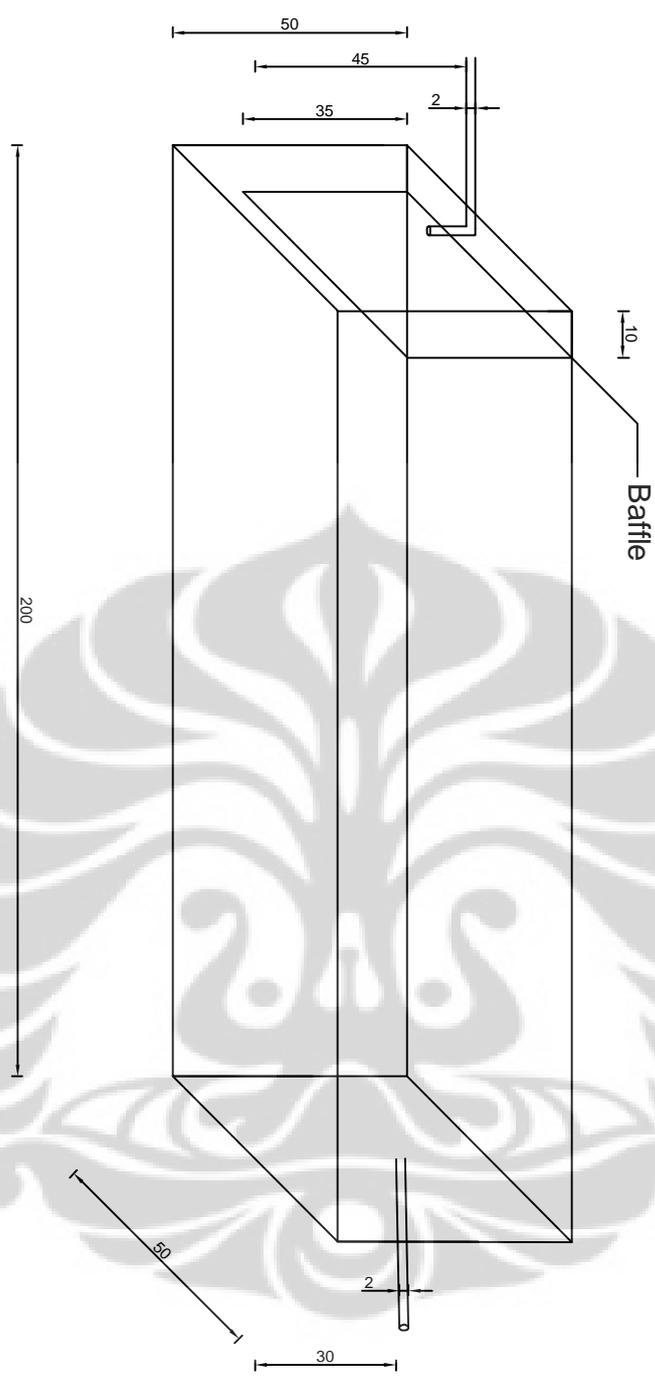
(Ir. Saipyo Samanto Moresidik)

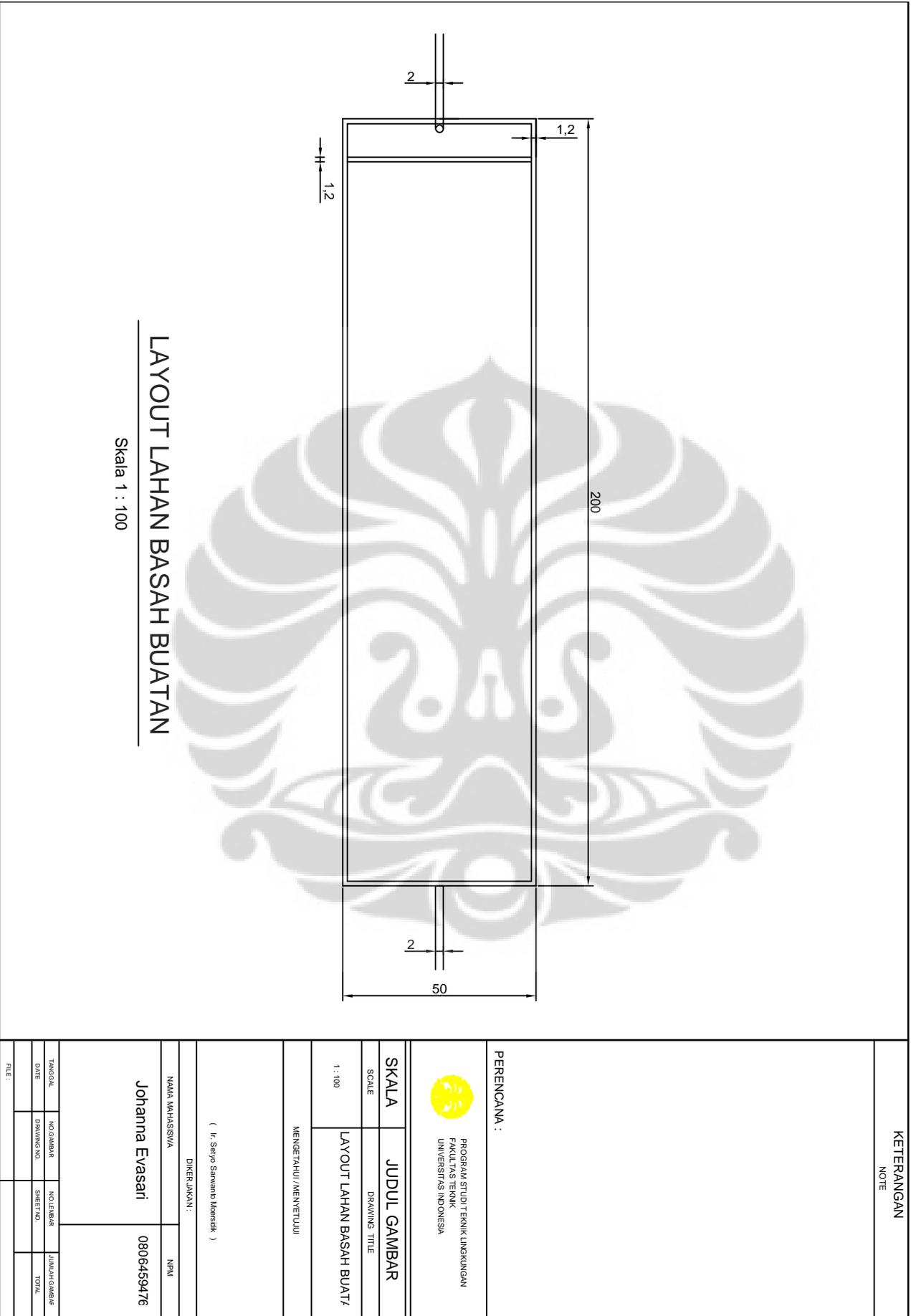
DIREJAKAN :

NAMA MAHASISWA	NPM		
Johanna Evasari	0806459476		
TANGGAL	NO. GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
DATE	DRAWING NO.	SHEET NO.	TOTAL
FILE :			

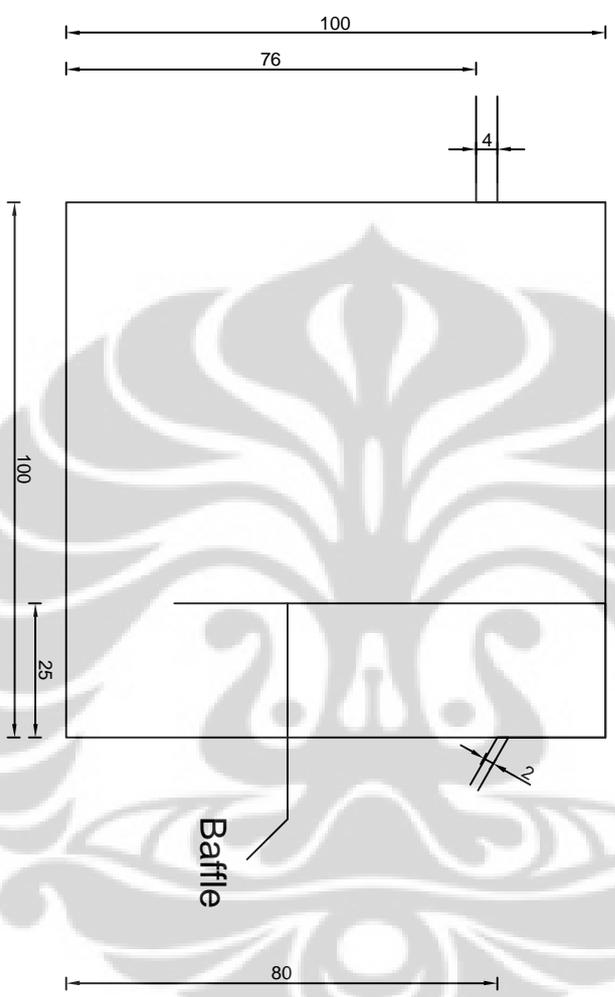
DESAIN LAHAN BASAH BUATAN

Skala 1 : 100





Lampiran 1 : Tampak Depan Bak Ekualisasi dan Penangkap Minyak



TAMPAK DEPAN BAK EKUALISASI DAN PENANGKAP MINYAK

Skala 1 : 100

KETERANGAN
NOTE

PERENCANA :

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

SKALA : JUDUL GAMBAR
DRAWING TITLE

1 : 100 : TAMPAK DEPAN BAK EKUALISASI
DAN PENANGKAP MINYAK

MENGETAHUI / MENYETUJUI

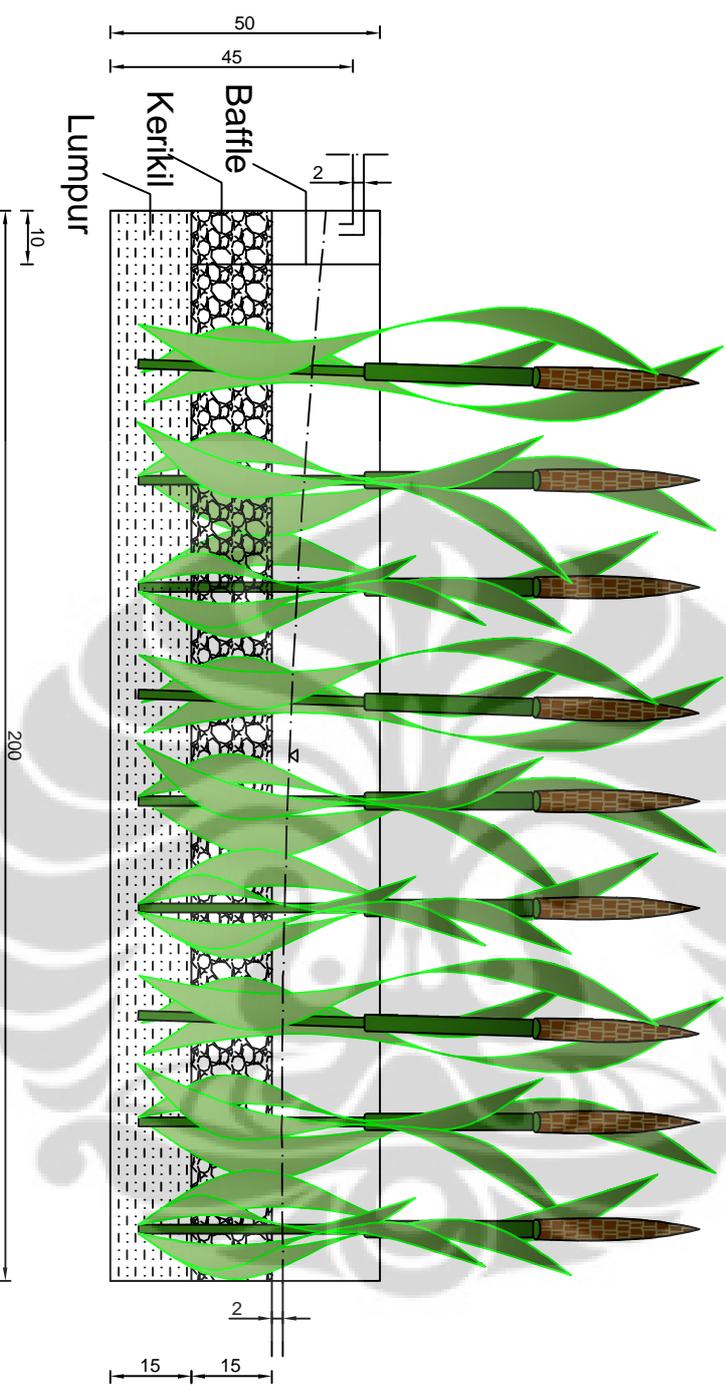
(Il. Setyo Santoso Munsrik)

DIREKSI JAKAN :

NAMA MAHASISWA : NPM

Johanna Evasari : 0806459476

TANGGAL	NO GAMBAR	KOLESI	JMLAH GAMBAR
DATE	DRAWING NO.	SHEET NO.	TOTAL
FILE :			



TAMPAK SAMPIING LAHAN BASAH BUATAN
Skala 1 : 100

KETERANGAN
NOTE

PERENCANA :



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA

SKALA
SCALE

JUDUL GAMBAR
DRAWING TITLE

1 : 100

TAMPAK SAMPIING
LAHAN BASAH BUATAN

MENGETAHU / MENYETUJUI

(Ir. Setyo Sumantri Mursidik)

DIREKSI JAKAN :

NAMA MAHASISWA

NPM

Johanna Evasari

0806459476

TANGGAL	NO GAMBAR	KOLESI	JMLAH GAMBAR
DATE	DRAWING NO.	SHEET NO.	TOTAL
FILE :			

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 259 - 260 / LAB. 2 - LC/II/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 16 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 16 Maret 2012 - 26 Maret 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			259	260	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	321.96	243.70	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	414.30	412.75	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	293.0	221.0	Spektrofotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.70	2.19	SNI 06-6989.51:2005
5	pH		4.5	5.0	SNI 06-6989.11-2004

Keterangan :

259 = Inlet
 260 = Outlet

Parameter yang tereset tebal telah distandiasi oleh KAN

Jakarta, 30 Maret 2012

a.n. KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 Kepala Seksi Laboratorium Pengujian,
 (Manajer Teknis)

Tuty Ernawati

TUTY ERNAWATI S, ST
 NIP 197002141998032002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali sebenarnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP5.10.S/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 263 - 264 / LAB. 2 - LC/II/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 19 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 19 Maret 2012 - 29 Maret 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			263	264	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	486.77	233.18	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	961.64	912.08	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	313.0	192.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.86	1.32	SNI 06-6989.51:2005

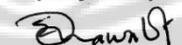
Keterangan :

263 = Inlet
 264 = Outlet

Parameter yang terorek telah telah disetujui oleh KAN

Jakarta, 30 Maret 2012

a.n. KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 Kepala Seksi Laboratorium Pengujian,
 (Manajer Teknis)


 TUTU ERNAWATI S, ST
 NIP 197002141998032002

Halaman 1 dari 1

- Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali secara resmi, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.SSMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 274 - 275 / LAB. 2 - LC/II/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 21 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 21 Maret 2012 - 29 Maret 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			274	275	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	945.75	241.44	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1083.01	402.32	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	310.0	166.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.69	1.34	SNI 06-6989.51:2005

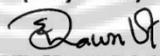
Keterangan :

274 = Inlet
 275 = Outlet

Parameter yang tercolok tabel telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 30 Maret 2012

a.n. KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 Kepala Seksi Laboratorium Pengujian,
 (Manajer Teknis)


 TUTY ERNAWATI S, ST
 NIP 197002141998032002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubung dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh dipublikasikan kecuali sebaliknya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 280 - 281 / LAB. 2 - LC/III/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 22 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 22 Maret 2012 - 02 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			280	281	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	432.90	141.06	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1024.76	411.43	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	266.0	258.0	Spektrofotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.99	0.95	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

280 = Inlet

281 = Outlet

Parameter yang tercorek label telah distandarisasi oleh KAN

Jakarta, 4 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

Dr. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 284 - 285 / LAB. 2 - LC/II/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 26 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 26 Maret 2012 - 04 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			284	285	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	83.79	141.06	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	296.27	323.83	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	213.0	156.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.98	1.35	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :
 284 = Inlet
 285 = Outlet
 Parameter yang tercantok tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 5 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 339 - 340 / LAB. 2 - LC/III/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 28 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 28 Maret 2012 - 04 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			339	340	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	168.01	90.89	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	346.13	141.36	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	106.0	102.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2.11	1.55	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

339 = Inlet
 340 = Outlet

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 5 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP/5.10.5/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 349 - 350 / LAB. 2 - LC/III/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 30 Maret 2012
 Tanggal Pengujian : 30 Maret 2012 - 16 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			349	350	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	451.70	92.30	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1083.03	222.35	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	331.0	95.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.29	0.53	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

349 = Inlet
 350 = Outlet

Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 17 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

Dns. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DP5.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 351 - 352 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 02 April 2012
 Tanggal Pengujian : 02 April 2012 - 18 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			351	352	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	141.91	85.01	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	466.54	227.92	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	189.0	100.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.91	0.70	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

351 = Inlet
 352 = Outlet

Parameter yang tercantik tabel telah diakreditasi oleh IAN

Jakarta, 20 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. NONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali secara resmi, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.S/SMM-LI, Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 363 - 364 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 04 April 2012
 Tanggal Pengujian : 04 April 2012 - 17 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			363	364	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	270.56	105.77	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	359.46	122.37	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	240.0	39.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.22	0.87	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

363 = Inlet

364 = Outlet

Parameter yang tercantok label telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 24 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Percak)

Dr. JONI TAGOR H, MM
 NIP. 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan secara keseluruhan, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPYS.10.3/SMM-LI; Rev 1, 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 372 - 373 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 09 April 2012
 Tanggal Pengujian : 09 April 2012 - 18 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			372	373	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	538.21	66.94	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	864.65	141.77	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	203.0	44.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.79	1.50	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

372 = Inlet

373 = Outlet

Parameter yang tercorek tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 20 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji

2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali sebaliknya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPYS.10.5/SMI-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 395 - 396 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 13 April 2012
 Tanggal Pengujian : 13 April 2012 - 24 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			395	396	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	502.07	50.48	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	769.23	112.31	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	216.0	42.0	Spektrofotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2.27	1.45	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

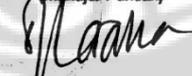
395 = Inlet
 396 = Outlet

Parameter yang tercorek tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 26 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Puncak)


 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.5/SMB-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhd@kijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 405 - 406 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 17 April 2012
 Tanggal Pengujian : 17 April 2012 - 24 April 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			405	406	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	262.84	84.88	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1056.89	183.61	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	325.0	94.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.65	1.27	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

405 = Inlet

406 = Outlet

Parameter yang teroretik telah telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 26 April 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kembali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.SISMM4-L1; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 473 - 474 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 20 April 2012
 Tanggal Pengujian : 20 April 2012 - 01 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			473	474	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	121.54	29.57	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	705.88	137.19	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	145.0	30.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.04	0.46	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

473 = Inlet

474 = Outlet

Parameter yang tercantik tabel telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 2 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.59M4-L1; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : ilhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 483 - 484 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 24 April 2012
 Tanggal Pengujian : 24 April 2012 - 01 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			483	484	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	446.67	32.79	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1090.55	65.27	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	305.0	26.0	Spektrofotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.81	1.46	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

483 = Inlet

484 = Outlet

Parameter yang tercantik tabel telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 2 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puntak)


 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.5/SM4-LL; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 505 - 506 / LAB. 2 - LC/IV/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 26 April 2012
 Tanggal Pengujian : 26 April 2012 - 03 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			505	506	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	165.16	21.42	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	443.32	85.85	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	213.0	34.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.26	0.93	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

505 = Inlet

506 = Outlet

Parameter yang tercantik tabel telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 9 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

J. Tagor H.
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.S/SM4-L1; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 519 - 520 / LAB. 2 - LCN/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 01 Mei 2012
 Tanggal Pengujian : 01 Mei 2012 - 10 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			519	520	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	158.20	22.76	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	1083.41	164.95	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	195.0	49.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.56	1.38	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :
 519 = Inlet
 520 = Outlet
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 14 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Mengetahui Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.S/SMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 543 - 544 / LAB. 2 - LCN/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 04 Mei 2012
 Tanggal Pengujian : 04 Mei 2012 - 15 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			543	544	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	512.07	19.46	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	561.75	74.90	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	490.0	25.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.09	0.04	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

543 = Inlet

544 = Outlet

Parameter yang tercantik tabel telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 21 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji

2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.SFSMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 561 - 562 / LAB. 2 - LCN/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 08 Mei 2012
 Tanggal Pengujian : 08 Mei 2012 - 15 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			561	562	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	116.74	24.63	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	422.61	60.82	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	195.0	28.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	1.80	0.53	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :

561 = Inlet

562 = Outlet

Parameter yang bercetak tebal telah distrukturisasi oleh KAN

Jakarta, 21 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPS.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia

Lampiran 2 : Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : lhddkjakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 640 - 641 / LAB. 2 - LCN/2012
 Contoh Dari : JOHANNA EVASARI
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tanggal Penerimaan Contoh : 12 Mei 2012
 Tanggal Pengujian : 12 Mei 2012 - 22 Mei 2012
 Badan Air Penerima : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Inlet ; Outlet

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda
			640	641	
1	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	121.03	19.25	SNI 6989.72:2009
2	COD (Dichromat)	mg/L	438.48	46.65	SNI 6989.73:2009
3	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	92.0	13.0	Spektrophotometer
4	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.10	0.06	SNI 06-6989.51:2005

Keterangan :
 640 = Inlet
 641 = Outlet
 Parameter yang tercantik tabel telah distandarisasi oleh KAN

Jakarta, 29 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA

(Manajer Puncak)

Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195604111983091002

Halaman 1 dari 1

Cetakan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.SFSMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006.



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

Universitas Indonesia